Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

Multiprocesorki sistemi (13S114MUPS, 13E114MUPS)



Domaći zadatak 2 – MPI

Izveštaj o urađenom domaćem zadatku

|  |  |
| --- | --- |
| Predmetni saradnici: | Studenti: |
| doc. dr Marko Mišić  dipl. ing. Pavle Divović | Andrea Popović 2018/0316  Vukašin Nedeljković 2018/0217 |

Beograd, maj 2022.

Sadržaj

[Sadržaj 2](#_Toc103518044)

[1. Problem 1 - SIMPLEX 3](#_Toc103518045)

[1.1. Tekst problema 3](#_Toc103518046)

[1.2. Delovi koje treba paralelizovati 3](#_Toc103518047)

[1.2.1. Diskusija 3](#_Toc103518048)

[1.2.2. Način paralelizacije 3](#_Toc103518049)

[1.3. Rezultati 4](#_Toc103518050)

[1.3.1. Logovi izvršavanja 4](#_Toc103518051)

[1.3.2. Grafici ubrzanja 6](#_Toc103518052)

[1.3.3. Diskusija dobijenih rezultata 6](#_Toc103518053)

[2. PROBLEM 2 – GAME OF LIFE 7](#_Toc103518054)

[2.1. Tekst problema 7](#_Toc103518055)

[2.2. Delovi koje treba paralelizovati 7](#_Toc103518056)

[2.2.1. Diskusija 7](#_Toc103518057)

[2.2.2. Način paralelizacije 8](#_Toc103518058)

[2.3. Rezultati 8](#_Toc103518059)

[2.3.1. Logovi izvršavanja 8](#_Toc103518060)

[2.3.2. Grafici ubrzanja 11](#_Toc103518061)

[2.3.3. Diskusija dobijenih rezultata 11](#_Toc103518062)

[3. PROBLEM 3 – HOTSPOT 12](#_Toc103518063)

[3.1. Tekst problema 12](#_Toc103518064)

[3.2. Delovi koje treba paralelizovati 12](#_Toc103518065)

[3.2.1. Diskusija 12](#_Toc103518066)

[3.2.2. Način paralelizacije 12](#_Toc103518067)

[3.3. Rezultati 13](#_Toc103518068)

[3.3.1. Logovi izvršavanja 14](#_Toc103518069)

[3.3.2. Grafici ubrzanja 17](#_Toc103518070)

[3.3.3. Diskusija dobijenih rezultata 17](#_Toc103518071)

[4. PROBLEM 4 – HOTSPOT 18](#_Toc103518072)

[4.1. Tekst problema 18](#_Toc103518073)

[4.1.1. Diskusija 18](#_Toc103518074)

[4.1.2. Način paralelizacije 18](#_Toc103518075)

[4.2. Rezultati 19](#_Toc103518076)

[4.2.1. Logovi izvršavanja 20](#_Toc103518077)

[4.2.2. Grafici ubrzanja 22](#_Toc103518078)

[4.2.3. Diskusija dobijenih rezultata 22](#_Toc103518079)

1. Problem 1 - SIMPLEX
   1. Tekst problema

Paralelizovati program koji računa integral funkcije F na osnovu unutrašnjosti simplex-a (https://en.wikipedia.org/wiki/Simplex) u 20 dimenzija korišćenjem Monte Carlo metode. Program se nalazi u datoteci simplex.c. U izvornom kodu data je matrica eksponenata jednačine i ivica simplexa. Ulazni parametar programa je broj iteracija aproksimacije. Proces sa rangom 0 treba da učita ulazne podatke, raspodeli posao ostalim procesima, na kraju prikupi dobijene rezultate i ravnopravno učestvuje u obradi. Za razmenu podataka, koristiti rutine za kolektivnu komunikaciju. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci run. [1, N]

* 1. Delovi koje treba paralelizovati
     1. Diskusija

Uočili smo par potencijalnih funkcija za paralelizaciju. Nakon njihove paralelizacije smo zaključili da nam najbolje performanse daje paralelizacija for petlje u funkciji run. Ostale funkcije ne vredi paralelizovati jer je granularnost prevelika.

* + 1. Način paralelizacije

Paralelizaciju smo izvšili tako što smo posao podelili ravnopravno na sve procese pomoću promenljivih start, end, chunk. U zavisnoti od ranka svaki proces je dobijao određeni broj iteracija. Podatke smo slali pomoću funkcija MPI\_Bcast i MPI\_Gather.

* 1. Rezultati

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| broj niti  ulaz | 1 | 2 | 4 |
| 500000 | = 1.01 | = 1.67 | = 2.57 |
| 100000 | = 1.01 | = 1.70 | = 2.59 |
| 1000000 | = 1.00 | = 1.74 | = 2.64 |
| **Srednje ubrzanje** | **1.01** | **1.70** | **2.60** |

* + 1. Logovi izvršavanja

Simplex 50000

Time elapsed in ms (sequential program): 1075.708102

Time elapsed in ms (parallel program): 1065.516081

Test PASSED

Simplex 100000

Time elapsed in ms (sequential program): 2233.977117

Time elapsed in ms (parallel program): 2219.796095

Test PASSED

Simplex 1000000

Time elapsed in ms (sequential program): 18999.920465

Time elapsed in ms (parallel program): 18932.473263

Test PASSED

Listing 1. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 1 niti

Simplex 50000

Time elapsed in ms (sequential program): 1078.065832

Time elapsed in ms (parallel program): 644.042820

Test PASSED

Simplex 100000

Time elapsed in ms (sequential program): 2235.498841

Time elapsed in ms (parallel program): 1314.305375

Test PASSED

Simplex 1000000

Time elapsed in ms (sequential program): 18955.554857

Time elapsed in ms (parallel program): 10884.574766

Test PASSED

Listing 2. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 2 niti

Simplex 50000

Time elapsed in ms (sequential program): 1086.198203

Time elapsed in ms (parallel program): 423.051241

Test PASSED

Simplex 100000

Time elapsed in ms (sequential program): 2244.176172

Time elapsed in ms (parallel program): 865.967188

Test PASSED

Listing 3. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 4 niti

* + 1. Grafici ubrzanja

Slika 1. Grafik zavisnosti ubrzanja od broja niti

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Na osnovu dobijenih rezultata možemo videti da je postignuto primetno ubrzanje sa paralelizacijom. Takođe sa povećanjem broja niti povećava se i ubrzanje.

1. PROBLEM 2 – GAME OF LIFE
   1. Tekst problema

Paralelizovati program koji implementira simulaciju ćelijskog automata Game of Life. Simulacija je predstavljena dvodimenzionalnom matricom dimenzija w x h, a svaka ćelija c može uzeti vrednost 1 ukoliko predstavlja živu ćeliju, a 0 ukoliko je mrtva. Za svaku ćeliju se vrši izračunavanje vrednosti n koja predstavlja zbir živih ćelija u susedstvu posmatrane ćelije. Posmatra se osam suseda. Ćelije se rađaju i umiru prema pravilima iz sledeće tabele.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Vrednost C** | **Vrednost N** | **Nova vrednost C** | **Komentar** |
| 1 | 0, 1 | 0 | Usamljena ćelija umire |
| 1 | 4, 5, 6, 7, 8 | 0 | Ćelija umire usled prenaseljenosti |
| 1 | 2,3 | 1 | Ćelija živi |
| 0 | 3 | 1 | Rađa se nova ćelija |
| 0 | 0, 1, 2, 4, 6, 7, 8 | 0 | Nema promene stanja |

Može se smatrati da su ćelije van opsega posmatrane matrice mrtve. Proces sa rangom 0 treba da učita ulazne podatke, raspodeli posao ostalim procesima, na kraju prikupi dobijene rezultate i ravnopravno učestvuje u obradi. Svakom procesu dodeliti određen podskup matrice na obradu. Za slanje jednog dela matrice koristiti odgovarajući izvedeni tip. Obratiti pažnju na nepotrebnu obradu mrtvih ćelija, i konvergiranih grupacija, kao i na međuprocesnu komunikaciju. Kod koji treba paralelizovati se nalazi u datoteci gameoflife.c u arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Program se može prevesti u dve konfiguracije: sa vizuelnim prikazom i bez vizuelnog prikaza, u zavisnosti da li je definisan makro LIFE\_VISUAL. Prevođenje sa vizuelnim prikazom se može izvršiti naredbom make visual. Paralelizovati konfiguraciju bez vizuelnog prikaza. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci run. [1, N]

* 1. Delovi koje treba paralelizovati
     1. Diskusija

Paralelizaciju je jedino moguće izvršiti u funkciji evolve. U funkciji postoje po 3 ugneždene for petlje. Poslednju ugneždenu petlju se ne isplati paralelizovati zato što se u njoj jedino izvršava dodela vrednosti, dok druga ugneždena petlja ima mali broj iteracija i u njoj je samo provera uslova pa se ni nju ne isplati optimizovati. Zbog toga paralelizujemo prvu ugneždenu petlju.

* + 1. Način paralelizacije

U funkciji evolvempi smo optimizovali ugneždenu for petlju tako što smo posao podelili ravnopravno na sve procese pomoću promenljivih start, end, chunk. U zavisnoti od ranka svaki proces je dobijao određeni broj iteracija. Potrebne podatke smo slali pomocu neblokirajuće funkcije MPI\_Isend, a primali podatke pomocu blokirajuće funkcije MPI\_Recv. Procesi su primali isključivo podatke koji su im bili potrebni za uspešnu obradu. Napravili smo novi neprekidni tip row\_matrix kako bismo slali vrstu matrice.

* 1. Rezultati

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| broj niti  ulazni parametri | 1 | 2 | 4 |
| 30 30 1000 | = 1.12 | = 1.76 | = 2.60 |
| 500 500 10 | = 0.96 | = 1.80 | = 3.38 |
| 1000 1000 100 | = 0.94 | = 1.83 | = 3.04 |
| 1000 1000 1000 | = 0.96 | = 1.90 | = 2.96 |
| **Srednje ubrzanje** | **0.99** | **1.82** | **3.00** |

* + 1. Logovi izvršavanja

width=30, height=30, iteration=1000

Elapsed time is 33.254037 (sequencial) in ms

Elapsed time is 29.778992 (parallel) in ms

Test PASSED

width=500, height=500, iteration=10

Elapsed time is 71.324249 (sequencial) in ms

Elapsed time is 73.994613 (parallel) in ms

Test PASSED

width=1000, height=1000, iteration=100

Elapsed time is 2788.217932 (sequencial) in ms

Elapsed time is 2955.774762 (parallel) in ms

Test PASSED

width=1000, height=1000, iteration=1000

Elapsed time is 27285.085023 (sequencial) in ms

Elapsed time is 28416.796560 (parallel) in ms

Test PASSED

Listing 4. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 1 niti

width=30, height=30, iteration=1000

Elapsed time is 31.013279 (sequencial) in ms

Elapsed time is 17.571331 (parallel) in ms

Test PASSED

width=500, height=500, iteration=10

Elapsed time is 69.286810 (sequencial) in ms

Elapsed time is 38.492136 (parallel) in ms

Test PASSED

width=1000, height=1000, iteration=100

Time elapsed, sequential in ms: 2795.413923

Time elapsed, parallel in ms: 1524.352003

Test PASSED

width=1000, height=1000, iteration=1000

Time elapsed, sequential in ms: 29777.457037

Time elapsed, parallel in ms: 15704.484761

Test PASSED

Listing 5. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 2 niti

width=30, height=30, iteration=1000

Time elapsed, sequential in ms: 28.485479

Time elapsed, parallel in ms: 10.963086

Test PASSED

width=500, height=500, iteration=10

Time elapsed, sequential in ms: 69.528722

Time elapsed, parallel in ms: 20.593922

Test PASSED

width=1000, height=1000, iteration=100

Time elapsed, sequential in ms: 2809.779644

Time elapsed, parallel in ms: 924.871727

Test PASSED

width=1000, height=1000, iteration=1000

Time elapsed, sequential in ms: 27517.969250

Time elapsed, parallel in ms: 9295.127461

Test PASSED

Listing 6. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 4 niti

* + 1. Grafici ubrzanja

Slika 2. Grafik zavisnosti ubrzanja od broja niti

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Na osnovu dobijenih rezultata možemo videti da je postignuto primetno ubrzanje sa paralelizacijom. Takođe sa povećanjem broja niti povećava se i ubrzanje.

1. PROBLEM 3 – HOTSPOT
   1. Tekst problema

Paralelizovati program koji rešava problem promene temperature na čipu procesora u dvodimenzionalnom prostoru kroz vreme, ako su poznati početna temperatura i granični uslovi. Simulacija rešava seriju diferencijalnih jednačina nad pravilnom mrežom tačaka kojom se aproksimira površina procesora. Svaka tačka u mreži predstavlja prosečnu temperaturu za odgovarajuću površinu na čipu. Mreža tačaka je predstavljena odgovarajućom matricom koja opisuje trenutne temperature. Program se nalazi u direktorijumu hotspot u arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Program se sastoji od više datoteka, od kojih je od interesa datoteka hotspot.c. Analizirati dati kod i obratiti pažnju na način izračunavanja temperatura. Verifikaciju paralelizovanog rešenja vršiti nad dobijenim temperaturama u poslednjem stanju sistema. Način pokretanja programa se nalazi u datoteci run. [1, N]. Kao pomoćno sredstvo, data je i python skripta koja izlaznu datoteku formatira u heatmap sliku u PNG formatu

* 1. Delovi koje treba paralelizovati
     1. Diskusija

U funkciji single\_iteration su uočene ugneždene dve for petlje čijom bi se paralelizacijom dobila optimizacija.

* + 1. Način paralelizacije

U funkciji single\_iteration smo optimizovali ugneždenu for petlju tako što smo posao podelili ravnopravno na sve procese pomoću promenljivih start, end, chunk. U zavisnoti od ranka svaki proces je dobijao određeni broj iteracija. Potrebne podatke smo slali pomocu neblokirajuće funkcije MPI\_Isend, a primali podatke pomoću blokirajuće funkcije MPI\_Recv. Procesi su primali isključivo podatke koji su im bili potrebni za uspešnu obradu. Podatke vezane za power smo slali u funkciji compute\_tran\_temp\_MPI zato što se ti podaci ne menjaju kroz iteracije, dok smo result i temp slali u svakoj iteraciji.

* 1. Rezultati

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| broj niti  ulaz | 1 | 2 | 4 |
| 32 32 8192 1 ./data/temp32\_32 ./data/power32\_32 ./output/out32\_32 | = 1.03 | = 0.85 | = 0.65 |
| 256 256 8192 1 ./data/temp256\_256 ./data/power256\_256 ./output/out256\_256 | = 1.01 | = 1.43 | = 2.10 |
| 1024 1024 4096 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_4096 | = 1.02 | = 1.29 | = 1.72 |
| 1024 1024 8192 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_8192 | = 1.01 | = 1.30 | = 1.72 |
| 1024 1024 16384 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_16384 | = 1.02 | = 1.28 | = 1.58 |
| 1024 1024 32768 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_32768 | = 1.00 | = 1.28 | = 1.29 |
| **Srednje ubrzanje** | **1.01** | **1.24** | **1.51** |

* + 1. Logovi izvršavanja

grid\_rows=32, grid\_cols=32, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp32\_32, powerfile=./data/power32\_32

Elapsed time is 22.654002 (sequencial) in ms

Elapsed time is 21.959829 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=256, grid\_cols=256, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp256\_256, powerfile=./data/power256\_256

Elapsed time is 1268.669622 (sequencial) in ms

Elapsed time is 1259.747078 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=4096, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 11058.391110 (sequencial) in ms

Elapsed time is 10841.902766 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 22363.946042 (sequencial) in ms

Elapsed time is 22199.313076 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=16384, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 44501.046913 (sequencial) in ms

Elapsed time is 43540.083558 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=32768, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 87085.854422 (sequencial) in ms

Elapsed time is 87131.465234 (parallel) in ms

Test PASSED

Listing 7. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 1 niti

grid\_rows=32, grid\_cols=32, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp32\_32, powerfile=./data/power32\_32

Elapsed time is 22.600176 (sequencial) in ms

Elapsed time is 26.477691 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=256, grid\_cols=256, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp256\_256, powerfile=./data/power256\_256

Elapsed time is 1266.339189 (sequencial) in ms

Elapsed time is 885.700461 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=4096, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 10910.227503 (sequencial) in ms

Elapsed time is 8431.217062 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 22029.935807 (sequencial) in ms

Elapsed time is 16996.501578 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=16384, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 43976.235625 (sequencial) in ms

Elapsed time is 34356.441899 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=32768, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 89357.706035 (sequencial) in ms

Elapsed time is 69714.720319 (parallel) in ms

Test PASSED

Listing 8. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 2 niti

grid\_rows=32, grid\_cols=32, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp32\_32, powerfile=./data/power32\_32

Elapsed time is 23.225922 (sequencial) in ms

Elapsed time is 35.845864 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=256, grid\_cols=256, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp256\_256, powerfile=./data/power256\_256

Elapsed time is 1281.372247 (sequencial) in ms

Elapsed time is 611.242064 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=4096, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 10520.794480 (sequencial) in ms

Elapsed time is 6114.865877 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 20797.851542 (sequencial) in ms

Elapsed time is 12092.065768 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=16384, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 41711.915045 (sequencial) in ms

Elapsed time is 26359.756022 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=32768, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 84988.810805 (sequencial) in ms

Elapsed time is 66077.077956 (parallel) in ms

Test PASSED

Listing 9. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 4 niti

* + 1. Grafici ubrzanja

Slika 3. Grafik zavisnosti ubrzanja od broja niti

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Pri povećanju broja niti dolazi do ubrzanja, najveće ubrzanje je sa 4 niti. Takođe primećujemo da za prvi test primer gde su dimenzije čipa male, dobijamo usporenje pri paralelizaciji koda zato što se dosta vremena gubi na komunikaciju. Za druge test primere smo paralelizacijom dobili ubrzanja.

1. PROBLEM 4 – HOTSPOT
   1. Tekst problema

Prethodni program paralelizovati korišćenjem manager - worker modela. Proces gospodar (master) treba da učita neophodne podatke, generiše poslove, deli posao ostalim procesima i ispiše na kraju dobijeni rezultat. U svakom koraku obrade, proces gospodar šalje procesu radniku na obradu jednu jedinicu posla čiji veličinu treba pažljivo odabrati. Proces radnik prima podatke, vrši obradu, vraća rezultat, signalizira gospodaru kada je spreman da primi sledeći posao i ponavlja opisani postupak dok ne dobije signal da prekine sa radom. Veličinu jedne jedinice posla prilagoditi karakteristikama programa. Ukoliko je moguće, koristiti rutine za neblokirajuću komunikaciju za razmenu poruka. Analizirati dati kod i obratiti pažnju na način izračunavanja temperatura. Verifikaciju paralelizovanog rešenja vršiti nad dobijenim temperaturama u poslednjem stanju sistema. Način pokretanja programa se nalazi u datoteci run. [1, N] Delovi koje treba paralelizovati

* + 1. Diskusija

U funkciji single\_iteration su uočene ugneždene dve for petlje cijom bi se paralelizacijom dobila optimizacija.

* + 1. Način paralelizacije

Tekstom zadatka je traženo da se paralelizacija izvrši korišćenjem manager – worker modela. Proces gospodar (master) je proces sa rankom 0 i on učitava podatke i deli posao ostalim procesima. Kao jedinicu posla smo uzeli vrednost 32, koja predstavlja broj redova za obradu, jer sa tom vrednošću smo dobili najveća ubrzanja. Prvo master svima šalje jedinicu posla ukoliko je ostalo posla na raspolaganju, a u slučaju da nije im šalje poruku o prekidu rada. Nakon toga master čeka da dobije rezultat od workera i u slučaju da je ostalo još neobrađenog posla šalje mu podatke za dalju obradu. Svaka komunikacija između mastera i wokera je takva da je korišćena neblokirajuće slanje i blokirajući prijem.

* 1. Rezultati

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| broj niti  ulaz | 2 | 4 |
| 32 32 8192 1 ./data/temp32\_32 ./data/power32\_32 ./output/out32\_32 | = 0.41 | = 0.40 |
| 256 256 8192 1 ./data/temp256\_256 ./data/power256\_256 ./output/out256\_256 | = 0.60 | = 1.54 |
| 1024 1024 4096 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_4096 | = 0.59 | = 1.51 |
| 1024 1024 8192 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_8192 | = 0.60 | = 1.50 |
| 1024 1024 16384 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_16384 | = 0.63 | = 1.48 |
| 1024 1024 32768 1 ./data/temp1024\_1024 ./data/power1024\_1024 ./output/out1024\_1024\_32768 | = 0.60 | = 1.40 |
| **Srednje ubrzanje** | **0.57** | **1.30** |

* + 1. Logovi izvršavanja

grid\_rows=32, grid\_cols=32, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp32\_32, powerfile=./data/power32\_32

Elapsed time is 24.569518 (sequencial) in ms

Elapsed time is 60.410838 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=256, grid\_cols=256, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp256\_256, powerfile=./data/power256\_256

Elapsed time is 1267.827209 (sequencial) in ms

Elapsed time is 2099.384031 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=4096, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 10562.656296 (sequencial) in ms

Elapsed time is 17968.835335 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 21495.122839 (sequencial) in ms

Elapsed time is 35840.279128 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=16384, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 45312.023164 (sequencial) in ms

Elapsed time is 72044.811234 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=32768, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 86528.121649 (sequencial) in ms

Elapsed time is 145126.268543 (parallel) in ms

Test PASSED

Listing 10. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 2 niti

grid\_rows=32, grid\_cols=32, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp32\_32, powerfile=./data/power32\_32

Elapsed time is 24.450030 (sequencial) in ms

Elapsed time is 60.580917 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=256, grid\_cols=256, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp256\_256, powerfile=./data/power256\_256

Elapsed time is 1291.244447 (sequencial) in ms

Elapsed time is 836.560639 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=4096, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 10952.008199 (sequencial) in ms

Elapsed time is 7230.236634 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=8192, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 21804.328789 (sequencial) in ms

Elapsed time is 14566.571860 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=16384, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 43299.159501 (sequencial) in ms

Elapsed time is 29216.944856 (parallel) in ms

Test PASSED

grid\_rows=1024, grid\_cols=1024, sim\_time=32768, tempfile=./data/temp1024\_1024, powerfile=./data/power1024\_1024

Elapsed time is 85323.719221 (sequencial) in ms

Elapsed time is 61115.700023 (parallel) in ms

Test PASSED

Listing 11. Sekvencijalna i paralelna izvršavanja sa 4 niti

* + 1. Grafici ubrzanja

Slika 4. Grafik zavisnosti ubrzanja od broja niti

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Primećujemo da je sa dve niti veliko usporenje zato što samo jedna nit izvršava obradu pa je vreme izvršavanja u stvari komunikacija plus potrebno vreme za sekvencijalnu obradu. Sa 4 niti imamo ubrzanje. Takođe primećujemo da za prvi test primer gde su dimenzije čipa male, dobijamo usporenje pri paralelizaciji koda zato što se dosta vremena gubi na komunikaciju. Za druge test primere smo paralelizacijom dobili ubrzanja.