

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

FACULDADE DE COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA

Marcelo Vironda Rozanti
Felipe Stefanelli de Aguiar Silva

Conservabilidade de estados de autômatos celulares elementares com
atualizações assíncronas por prioridade da vizinhança

SÃO PAULO
2019

Marcelo Vironda Rozanti
Felipe Stefanelli de Aguiar Silva

**Conservabilidade de estados de autômatos celulares
elementares com atualizações assíncronas por prioridade da
vizinhança**

Orientador: Prof. Dr. Pedro Paulo Balbi de Oliveira

SÃO PAULO
2019

Conservabilidade de estados de autômatos celulares elementares com atualizações assíncronas por prioridade da vizinhança

Marcelo Vironda Rozanti
Felipe Stefanelli de Aguiar Silva

31 de outubro de 2019

Resumo

Autômatos Celulares são sistemas computacionais discretos e abstratos que se têm provado úteis como modelos genéricos de complexidade e representação de diversas dinâmicas em uma variedade de áreas científicas. Estes sistemas podem ser especificados puramente em termos matemáticos e até implementados em estruturas físicas. Muitos deles podem computar funções e resolver problemas algorítmicos. O presente projeto explora um conjunto fundamental deles, chamados Automatos Celulares Elementares com um tipo específico de atualização assíncrona baseada em prioridade com a esperança de encontrar modelos conservativos que podem ser usados em uma variedade de aplicações práticas. O código correspondente a este trabalho pode ser acessado no repositório <<https://github.com/mvrozanti/TCC>>.

Palavras-chave: Autômatos celulares elementares com atualização assíncrona por prioridade, New Kind of Science, Sistemas dinâmicos discretos, Conservabilidade

Abstract

Cellular Automata are discrete, abstract computational systems that have proved useful as general models of complexity and representations of dynamics on a variety of scientific fields. These systems can be specified in purely mathematical terms and be implemented in physical structures. Many of them can compute functions and solve algorithmic problems. The present project attempts to explore a fundamental subset of them, called Elementary Cellular Automata with a specific kind of priority-based asynchronous updating in the search of number-conserving models, which can be used for a variety of practical applications. The implementation developed is hosted at <<https://github.com/mvrozanti/TCC>>.

Keywords: Asynchronous priority-based updating Elementary Cellular Automata, New Kind of Science, Discrete dynamical systems, Number-conserving

Sumário

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA	5
1.2	OBJETO DE PESQUISA	6
1.2.1	PROBLEMA DE PESQUISA	6
1.2.2	FÓRMULAS UTILIZADAS	7
1.2.3	HIPÓTESE BÁSICA	7
1.2.4	VARIÁVEIS	7
1.3	OBJETIVOS DO ESTUDO	7
1.3.1	OBJETIVO GERAL	7
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.4	JUSTIFICATIVA	7
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	7
1.6	ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1	Autômatos Celulares Elementares	8
2.2	Conservabilidade numérica	8
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	8
3.1	ETAPAS DA PESQUISA	8
3.1.1	CONCEITOS EMPREGADOS	9
3.2	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	10
3.2.1	NATUREZA DA PESQUISA	10
3.2.2	ABORDAGEM	10
3.2.3	FINS	10
3.2.4	PESQUISA PROPOSITIVA	10
3.2.5	MEIOS	10
3.2.6	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	10
3.2.7	PESQUISA DOCUMENTAL	11
4	CRONOGRAMA	12
	Referências	12
	Lista de tabelas	
1	Cronograma de atividades	12
	Lista de ilustrações	
1	Ilustração das 256 regras elementares	6

1 INTRODUÇÃO

Autômatos Celulares (ACs) são uma categoria de sistemas discretos capazes de realizar tarefas computacionais. Pela sua própria simplicidade, esses sistemas têm ocupado uma posição privilegiada no estudo de complexidade nos mais diversos campos da ciência, de matemática teórica a biologia teórica.

<+> No item 1.1, apresentaremos alguns conceitos básicos referentes à definição dos ACs.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA

1.2 OBJETO DE PESQUISA

Visualização:

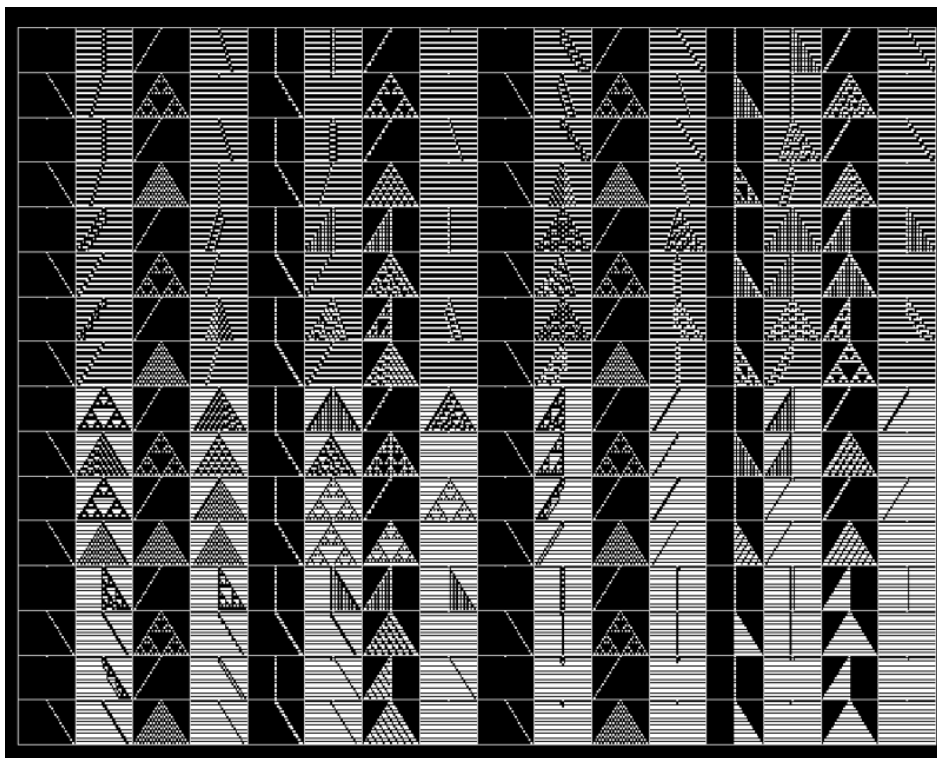


Figura 1: Ilustração das 256 regras elementares

1.2.1 PROBLEMA DE PESQUISA

1.2.2 FÓRMULAS UTILIZADAS

1.2.3 HIPÓTESE BÁSICA

1.2.4 VARIÁVEIS

- Largura do reticulado:
A largura do espaço de regras.

1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

1.3.1 OBJETIVO GERAL

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.4 JUSTIFICATIVA

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

1.6 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

1. Introdução

Preâmbulo deste trabalho.

2. Referencial Teórico

Sustentação argumentativa sobre o tema proposto.

3. Metodologia de Pesquisa

Sistematização dos instrumentos e processos de estudo empregados no presente trabalho.

4. Cronograma

Planejamento das tarefas necessárias para a conclusão deste trabalho, bem como suas expectativas de início e conclusão.

5. Descrição da plataforma-alvo.

Breve narrativa sobre ambiente e ferramentas utilizadas ao longo do estudo.

6. Implementações de cálculo de distância.

Detalhamento da solução final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em relação ao referencial teórico estudado neste TCC, foi de suma importância entender os seguintes tópicos:

2.1 Autômatos Celulares Elementares

2.2 Conservabilidade numérica

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

No que tange à Metodologia empregada neste TCC, o trabalho teve início com uma revisão da literatura específica sobre o tema da pesquisa. Esta pesquisa abrange conceitos fundamentais de teoria da computação .

3.1 ETAPAS DA PESQUISA

Para definir as etapas da pesquisa, foi necessário atender às delimitações de estudo (item 1.5), desenvolvendo, para cada tipo de distância especificado no item 1.2.2, suas respectivas implementações para AVX-512 com as APIs NVIDIA® OpenACC e Intel® Intrinsics. Excluindo funções intermediárias, isto é, que funcionam como instrumento interno, soma-se 6 funções implementadas, como descrito no Cronograma apresentado no item 4.

Assim, pode-se dizer que as etapas desenvolvidas neste estudo foram:

1. Estudo da Documentação;
2. Implementação da Distância Manhattan em Intel Intrinsic;
3. Implementação da Distância Euclidiana em Intel Intrinsic;
4. Implementação da Distância Cosseno em Intel Intrinsic;
5. Implementação da Distância Manhattan em OpenACC;
6. Implementação da Distância Euclidiana em OpenACC;
7. Implementação da Distância Cosseno em OpenACC;
8. Análise e testes das implementações;
9. Artigo.

3.1.1 CONCEITOS EMPREGADOS

- Compilador:

Programa capaz de traduzir instruções de uma linguagem de programação para outra.

- Entrada:

Pontos num espaço *n-dimensional*.

- Throughput:

Número médio de tarefas completadas em uma determinada unidade temporal (??, p. 299).

- Dados empacotados (??, p. 379):

Packed byte: oito bytes empacotados em uma quantidade 64-bit.

Packed word: quatro palavras de 16-bit empacotadas em 64 bits.

Packed doubleword: duas palavras duplas de 32-bit empacotadas em 64 bits.

- Extensões de CPU, melhor descritas no item 2.1

MMX: Multimedia Extensions.

SSE: Streaming SIMD Extensions.

AVX: Advanced Vector Extensions.

- API:

Application Programming Interface.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O tempo total previsto para a conclusão desta pesquisa é de 1 ano, como mostrado no capítulo 4.

3.2.1 NATUREZA DA PESQUISA

Esta é uma pesquisa Aplicada, já que sua aplicação prática é imediata.

3.2.2 ABORDAGEM

Esta pesquisa é baseada em cálculos, medidas objetivas e dados verificáveis.

3.2.3 FINS

Esta pesquisa foi voltada para encontrar caminhos, formas, maneiras e procedimentos para atingir um determinado fim, buscando definir um processo ou uma ferramenta que leve à solução do problema proposto (1.2.1).

3.2.4 PESQUISA PROPOSITIVA

Código-fonte, bem como suas instruções de compilação e documentação interna e externa utilizada para gerar o binário que ultrapasse soluções atuais para cálculo de distância nas arquiteturas alvo.

3.2.5 MEIOS

Quanto aos meios, foram utilizados os recursos mencionados na Bibliografia e Dados documentais (item 3.2.7). Testes automatizados servirão para medir *speedup* em relação a outros algoritmos conhecidos.

3.2.6 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para o andamento desta pesquisa foi necessário compreender a taxonomia de Flynn e programação paralela percorrida por ??), ??).

3.2.7 PESQUISA DOCUMENTAL

Documentação de funções da família de instruções x86 Intel®
Intrinsics extraído de ??) e da API OpenACC da ??).

4 CRONOGRAMA

As atividades desta pesquisa se desenvolveram de acordo com o cronograma apresentado a seguir, no prazo de 12 meses:

Tabela 1: Cronograma de atividades

ATIVIDADE	MÊS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estudo da Documentação												
Implementação da Distância de Manhattan (Intel® Intrinsic)												
Implementação da Distância de Euclidiana (Intel® Intrinsic)												
Implementação da Distância de Cosseno (Intel® Intrinsic)												
Implementação da Distância de Manhattan (OpenACC)												
Implementação da Distância de Euclidiana (OpenACC)												
Implementação da Distância de Cosseno (OpenACC)												
Artigo												

Referências

OLIVEIRA, G. M. B.; OMAR, N.; OLIVEIRA, P. P. B. Computação e evolução em autômatos celulares unidimensionais. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação*, 2000.