

SIMULADOR PARALLEL-SS - UMA ARQUITETURA PARALELA DE MULTIPROCESSADOR NO SIMPLESCALAR

Gabriel Machado

gabrielmachadogm@outlook.com

José Aprígio Carneiro Neto

jose.neto@ifs.edu.br

Wanderson Roger Azevedo Dias

wradias@gmail.com

Resumo – A busca constante por um maior poder de processamento dos computadores tem motivado pesquisadores da área de arquitetura de computadores a dedicar esforços para vencer as limitações físicas impostas pelos equipamentos disponíveis na atualidade. Para facilitar esse trabalho, diversos pesquisadores tem utilizado simuladores, tendo em vista que nem sempre dispõem de um hardware real para a realização dessas tarefas. Um dos simuladores mais utilizados do mercado é o SimpleScalar, um simulador que suporta simulações detalhadas para os diversos tipos de processadores modernos. Portanto, o objetivo deste projeto foi desenvolver uma interface gráfica para trabalhar com o simulador SimpleScalar, que conseguisse auxiliar no processo de ensino-aprendizagem nas áreas de arquitetura de computadores e que também pudesse ser utilizada pelas indústrias desse segmento, para a análise do dimensionamento e do desempenho dos processadores, através de simulação.

Palavras-Chave: Arquitetura, Processadores, Simulação, Software.

INTRODUÇÃO

O aumento da capacidade computacional (processamento) dos computadores tem sido cada vez mais desejado pelas empresas e indústrias das áreas de informática e eletrônica.

Na busca por esse objetivo, alguns pesquisadores buscam melhorar os tipos de técnicas utilizadas no desenvolvimento dos processadores, tentando aumentar o seu

desempenho, enquanto outros procuram melhorar as técnicas de utilização destes *hardwares*, agrupando equipamentos de menores portes, visando a obtenção de uma maior capacidade computacional. Além disso, existem ainda pesquisadores que buscam dividir as tarefas executadas pelos equipamentos em tarefas menores, de forma que as mesmas possam ser realizadas em *hardwares* com diversos processadores, objetivando concluir o processamento em um menor período de tempo (HENNESSY; PATTERSON, 2014).

Como forma de facilitar o estudo e o trabalho desses pesquisadores, tem sido utilizando com frequência nessas tarefas o uso de simuladores arquiteturais. O uso de simuladores arquiteturais tem por objetivo facilitar o processo de teste, validação e avaliação de características e parametrização arquiteturais, sem a necessidade da construção de um protótipo físico real, ou seja, um *hardware*. Além disso, os simuladores servem também como um grande facilitador para o estudo de arquiteturas computacionais mais específicas, arquiteturas paralelas, computação de alto desempenho e programação paralela, para as quais muitas vezes não se tem um *hardware* disponível (SIMPLESCALAR, 2019).

Dentre os diversos tipos de simuladores arquiteturais, o simulador *SimpleScalar* tem sido um dos mais utilizados pelos pesquisadores nas suas investigações e estudos (OLUKOTUN *et. al.*, 2007).

O *SimpleScalar Tool Set* foi desenvolvido pela Universidade de Wisconsin (Madison), nos Estados Unidos, como parte de um projeto MultiScalar (BURGER; AUSTIN, 1997). O

SimpleScalar é um simulador que engloba

um conjunto de ferramentas (simuladores, compiladores, *assemblers* e *linkers*) que dão suporte a simulações detalhadas para algumas características encontradas em diversos tipos de processadores da atualidade, sendo considerada uma das ferramentas de simulação mais utilizadas no meio acadêmico e industrial (SIMPLESCALAR, 2019).

As simulações das arquiteturas de processadores são focadas principalmente nas características de arquiteturas escalares e superescalares. Esses simuladores são amplamente utilizados para a pesquisa de novos mecanismos e comportamento de arquiteturas de processadores, devido à flexibilidade e a possibilidade de extensão do seu código, bem como o detalhamento dos resultados apresentados. Assim como outros simuladores, o *SimpleScalar* é uma ferramenta modular, o que facilita a sua expansão, tornando-o um simulador muito utilizado como base para o desenvolvimento de novas ferramentas de simulação (SIMPLESCALAR, 2019).

O simulador *SimpleScalar* conta com seis simuladores orientados à execução incorporados a sua plataforma, são eles (BURGER; AUSTIN, 1997): o *Sim-fast* (que executa instruções de forma seqüencial); *Sim-safe* (que executa instruções de forma seqüencial e também verifica o alinhamento e a permissão de acesso a cada referência de memória); *Sim-cache* (que realiza simulação de hierarquia da memória *cache*); *Sim-cheetah* (que faz a simulação de hierarquia de memória, em conjunto com uma nova política de substituição); *Sim-profile* (que gera o *profile* das classes de instruções, tais como: desvio, cálculo inteiro/ponto-flutuante e acesso à memória); e o *Sim-outorder* (que modela um processador completo, incluindo simulação de ciclos e suporte para execução fora de ordem, baseada na *RUU* (*Register Update Unit*) e em uma fila de *loads* e *stores*).

Além disso, o *SimpleScalar* fornece códigos binários pré-compilados, bem como uma versão do compilador *GCC* (*GNU Compiler*

C) alterado, que faz a compilação de códigos fontes escritos nas linguagens de programação *FORTRAN* ou *C*, gerando códigos binários no formato executável, para a arquitetura específica do simulador. O *SimpleScalar* conta também com um depurador e um visualizador de *pipeline* (modo texto) (SIMPLESCALAR, 2019).

Na Figura 1, observa-se a arquitetura geral do simulador *SimpleScalar*.

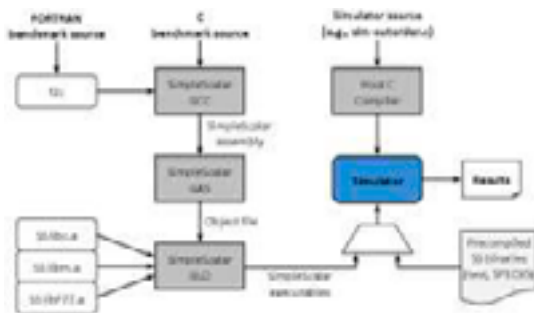


Figura 1 - Arquitetura geral do simulador *SimpleScalar*.

Fonte: (BURGER; AUSTIN, 1997)

Vale destacar, que uma das principais desvantagens do simulador arquitetural *SimpleScalar* é o fato do mesmo não poder ser utilizado para a simulação em arquiteturas multiprocessadas, tendo em vista que o mesmo modela apenas arquiteturas monoprocessadas.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo desenvolver uma interface gráfica para trabalhar com o simulador arquitetural *SimpleScalar*, tendo em vista que o mesmo utiliza para a execução de suas tarefas apenas linhas de comandos e os resultados apresentados, como respostas a esses comandos, são sempre mostrados na forma de texto complexos que não permitem uma visualização clara e específica das informações e dos parâmetros por parte dos usuários.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho teve um caráter exploratório e descritivo que contou inicialmente com um levantamento bibliográfico sobre o tema arquiteturas computacionais e simuladores

arquiteturais, realizado através de pesquisas em artigos científicos, livros, teses, dissertações, seminários e periódicos da área.

Em um segundo momento, foi realizado um estudo detalhado do simulador arquitetural *SimpleScalar*.

Por fim, foi desenvolvida uma interface gráfica para trabalhar com o simulador arquitetural *SimpleScalar*, o *InterSimple*.

MATERIAL E MÉTODOS

O *InterSimple* é uma interface gráfica projetada para mediar a comunicação com o simulador arquitetural *SimpleScalar*, facilitando o acesso aos comandos executados pelo simulador e entregando resultados de maneira transparente e simplificada para os seus usuários. Além disso, o *InterSimple* permite auxiliar discentes e docentes no processo de ensino/aprendizagem das disciplinas referentes a área de arquiteturas de computadores, facilitando a interação e a compreensão dos alunos com relação aos parâmetros utilizados pelo simulador arquitetural *SimpleScalar*.

Vale ressaltar, que a ferramenta *InterSimple* poderá servir também como uma importante aliada para as indústrias do setor de informática e de equipamentos eletrônicos, permitindo que ambas possam utilizar de seus recursos para efetuar cálculos e análises do dimensionamento e do desempenho dos microprocessadores, através de simulação.

As funcionalidades da ferramenta *InterSimple* foram implementadas através da linguagem de programação *JAVA*, sendo executadas diretamente na plataforma do sistema operacional *Linux*. Ressalta-se ainda, que todas as informações de saída do simulador *SimpleScalar* (resultados) são processadas e entregues, através de um *script* escrito na linguagem de programação *Python*, para a interface gráfica do *InterSimple*, de forma clara e objetiva.

A interface gráfica *InterSimple* possui as seguintes funcionalidades: 1) Permite a alteração

de maneira fácil e prática os parâmetros do simulador *SimpleScalar*, utilizando para isso a ferramenta mais avançada do mesmo: o *Sim-Order*; 2) Possui todos os parâmetros separados por grupos: processador, *cache* e memória principal, facilitando dessa forma a compreensão e a utilização dos mesmos; 3) Permite listar os resultados fornecidos pelo simulador *SimpleScalar* de maneira transparente, em uma tabela detalhada; e 4) Possibilita a exportar os dados em formato de texto, separado por ponto e vírgula;

Na Figura 2, observa-se a tela principal da interface gráfica *InterSimple*. Nela, verifica-se os principais elementos da arquitetura computacional que podem ser parametrizados através da ferramenta *InterSimple*.



Figura 2 - Tela principal da interface gráfica *InterSimple*.

Fonte: (Autores, 2020)

A Figura 3 mostra a tela de parametrização do processador. Através desta tela é possível efetuar a configuração de todos os parâmetros do processador, bem como verificar uma descrição detalhada de todos esses parâmetros.



Figura 3 - Tela de parametrização do processador.

Fonte: (Autores, 2020)

Na Figura 4, observa-se a tela de parametrização da memória *cache*. Através desta tela é possível efetuar a configuração de todos os parâmetros referentes a essa memória, bem como verificar uma descrição detalhada de todos esses parâmetros de configuração.



Figura 4 - Tela de parametrização da memória *cache*.
Fonte: (Autores, 2020)

A Figura 5 mostra a tela de parametrização da memória principal. Por meio desta tela é possível efetuar a configuração de todos os parâmetros referentes a essa memória, bem como verificar uma descrição detalhada de todos esses parâmetros de configuração.



Figura 5 - Tela de parametrização da memória principal.
Fonte: (Autores, 2020)

Na Figura 6, observa-se a tela de resultados da simulação.



Figura 5 - Tela de parametrização da memória principal.
Fonte: (Autores, 2020)

Através desta tela é possível selecionar o arquivo que vai ser compilado e observar os resultados da simulação após a compilação do arquivo.

CONCLUSÕES

A interface gráfica desenvolvida nesse projeto, o *InterSimple*, tem como finalidade melhorar a comunicação e o entendimento do simulador arquitetural *SimpleScalar*. Através dessa ferramenta será possível entender, de forma clara e objetiva, os parâmetros de configuração dos elementos arquiteturais, bem com os resultados dos testes de simulação disponibilizados pelo simulador do *SimpleScalar*. Além disso, a *InterSimple*, poderá ser utilizada como ferramenta de apoio no processo de ensino/aprendizagem das disciplinas relacionadas a área de arquitetura de computadores, bem como pelas indústrias dos setores de informática e de eletrônica, na análise e cálculos do dimensionamento e do desempenho dos processadores, através de simulação.

REFERÊNCIAS

BURGER, D.; AUSTIN, T. M. **The SimpleScalar Tool Set, version 2.0**. ACM SIGARCH Computer Architecture News, 25(3):13-25, June 1997.

HENNESSY, J. L.; PATTERSON, D. A. **Arquitetura de Computadores: Uma Abordagem Quantitativa**. – San Francisco, California: Morgan Kaufmann, 5nd edição, 2014, 744p.

OLUKOTUN, K.; HAMMOND, L.; LAUDON, J. **Chip Multiprocessor Architecture: Techniques to Improve Throughput and Lactency**. – San Rafael, CA: Morgan & Claypool Publishers, 1st edition, 2007, 157p.

PATTERSON, D. A.; HENNESSY, J. L.

**Organização e Projeto de Computadores:
A Interface Hardware e Software.** – Rio de
Janeiro: Elsevier, 4ª edição, 2005, 520p.

SIMPLESCALAR. **SimpleScalar LLC - To
Serve and Project.** Disponível em: [http://
www.simplescalar.com](http://www.simplescalar.com). Acessado em 12 de
Maio de 2019.