

---

Elektrotehnički fakultet u Beogradu  
Katedra za računarsku tehniku i informatiku

*Predmet:* Multiprocesorski sistemi (13E114MUPS)  
*Nastavnik:* dr Milo Tomašević, red. prof.  
*Asistenti:* doc. dr Marko Mišić; Matija Dodović, dipl. ing.  
*Ispitni rok:* Jun 2023.  
*Datum:* 15.06.2023.

*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>	_____ /10	<i>Zadatak 8</i>	_____ /10
<i>Zadatak 4</i>	_____ /10	<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] Navesti glavne klase računarskih sistema i njihove karakteristike.

2. [10] Izvesti *Amdahl*-ov zakon. Koja je njegova osnovna pretpostavka? Koji faktori praktično ograničavaju teoretsku vrednost ubrzanja?.

3. [10] Objasniti prednosti i nedostatke zajedničke keš memorije. Gde se u procesoru ona najčešće koristi?

4. [10] Nacrtati digram prelaza i objasniti rad MSI protokola ako se pri upisu u validan blok koristi posebna transakcija *BusUpgr.* Protokol nadgraditi i *ReadBroadcast* funkcionalnošću.

5. [10] Na kojoj činjenici su zasnovane metode za smanjivanje visine kataloga u *directory* protokolima? Objasniti strukturu koja se koristi za katalog i opisati operacije za alokaciju i dealokaciju ulaza. Kakve su specifičnosti ove strukture u odnosu na uobičajeno korišćenje u procesoru?

6. [10] Kojoj grupi interkonekcionih mreža pripada mreža tipa stabla? Objasniti strukturu ove mreže i nacrtati je za  $n = 8$ . Napisati izraze za vrednosti parametara mreže u opštem slučaju. Koji je njen glavni problem i kako se prevazilazi?

7. [10] Neka se posmatra kod u prilogu koji određuje ukupan broj prostih brojeva od 2 do N. Ukoliko je potrebno navedeni kod paralelizovati korišćenjem OpenMP biblioteke, navesti odgovarajuću direktivu i posebno diskustovati potrebu za korišćenjem odredbi koje definišu deljene i privatne promenljive. Objasniti kada je njihovo navođenje potrebno i zašto.

```
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] Definisati pojam stalne komunikacije kod MPI biblioteke. Kada ima smisla koristiti ovaj vid komunikacije i koje alternative postoje? Napisati skelet odgovarajućih kodova za inicijalizaciju, slanje i prijem putem stalne komunikacije poruka iz zadatog bafera *msg* dužine 64 32-bitna cela broja između dva procesa sa rangovima definisanim konstantama *MASTER* i *SLAVE*.

9. [15] Koristeći CUDA tehnologiju, paralelizovati kod u prilogu koji vrši izračunavanje srednje brzine niza čestica prilikom rešavanja nekog problema molekularne dinamike u 3D prostoru. Podaci brzini jedne čestice su dati u korespondentnim lokacijama nizova  $vh_x$ ,  $vh_y$  i  $vh_z$ . Obratiti pažnju na efikasnost i korektnost paralelizacije.

```
double velavg(int npart, double vh_x[], double vh_y[], double vh_z[],
              double h){
    double vel = 0.0, sq;
    for (int i = 0; i < npart; i++){
        sq = sqrt(vh_x[i] * vh_x[i] + vh_y[i] * vh_y[i] + vh_z[i] * vh_z[i]);
        vel += sq;
    }
    vel /= h;
    return vel;
}
```

10. [10] Dat je multiprocesorski sistem sa 4 identična procesora, koji koristi *MOESI* 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. P0,W,A0	3. P0,W,A0	5. P1,R,A1	7. P1,R,A1
2. P1,R,A0	4. P1,W,A1	6. P0,W,A1	8. P0,W,A3

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:

---