

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Trabalho de implementação de Computação Concorrente
Relatório

Descrição das Estruturas de Dados:

Basicamente duas estruturas de dados foram utilizadas (tanto na versão sequencial quanto na concorrente), uma chamada intervalo e outra chamada pilha. A primeira possui dois elementos, que são do tipo double, um elemento armazena o início e o outro o fim de um intervalo. Essa estrutura é utilizada para guardar intervalos de integração que serão utilizados pelo programa. A segunda estrutura é uma pilha que guarda dados do tipo intervalo, possuindo um de seus elementos desse mesmo tipo e outro um ponteiro do tipo pilha, já que é uma pilha implementada via lista encadeada.

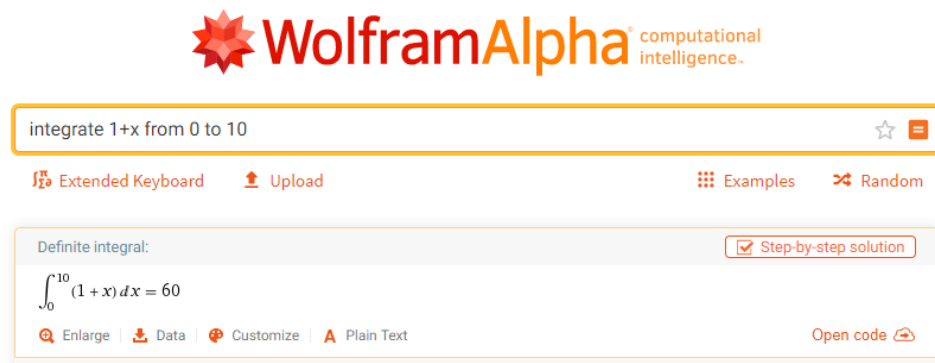
Ideia Lógica dos Algoritmos:

Na versão sequencial, a ideia utilizada na implementação do algoritmo consiste na utilização de uma pilha para armazenar os intervalos obtidos a cada iteração do algoritmo. O programa recebe inicialmente dois valores que correspondem ao intervalo da integral definida que será calculada, em seguida o valor da área dos três seguintes retângulos são calculadas: o primeiro com sua base indo do ponto inicial do intervalo até o fim do intervalo e sua altura sendo igual ao valor da função sendo integrada no ponto inicial do intervalo, o segundo com sua base indo do ponto inicial do intervalo até o ponto médio do intervalo e sua altura igual ao valor da função no ponto inicial do intervalo, o terceiro tem sua base indo do ponto médio do intervalo até o valor final do intervalo e sua altura é igual ao valor da função no ponto médio do intervalo. Após a área dos três retângulos ser calculada o erro (também recebido como argumento na execução do programa) e o módulo da diferença entre o primeiro retângulo e os outros 2 serão comparados e caso o erro seja menor, dois novos intervalos serão adicionados à pilha, um que vai do início do intervalo atual até seu ponto médio e outro do ponto médio do intervalo atual até o seu fim. Caso contrário, o valor do primeiro retângulo será somado a uma variável que ao fim da execução do programa conterá o valor da integral. Por fim, um novo intervalo é obtido a partir de uma remoção da pilha e todo processo descrito acima é repetido até que a pilha esteja vazia. Ao fim da execução do loop descrito anteriormente, será retornado o valor de A, e esse será o resultado da integral.

A implementação concorrente é similar à versão sequencial. O programa recebe como parâmetros, assim como na versão sequencial, um intervalo, no qual a integral definida será calculada. Em seguida esse intervalo será dividido em N subintervalos (sendo N o número de threads) cada subintervalo com tamanho igual ao tamanho do intervalo dividido por N. Cada subintervalo será passado como parâmetro para cada uma das threads durante sua criação, e em seguida ela fará o mesmo processo da implementação sequencial do programa, assim como descrito acima. Ao fim da execução de cada thread, o valor obtido por cada uma será somado e esse é o resultado da integral.

Casos de Teste:

A) $f(x) = 1+x$



Resultado obtido com erro = 1

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000016s
- Resultado Obtido: 53.750000

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.004870s
- Resultado Obtido: 53.750000

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0032854209445585

Resultado obtido com erro = 0.0001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000280s
- Resultado Obtido: 59.902344

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.005588s
- Resultado Obtido: 59.902344

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0501073729420186

Resultado obtido com erro = 0.000000001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.084407s
- Resultado Obtido: 59.999809

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.043808s
- Resultado Obtido: 59.999809

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 1,92674853907962

B) $f(x) = \sqrt{1-x^2}$

The screenshot shows the WolframAlpha logo at the top. Below it is a search bar containing the text "integrate sqrt(1-x^2) from -1 to 1". Below the search bar are links for "Extended Keyboard", "Upload", "Examples", and "Random". The main result area shows the definite integral: $\int_{-1}^1 \sqrt{1-x^2} dx = \frac{\pi}{2} \approx 1.5708$. There are buttons for "More digits" and "Step-by-step solution". At the bottom right of the result area is a link for "Open code".

Resultado obtido com erro = 1;

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000013s
- Resultado Obtido: 0.000000

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.000851s
- Resultado Obtido: 1.366025

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0152761457109283

Resultado obtido com erro = 0.0001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000171s
- Resultado Obtido: 1.570870

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.001219s
- Resultado Obtido: 1.570870

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,140278917145201

Resultado obtido com erro = 0.000000001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.040937s
- Resultado Obtido: 1.570796

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.015960s
- Resultado Obtido: 1.570796

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 2,564974937343358

C) $f(x) = \sqrt{1-x^4}$



integrate sqrt(1+x^4) from 0 to 10

Extended Keyboard Upload Examples Random

Definite integral: More digits

$$\int_0^{10} \sqrt{1+x^4} dx = \frac{2}{3} \left(5 \sqrt{10001} - \sqrt[4]{-1} F\left(i \sinh^{-1}\left((5+5i)\sqrt{2}\right) \middle| -1 \right) \right) \approx 334.519$$

$\sinh^{-1}(x)$ is the inverse hyperbolic sine function
 $F(x|m)$ is the elliptic integral of the first kind with parameter $m = k^2$

Open code

Resultado obtido com erro = 1;

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000055s
- Resultado Obtido: 315.657382

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.001146s
- Resultado Obtido: 315.657382

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0479930191972077

Resultado obtido com erro = 0.0001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.002816s
- Resultado Obtido: 334.303041

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.001572s
- Resultado Obtido: 334.303041

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 1,791348600508906

Resultado obtido com erro = 0.000000001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.748485s
- Resultado Obtido: 334.518754

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.259027s
- Resultado Obtido: 334.518754

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 2,889602242237296

D) $f(x) = \sin(x^2)$



The screenshot shows the WolframAlpha website. At the top is the logo with the text "WolframAlpha computational intelligence". Below it is a search bar containing the text "integrate sin(x^2) from 0 to pi". To the right of the search bar are icons for a star and a menu. Below the search bar are links for "Extended Keyboard", "Upload", "Examples", and "Random". The main result area is titled "Definite integral:" and shows the mathematical expression $\int_0^\pi \sin(x^2) dx = \sqrt{\frac{\pi}{2}} S(\sqrt{2\pi}) \approx 0.772652$. To the right of this expression is a button labeled "More digits". Below the expression, it says "S(x) is the Fresnel S integral" and there is a link "Open code" with a download icon.

Resultado obtido com erro = 1;

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000024s
- Resultado Obtido: 0.000000

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.004470s
- Resultado Obtido: 0.419971

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0053691275167785

Resultado obtido com erro = 0.0001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000535s
- Resultado Obtido: 0.771415

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.001476s
- Resultado Obtido: 0.771415

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,3624661246612466

Resultado obtido com erro = 0.000000001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.128803s
- Resultado Obtido: 0.772646

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.040504s
- Resultado Obtido: 0.772646

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 3,180006912897492

E) $f(x) = \cos(e^{-x})$

The screenshot shows the WolframAlpha website interface. At the top is the WolframAlpha logo with the tagline 'computational intelligence'. Below the logo is a search bar containing the text 'integrate cos(e^-x) from 0 to 2'. To the right of the search bar are icons for a star and a menu. Below the search bar are links for 'Extended Keyboard', 'Upload', 'Examples', and 'Random'. The main content area displays the definite integral: $\int_0^2 \cos(e^{-x}) dx = \text{Ci}(1) - \text{Ci}\left(\frac{1}{e^2}\right) \approx 1.76476$. To the right of the integral is a 'More digits' button. Below the integral, it says 'Ci(x) is the cosine integral' and there is an 'Open code' link with a cloud icon.

Resultado obtido com erro = 1;

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000037s
- Resultado Obtido: 1.080605

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.000639s
- Resultado Obtido: 1.635117

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0579029733959311

Resultado obtido com erro = 0.0001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000097s
- Resultado Obtido: 1.758824

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.000678s
- Resultado Obtido: 1.758824

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,1430678466076696

Resultado obtido com erro = 0.000000001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.020773s
- Resultado Obtido: 1.764745

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.010571s
- Resultado Obtido: 1.764745

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 1,965093179453221

F) $f(x) = \cos(e^{-x}) * x$

The screenshot shows the WolframAlpha logo at the top, followed by a search bar containing the text "integrate cos(e^-x) * x from -5 to 5". Below the search bar are links for "Extended Keyboard", "Upload", "Examples", and "Random". The results section displays the definite integral: $\int_{-5}^5 x \cos(e^{-x}) dx = 12.7677$.

Resultado obtido com erro = 1;

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000029s
- Resultado Obtido: 13.555442

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.000553s
- Resultado Obtido: 13.555442

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0524412296564195

Resultado obtido com erro = 0.0001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.003194s
- Resultado Obtido: 12.729154

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.002168s
- Resultado Obtido: 12.729154

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 1,473247232472325

Resultado obtido com erro = 0.000000001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.949571s
- Resultado Obtido: 12.767656

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.606483s
- Resultado Obtido: 12.767656

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 1,565700934733537

G) $\cos(e^{-x}) * (0.005 * x^3 + 1)$



Resultado obtido com erro = 1;

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.000027s
- Resultado Obtido: 3.261562

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.000706s
- Resultado Obtido: 3.261562

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 0,0382436260623229

Resultado obtido com erro = 0.0001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.002252s
- Resultado Obtido: 5.186709

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.002243s
- Resultado Obtido: 5.186709

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 1,00401248328132

Resultado obtido com erro = 0.000000001

Versão Sequencial:

- Tempo Gasto: 0.675712s
- Resultado Obtido: 5.201821

Versão Concorrente:

- Tempo Gasto: 0.410588s
- Resultado Obtido: 5.201821

Ganho de Desempenho:

- Ganho de Velocidade de Execução: 1,64571784854891

Análise de Desempenho:

Todos os testes prévios, foram realizados utilizando número de threads igual a 4.

Podemos observar que os ganhos de desempenho se mantêm significativos para valores de erro não muito diminuto.