

---

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; Pavle Divović, dipl. ing.  
*Ispitni rok:* Jun 2022.  
*Datum:* 15.06.2022.

*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>	_____ /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 i objasniti trendove tehnologije u pogledu frekvencije takta procesora u ranijem i današnjem periodu.

2. **[10]** Objasniti šta je čvrsto skaliranje? Koji zakon pretpostavlja ovakav vid skaliranja? Objasniti i izvesti izraz za ubrzanje po ovom zakonu i komentarisati ga.

3. [10] Kakvo poboljšanje donosi MOESI protokol u odnosu na MESI? Karakterisati stanja protokola u pogledu vlasništva, validnosti i ekskluzivnosti. Kakva je semantika novouvedenog stanja O? Objasniti aktivnosti protokola koje se odnose na ovo stanje.

4. [10] Objasniti preporuke koje treba slediti pri razvoju softvera da bi se se smanjio *overhead* održavanja koherencije.

5. [10] Koja je osnovna motivacija '*cache-based*' kataloga? Precizno objasniti i nacrtati strukturu kataloga. Izvesti izraz za veličinu kataloga i objasniti oznake u izrazu.

6. [10] Nacrtati interkonekcionu mrežu *hiperkocke* dimenzije 4. Objasniti način povezivanja mreže i rutiranja poruka. Kolike su vrednosti karakterističnih parametara? Diskutovati prednosti i mane.

7. [10] Neka se posmatra isečak koda u prilogu napisan putem CUDA tehnologije za izvršavanje na grafičkom procesoru. Objasniti koji problem postoji u kodu i navesti način kako on može da se reši. Da li se rešenjem umanjuju performanse koda?

```
__shared__ float partialSum[SIZE];
partialSum[threadIdx.x] = X[blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x];
unsigned int t = threadIdx.x;
for(unsigned int stride = 1; stride < blockDim.x; stride *= 2){
    if(t % (2*stride) == 0)
        partialSum[t] += partialSum[t+stride];
}
```

8. [10] Neka u okviru jednog MPI programa procesi obrađuju dve velike dvodimenzionalne matrice celih brojeva. Svaki proces dobija  $k$  vrsta jedne i  $k$  kolona druge matrice na osnovu kojih radi dalju obradu i formira niz od  $k$  rezultujućih elemenata koji vraća pošiljaocu. Vrste i kolone su jednake dužine. Koji mehanizmi (komunikacione rutine) na nivou MPI biblioteke su dostupni za ovakav scenario obrade? Na koji način izvedeni tipovi mogu da se iskoriste u ovom slučaju? Navesti pozive rutina za opis tih tipova.

9. [15] Korišćenjem OpenMP biblioteke, 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 tri uzastopne lokacije nizu  $vh$ . Obratiti pažnju na efikasnost i korektnost paralelizacije.

```
double velavg(int npart, double vh[], double vaver, double h){
    int i;
    double vaverh = vaver * h, vel = 0.0, sq;
    extern double count;

    count = 0.0;

    for (i = 0; i < npart * 3; i += 3){

        sq = sqrt(vh[i] * vh[i] + vh[i+1] * vh[i+1] + vh[i+2] *vh[i+2]);

        if (sq > vaverh)

            count++;

        vel += sq;

    }

    vel /= h;

    return(vel);
}
```

10. [10] Dat je multiprocesorski sistem sa 4 identična procesora, koji koristi *WTI-allocate* 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. P1, W, A0	5. P1, W, A2	7. P0, W, A1
2. P1, R, A0	4. P0, R, A1	6. P0, R, A1	8. P2, 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:

---