
Elektrotehnički fakultet u Beogradu
Katedra za računarsku tehniku i informatiku

Predmet: Multiprocesorski sistemi (13E114MUPS)
Nastavnik: dr Milo Tomašević, red. prof.
Asistent: doc. dr Marko Mišić; Pavle Divović, dipl. ing.
Ispitni rok: Septembar 2022.
Datum: 14.09.2022.

Kandidat:* _____

Broj Indeksa:* _____

*Ispit traje 180 minuta, prvih sat vremena nije dozvoljeno napuštanje ispita.
Upotreba literature nije dozvoljena.*

<i>Zadatak 1</i>	_____ /5	<i>Zadatak 6</i>	_____ /10
<i>Zadatak 2</i>	_____ /10	<i>Zadatak 7</i>	_____ /10
<i>Zadatak 3</i>	_____ /15	<i>Zadatak 8</i>	_____ /10
<i>Zadatak 4</i>	_____ /5	<i>Zadatak 9</i>	_____ /15
<i>Zadatak 5</i>	_____ /10	<i>Zadatak 10</i>	_____ /10

Ukupno na ispitu: _____ /100

Napomena: Ukoliko u zadatku nešto nije dovoljno precizno definisano, student treba da uvede razumnu pretpostavku, da je uokviri (da bi se lakše prepoznala prilikom ocenjivanja) i da nastavi da izgrađuje preostali deo svog odgovora na temeljima uvedene pretpostavke. Kod pitanja koja imaju ponuđene odgovore treba **samo zaokružiti** jedan odgovor. Na ostala pitanja odgovarati **čitko, kratko i precizno**.

* popunjava student.

1. [5] Izvesti i objasniti *Amdahl*-ov zakon.

2. [10] Nacrtati NUMA arhitekturu i objasniti njene karakteristike. Po čemu se ona razlikuje od arhitekture sistema koji podržava model slanja poruka?

3. [15] Nacrtati i precizno objasniti dijagram stanja i prelaze u protokolu MESI.

4. [5] Objasniti uticaj povećanja veličine keš memorije na različite vrste promašaja u keš memoriji.

5. [10] Objasniti i uporediti dve varijante *directory* protokola sa ograničenim brojem pokazivača, sa *broadcast*-om i bez njega.

6. [10] Objasniti sve transakcije koje se obavljaju između dva nivoa u dvonivoskoj hijerarhiji keš memorija u kojoj se održava inkluzija?

7. [10] Kod u prilogu koji određuje ukupan broj prostih brojeva od 2 do N delimično je paralelizovan korišćenjem OpenMP biblioteke. Diskutovati načine za sinhronizaciju nad promenljivom *total*, kao i uticaj tih načina na performanse izvršavanja ovog koda.

```
#pragma omp parallel for shared(n) private(i,j,prime)
for ( i = 2; i <= n; i++ ) {
    prime = 1;
    for ( j = 2; j < i; j++ ) {
        if ( i % j == 0 ) {
            prime = 0; break;
        }
    }
    total = total + prime;
}
```

8. [10] Grafički procesori specifičnu organizaciju globalne i deljene memorije koja omogućava povećanje propusnog opsega memorije prilikom pristupa podacima. Objasniti način organizacije ovih memorija, kao i uslove koje niti treba da zadovolje da bi se uspešno realizovao pristup sa povećanim propusnim opsegom. Odgovor ilustrovati slikom.

9. [15] Korišćenjem rutina iz MPI biblioteke, napisati deo koda koji vrši razmenu graničnih elemenata matrice unew. Smatrati da je matrica već ravnomerno raspodeljena procesima blokovski po kolonama i da je MPI svet već inicijalizovan. Obratiti pažnju na efikasnost komunikacije kroz korišćenje rutina za neblokirajuću komunikaciju.

```
int nx, ny, iterations;
double dx, dy, f[NX][NY], u[NX][NY], unew[NX][NY];
...
int i, it, j;
for ( it = 0; it < iterations; it++ ) {
    for ( j = 1; j < ny - 1; j++ ) {
        for ( i = 0; i < nx; i++ ) {
            unew[i][j] = 0.25 * (u[i-1][j] + u[i][j+1] + u[i][j-1] +
                                u[i+1][j] + f[i][j] * dx * dy );
        }
    }
    /* exchange border elements */
    memcpy(u, unew, ny * nx * sizeof(double));
}
```

10. [10] Dat je multiprocesorski sistem sa 4 identična procesora, koji koristi *Firefly* protokol za održavanje koherencije keš memorije. Svaka keš memorija ima po 2 ulaza, koji su veličine jedne reči. Preslikavanje je **direktno**. Početne vrednosti podataka su 0. Svaki upis uvećava vrednost izmenjenog podatka za 1. Na početku su sve keš memorije prazne. Data je sledeća sekvenca pristupa memoriji:

1. P1, R, A0	3. P0, W, A2	5. P3, R, A2	7. P2, W, A0
2. P0, W, A0	4. P2, R, A0	6. P3, W, A2	8. P0, W, A2

Napisati stanja koherencije u svim procesorima i stanje memorije posle svake promene i skicirati opisani sistem u trenutku 8. [8 poena]

Da li procesori pristupaju memoriji i kada? Za svaki pristup navesti razlog. [2 poena]

Trenutak 1											
P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:

Trenutak 2											
P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:

Trenutak 3											
P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:

Trenutak 4											
P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:

Trenutak 5

P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:

Trenutak 6

P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:

Trenutak 7

P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:

Trenutak 8

P0			P1			P2			P3		

Memorija	
A0	
A1	
A2	
A3	

Pristupi memoriji:
