Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

Multiprocesorki sistemi (13S114MUPS, 13E114MUPS)



Domaći zadatak 1 – OPENMP

Izveštaj o urađenom domaćem zadatku

|  |  |
| --- | --- |
| Predmetni asistent: | Studenti: |
| doc. dr Marko Mišić | Damjan Pavlović 2017/0312  Uroš Ugrinić 2017/0714 |

Beograd, novembar 2020.

Sadržaj

[1. Problem 1 - Pi 3](#_Toc57133669)

[1.1. Tekst problema 3](#_Toc57133670)

[1.1.1. Diskusija 3](#_Toc57133671)

[1.1.2. Način paralelizacije 3](#_Toc57133672)

[1.2. Rezultati 3](#_Toc57133673)

[1.2.1. Logovi izvršavanja 3](#_Toc57133674)

[1.2.2. Grafici ubrzanja 8](#_Toc57133675)

[1.2.3. Diskusija dobijenih rezultata 8](#_Toc57133676)

[2. Problem 2 - Pi 9](#_Toc57133677)

[2.1. Tekst problema 9](#_Toc57133678)

[2.1.1. Način paralelizacije 9](#_Toc57133679)

[2.2. Rezultati 9](#_Toc57133680)

[2.2.1. Logovi izvršavanja 9](#_Toc57133681)

[2.2.2. Grafici ubrzanja 13](#_Toc57133682)

[2.2.3. Diskusija dobijenih rezultata 14](#_Toc57133683)

[3. Problem 3 - Pi 15](#_Toc57133684)

[3.1. Tekst problema 15](#_Toc57133685)

[3.1.1. Način paralelizacije 15](#_Toc57133686)

[3.2. Rezultati 15](#_Toc57133687)

[3.2.1. Logovi izvršavanja 15](#_Toc57133688)

[3.2.2. Grafici ubrzanja 19](#_Toc57133689)

[4. Problem 4 – Needle - Wunsch 20](#_Toc57133690)

[4.1. Tekst problema 20](#_Toc57133691)

[4.2. Delovi koje treba paralelizovati 20](#_Toc57133692)

[4.2.1. Diskusija 20](#_Toc57133693)

[4.2.2. Način paralelizacije 20](#_Toc57133694)

[4.3. Rezultati 20](#_Toc57133695)

[4.3.1. Logovi izvršavanja 20](#_Toc57133696)

[4.3.2. Grafici ubrzanja 21](#_Toc57133697)

[4.3.3. Diskusija dobijenih rezultata 22](#_Toc57133698)

[5. Problem 5 – N body 23](#_Toc57133699)

[5.1. Tekst problema 23](#_Toc57133700)

[5.2. Delovi koje treba paralelizovati 23](#_Toc57133701)

[5.2.1. Diskusija 23](#_Toc57133702)

[5.2.2. Način paralelizacije 23](#_Toc57133703)

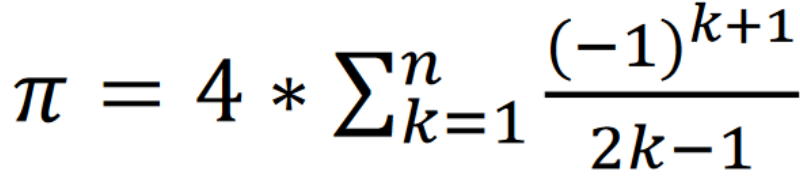
[5.3. Rezultati 24](#_Toc57133704)

[5.3.1. Logovi izvršavanja 24](#_Toc57133705)

[5.3.2. Grafici ubrzanja 25](#_Toc57133706)

[5.3.3. Diskusija dobijenih rezultata 25](#_Toc57133707)

1. Problem 1 - Pi
   1. Tekst problema

Paralelizovati program koji izračunava vrednost broja PI korišćenjem formule: 

Tačnost izračunavanja direktno zavisi od broja iteracija, a zbog malog radijusa konvergencije serija konvergira veoma sporo. Program se nalazi u datoteci piCalc.cu arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Prilikom paralelizacije nije dozvoljeno koristiti direktive za podelu posla (worksharing direktive), već je iteracije petlje koja se paralelizuje potrebno raspodeliti ručno. Obratiti pažnju na ispravno deklarisanje svih promenljivih prilikom paralelizacije. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci run. [1, N]

* + 1. Diskusija

Paralelizovana je cela petlja izračunavanja.

* + 1. Način paralelizacije

Korišćena je obična parallel direktiva za računanje, svaka nit računa svoju sumu koja se kasnije atomično sabira na ukupnu sumu. Razlog ovog načina je jer zadatak nalaže da ne smeju worksharing direktive da se koriste.

* 1. Rezultati
     1. Logovi izvršavanja

Ovde su dati logovi izvršavanja za definisane test primere.

---------------sa 8 niti----------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.188848e-03 seconds

Our estimate of pi = 3.14159165358977

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 3.386974e-03 seconds

With n = 1000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159165358956

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.184986e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159255358979

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 1.290321e-02 seconds

With n = 10000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159255358947

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 100000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.192689e-01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159264358933

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 1.300681e-01 seconds

With n = 100000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159264359058

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.256785e+00 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265258805

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 8.770928e-01 seconds

With n = 1000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265259308

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.213279e+01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265348835

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 9.081985e+00 seconds

With n = 10000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265349295

----------------------------------------

TEST PASSED

---------------sa 4 niti----------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 1.361990e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159165358977

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 1.276016e-03 seconds

With n = 1000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159165358978

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.185678e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159255358979

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 8.018017e-03 seconds

With n = 10000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159255358974

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 100000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.268590e-01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159264358933

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 7.995200e-02 seconds

With n = 100000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159264358982

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.190211e+00 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265258805

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 7.967699e-01 seconds

With n = 1000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265258921

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.186515e+01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265348835

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 7.965408e+00 seconds

With n = 10000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265348827

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

* + 1. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Vidimo da vreme izvršavanja paralelnog programa mnogo sporije raste od sekvencijalnog. Drastična je razlika performansa između njih. Posao je lepo distribuiran između niti ali kada bi jedna brže radila od drugih onda ne bi bilo tako dobro ubrzanje.

1. Problem 2 - Pi
   1. Tekst problema

Prethodni program paralelizovati korišćenjem direktiva za podelu posla (worksharing direktive). Obratiti pažnju na raspodelu opterećenja po nitima i testirati program za različite načine raspoređivanja posla. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci run. [1, N].

* + 1. Način paralelizacije

Korišćena je parallel for direktiva za računanje, svaka nit računa svoju sumu koja se kasnije putem redukcije doda na kolektivan sum. Razlog ovog načina je „prostost“ pisanja i velika efikasnost.

* 1. Rezultati
     1. Logovi izvršavanja

Ovde su dati logovi izvršavanja za definisane test primere.

---------------sa 8 niti----------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.194094e-03 seconds

Our estimate of pi = 3.14159165358977

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 2.083063e-03 seconds

With n = 1000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159165358973

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.800321e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159255358979

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 9.138823e-03 seconds

With n = 10000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159255358983

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 100000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.272901e-01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159264358933

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 8.116412e-02 seconds

With n = 100000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159264358988

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.196111e+00 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265258805

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 8.019748e-01 seconds

With n = 1000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265258932

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 7.753855e+01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265348835

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 1.830660e+01 seconds

With n = 10000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265348821

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

---------------sa 4 niti----------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.196955e-03 seconds

Our estimate of pi = 3.14159165358977

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 8.950233e-04 seconds

With n = 1000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159165358978

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 4.087281e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159255358979

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 8.067846e-03 seconds

With n = 10000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159255358974

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 100000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.183801e-01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159264358933

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 7.967305e-02 seconds

With n = 100000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159264358982

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.189533e+00 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265258805

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 7.959919e-01 seconds

With n = 1000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265258921

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.184287e+01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265348835

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 7.966756e+00 seconds

With n = 10000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265348827

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

* + 1. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Rezultati su jako slični kao pri prvom zadatku. Logika je ista tako da su rezultati isti.

1. Problem 3 - Pi
   1. Tekst problema

Rešiti prethodni problem korišćenjem koncepta poslova (tasks). Obratiti pažnju na eventualnu potrebu za sinhronizacijom. Rešenje testirati i prilagoditi tako da granularnost poslova bude optimalna. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci run. [1, N]

* + 1. Način paralelizacije

Korišćena je parallel for direktiva za računanje, svaka nit računa svoju sumu koja se kasnije putem redukcije doda na kolektivan sum. Razlog ovog načina je „prostost“ pisanja i velika efikasnost.

* 1. Rezultati
     1. Logovi izvršavanja

Ovde su dati logovi izvršavanja za definisane test primere.

---------------sa 8 niti----------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 8.038998e-03 seconds

Our estimate of pi = 3.14159165358977

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 1.097417e-02 seconds

With n = 1000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159165358973

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 8.951807e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159255358979

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 3.116703e-02 seconds

With n = 10000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159255358983

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 100000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 7.928879e-01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159264358933

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 2.517200e-01 seconds

With n = 100000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159264358988

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 7.772710e+00 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265258805

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 1.869607e+00 seconds

With n = 1000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265258932

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 7.788965e+01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265348835

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 1.389198e+01 seconds

With n = 10000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265348821

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000

---------------sa 4 niti----------------

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 1.081705e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159165358977

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 4.652977e-03 seconds

With n = 1000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159165358973

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 10000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.875709e-02 seconds

Our estimate of pi = 3.14159255358979

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 4.189801e-02 seconds

With n = 10000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159255358979

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 100000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.261862e-01 seconds

Our estimate of pi = 3.14159264358933

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 3.795199e-01 seconds

With n = 100000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159264358952

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

uu170714d@rtidev5:~$ ./test.exe 1000000000

---------------Sequential---------------

Elapsed time = 3.190659e+00 seconds

Our estimate of pi = 3.14159265258805

----------------Parallel----------------

Elapsed time = 3.586443e+00 seconds

With n = 1000000000 terms

Our estimate of pi = 3.14159265259019

----------------------------------------

TEST PASSED

----------------------------------------

* + 1. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.

Diskusija dobijenih rezultata

Razlika u performansi raste pri većem broju iteracija.

1. Problem 4 – Needle - Wunsch

U okviru ovog poglavlja je dat kratak izveštaj u vezi rešenja zadatog problema 4.

* 1. Tekst problema

Paralelizovati program koji vrši poravnavanje bioloških sekvenci korišćenjem Needleman-Wunsch algoritma. Algoritam predstavlja primenu koncepta dinamičkog programiranja za globalno poravnavanje dve sekvence nukleotida ili aminokiselina (više o algoritmu na adresi: https://en.wikipedia.org/wiki/Needleman%E2%80%93Wunsch\_algorithm). Program se nalazi u datoteci needle.c u arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Obratiti pažnju na raspodelu opterećenja po nitima i testirati program za različite načine raspoređivanja posla. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci run. [1, N]

* 1. Delovi koje treba paralelizovati
     1. Diskusija

Paralelizovano je obilazenje redova po kvadrantima kolona

* + 1. Način paralelizacije

For petlje su paralelizovane jednostavnim for direktivama za podelu posla.

* 1. Rezultati

U okviru ove sekcije su izloženi rezultati paralelizacije problema 5.

* + 1. Logovi izvršavanja

|  |
| --- |
| ---------------Sequential---------------  Start Needleman-Wunsch  Processing top-left matrix  Processing bottom-right matrix  Elapsed time = 1.634410e+01 seconds  ----------------Parallel----------------  Start Needleman-Wunsch  Processing top-left matrix  Processing bottom-right matrix  ----------------------------------------  TEST PASSED  ----------------------------------------  Elapsed time = 7.474382e+00 seconds |

Listing 1. Izlaz koda za 22528 N=8

---------------Sequential---------------

Start Needleman-Wunsch

Processing top-left matrix

Processing bottom-right matrix

Elapsed time = 2.980001e-001 seconds

----------------Parallel----------------

Start Needleman-Wunsch

Processing top-left matrix

Processing bottom-right matrix

----------------------------------------

TEST PASSED

---------------------------------------

Elapsed time = 1.710000e-001 seconds

Listing 2. Izlaz koda za 2044 N=4

* + 1. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.

Slika 1. Grafik zavisnosti ubrzanja (s) paralelnog algoritma u odnosu na sekvencijalni od veličine matrice

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Dobijano duplo ubrzanje. Najveći gubitak vremena u ovom zadatku je od lošeg korišćenja keš memorije, ukoliko bismo matricu obilazili tako da vodimo računa o lokalnosti podataka ubrzanje bi nam bilo još veće. Mi to nismo uradili da bismo smo imali direktno poređenje algoritama samo sa strane paralelizacije, inače ovo bi ubrzalo oba algoritma.

1. Problem 5 – N body

U okviru ovog poglavlja je dat kratak izveštaj u vezi rešenja zadatog problema 5.

* 1. Tekst problema

Paralelizovati program koji simulira problem interakcije čvrstih tela u dvodimenzionalnom prostoru (nbody problem). Tela interaguju putem gravitacione sile na osnovu sopstvene mase, pozicije u prostoru i trenutne brzine. Program se nalazi u direktorijumu nbody u arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Program se sastoji od više datoteka, od kojih je od interesa datoteka nbody.c. Analizirati dati kod i obratiti pažnju na način izračunavanja sila i energija. Ukoliko je potrebno međusobno isključenje prilikom paralelizacije programa, koristiti dostupne OpenMP konstrukte. Obratiti pažnju na efikasnost međusobnog isključenja niti i po potrebi ga svesti na što je moguće manju meru uvođenjem pomoćnih struktura podataka. Verifikaciju paralelizovanog rešenja vršiti nad dobijenim energijama i poslednjem stanju sistema. Način pokretanja programa se nalazi u datoteci run. [1, N]

* 1. Delovi koje treba paralelizovati
     1. Diskusija

Jasno je da delovi programa koji se najduze izvrsavaju su funkcije Compute\_force( ) i Compute\_energy( ) i one se lako paralelizuju. Takođe je paralelizovana petlja oko Update\_part( ) funkcije.

* + 1. Način paralelizacije

Compute\_force( ) je paralelizovan preko for-a sa dinamičnom raspodelov poslova zbog visoke nebalansiranosti veličine poslova na početku i kraju for-a (trougaona matrica). Nakon tog paralelnog segmenta se vrši sumiranje rezultata pojedinačnih niti, ova kritična sekcija nam je najveće ograničenje paralelizma.

Update\_part( ) je paralelizovan jednostavnom for direktivom za podelu poslova.

Compute\_energy( ) u sebi sadrži 2 petlje koje obe mogu biti paralelizovane for i reduction direktivama za podelu posla.

* 1. Rezultati

U okviru ove sekcije su izloženi rezultati paralelizacije problema 5.

* + 1. Logovi izvršavanja

|  |
| --- |
| ---------------Sequential---------------  PE = -6.985593e+036, KE = 2.250000e+035, Total Energy = -6.760593e+036  ...  PE = -6.649074e+038, KE = 2.481116e+036, Total Energy = -6.624263e+038  Elapsed time = 7.088560e+001 seconds  ----------------Parallel----------------  PE = -6.985593e+036, KE = 2.250000e+035, Total Energy = -6.760593e+036  ...  PE = -6.649074e+038, KE = 2.481116e+036, Total Energy = -6.624263e+038  Elapsed time = 2.396819e+001 seconds  ----------------------------------------  Speed-up = 9.485379e+001 seconds  ----------------------------------------  TEST PASSED  ---------------------------------------- |

Listing 1. Izlaz koda (bez redova pojedinačnih čestica) za 5000 čestica N=12

|  |
| --- |
| ---------------Sequential---------------  PE = -4.831939e+037, KE = 1.125000e+036, Total Energy = -4.719439e+037  ...  PE = -4.754056e+037, KE = 1.360414e+036, Total Energy = -4.618014e+037  Elapsed time = 1.472150e+000 seconds  ----------------Parallel----------------  PE = -4.831939e+037, KE = 1.125000e+036, Total Energy = -4.719439e+037  ...  PE = -4.754056e+037, KE = 1.360414e+036, Total Energy = -4.618014e+037  Elapsed time = 7.210421e-001 seconds  ----------------------------------------  Speed-up = 7.511078e-001 seconds  ----------------------------------------  TEST PASSED  ---------------------------------------- |

Listing 2. Izlaz koda (bez redova pojedinačnih čestica) za 500 čestica N=4

* + 1. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.

Slika 1. Grafik zavisnosti ubrzanja (s) paralelnog algoritma u odnosu na sekvencijalni od broja čestica za N = 12 niti (primer)

* + 1. Diskusija dobijenih rezultata

Dobili smo neko ubrzanje paralelizacijom for petlji. Bitno je obratiti pažnju na podelu poslova zbog njihove neravrnopravnosti.