

Ferramentas para Simulação e Avaliação de Processadores de Alto Desempenho

5 de agosto de 2010

Resumo

1 Apresentação e Justificativa

A tarefa de avaliar e comparar experimentalmente projetos em torno de arquiteturas de processadores tem se mostrado bastante árdua. Muitas vezes, esses projetos não disponibilizam recursos e informações suficientes para que seja possível realizar tal avaliação. Mesmo as iniciativas que procuram implementar ferramentas para simular o comportamento dos processadores não possuem um considerável conjunto de casos de entrada, de forma que é difícil avaliá-las e compará-las com outras propostas [2].

A complexidade inerente ao processo de construção de circuitos digitais de médio e grande porte e a necessidade de atender às demandas de qualidade e rapidez impostas pelo mercado faz com que o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos digitais seja pautado no projeto e simulação auxiliados por softwares [1]. Tais softwares também são utilizados no projeto e

desenvolvimento de elementos de processamento e processadores, uma vez que esses dispositivos possuem considerável complexidade sobre seu projeto e desenvolvimento. O trabalho de Skadron et al. [5] apresenta essa questão e discute resultados interessantes sobre o crescimento de avaliações experimentais baseadas em simulação. Um de seus resultados mostra uma crescente adoção em experimentos que utilizam simulação, em contraposição aqueles que possuem uma implementação final do sistema (implementação em hardware). Esse resultado tem como base os artigos aceitos no Simpósio Internacional de Arquiteturas de Computadores (ISCA - *International Symposium on Computer Architecture*) no período de 1985-2001. Como exemplo, um dado revelado pelos autores é que mais de 90% dos artigos aceitos, nesse simpósio, no ano de 2001, utilizaram simulação, enquanto que essa porcentagem foi de apenas 28% em 1985.

Este trabalho concentra-se na análise de infraestruturas de software para simulação de processadores de alto desempenho e, mais especificamente, na modelagem do processador 2D-VLIW [2-4] sobre essas infraestruturas. Em particular, deseja-se investigar a ferramenta PTLsim [7] a fim de determinar a factibilidade para modelagem e simulação de processadores com acurácia de ciclos.

PTLsim é uma ferramenta de simulação com acurácia de ciclos para microprocessadores baseados em arquitetura x86 com conjunto de instruções x86 e x86-64. Essa ferramenta possibilita a modelagem de processadores superescalares com execução fora de ordem em diversos níveis de detalhes. Além disso, suporta o conjunto de instruções completo de microprocessadores comerciais como Pentium 4+, Athlon 64 processadores similares com extensões (x86-64, SSE/SSE2/SSE3, MMX, x87). Atualmente, é a única ferramenta de domínio público disponível para a modelagem de arquiteturas x86.

Uma vantagem da abordagem utilizando PTLsim é a possibilidade de comparar uma arquitetura experimental com arquiteturas x86 comerciais utilizando o mesmo conjunto de instruções.

Essa vantagem, além de agilizar a obtenção de uma ferramenta que simule as características do processador 2D-VLIW, possibilita aumentar o leque de avaliações experimentais com esse processador, uma vez que existem várias aplicações compatíveis com o simulador PTLsim assim como vários modelos de processadores já implementados em sua infraestrutura de simulação. Outra característica atrativa para adoção de PTLsim como plataforma básica para simulação de processadores experimentais reside na sua flexibilidade para configurar *clusters* e unidades funcionais da microarquitetura. Essa capacidade de configuração possibilita indicar latências multi-ciclo para *clusters*, mapeamento entre unidades funcionais e *clusters*, assim como latências de micro-operações (μop). PTLsim possibilita também configuração de largura dos registradores de pipeline, largura de banda de barramentos e respectivas latências. Diferentes projetos [6, 8] têm adotado PTLsim como plataforma para simulação de processadores experimentais. Em [8], os autores utilizaram o núcleo de simulação PTLsim para implementação de uma ferramenta de simulação de processadores Multi-core denominada MPTLsim. Em [6], os autores utilizaram a ferramenta PTLsim como parte de um fluxo de ferramentas para simulação *full system* de aplicações x86 sob diferentes arquiteturas de processadores.

2 Objetivos

Modelar as características fundamentais do processador 2D-VLIW sobre ferramentas de softwares já existentes e simular o comportamento desse processador sobre tais ferramentas.

Os objetivos específicos são:

1. Estudar a literatura da área principalmente no que se refere à simulação de processadores.
2. Estudar os conceitos envolvidos no projeto do processador 2D-VLIW assim como seu modelo de execução.

3. Analisar diferentes ferramentas para simulação de processadores. Em especial, a ferramenta PTLsim e sua extensão MPTLSim.
4. Determinar características que devem ser implementadas (acrescidas ou modificadas) para simular 2D-VLIW.
5. Implementar o comportamento do processador 2D-VLIW na ferramenta de simulação previamente escolhida.
6. Realizar experimentos visando comparar o desempenho com outros modelos de processadores.

3 Metodologia

A metodologia para desenvolvimento deste plano de trabalho toma como base os objetivos estabelecidos na Seção 2.

1. Estudar a literatura da área principalmente no que se refere à simulação de processadores.
 - (a) Pesquisa e estudo envolvendo as áreas de arquitetura de computadores, circuitos digitais e definição de ferramentas de simulação.
2. Estudar os conceitos envolvidos no projeto do processador 2D-VLIW assim como seu modelo de execução.
 - (a) Pesquisa e estudo envolvendo os conceitos fundamentais da arquitetura 2D-VLIW.
 - (b) Estudo envolvendo o modelo de execução 2D-VLIW.
 - (c) Utilização de ferramentas disponíveis para geração de código para o processador 2D-VLIW.

3. Analisar diferentes ferramentas para simulação de processadores. Em especial, a ferramenta PTLsim.
 - (a) Instalação, configuração e utilização de ferramentas para simulação e modelagem de processadores.
 - (b) Escolha de uma ferramenta para implementação do processador 2D-VLIW.
4. Determinar características que devem ser implementadas para simular 2D-VLIW.
 - (a) Determinação do conjunto de características necessário para simular o comportamento do processador 2D-VLIW.
 - (b) Projeto do modelo 2D-VLIW sobre a ferramenta escolhida.
5. Implementar o comportamento do processador 2D-VLIW na ferramenta de simulação previamente escolhida.
 - (a) Implementação da interconexão entre unidades funcionais junto ao simulador.
 - (b) Implementação dos conjuntos de bancos de registradores.
 - (c) Implementação do sistema de memórias cache.
 - (d) Implementação das ações tomadas para as situações de exceções no processador.
6. Realizar experimentos visando determinar a correção da implementação, assim como comparar o desempenho com outros modelos de processadores.
 - (a) Experimentação para determinar o desempenho da implementação realizada e a comparação com outros processadores já disponíveis na ferramenta.

4 Cronograma

A Tabela 1 detalha os prazos para execução de cada uma das atividades apresentada na Seção Metodologia.

Atividade	2010					2011						
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1.a	x	x	x	x								
2.a	x	x	x	x								
2.b		x	x	x								
2.c		x	x	x	x							
3.a				x	x							
3.b				x	x							
4.a			x	x	x	x						
4.b			x	x	x	x						
5.a						x	x					
5.b						x	x	x				
5.c								x	x			
5.d										x	x	
6.a								x	x	x	x	x

Tabela 1: Cronograma para execução do plano de trabalho

5 Resultados Esperados

- Possibilidade de simular um processador de alto desempenho sobre uma ferramenta de simulação disponível para toda comunidade da área de projeto de processadores.
- Determinação, de forma mais apurada, do desempenho do processador e comparação com o desempenho de processadores comerciais.
- Acréscimo de conhecimento teórico-prático em uma sub-área da computação (Projeto de Sistemas de Computação) de vasta abrangência científica e com várias possibilidades de atuação profissional.

- Fortalecimento das linhas de pesquisa “Projeto e Implementação de Hardware” do Grupo de Pesquisas em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho da FACOM/UFMS.
- Publicação de artigos em eventos e periódicos da área relatando os resultados obtidos.

Referências

- [1] D. Lilja and J. Ye. Simulation of computer architectures: Simulators, benchmarks, methodologies, and recommendations. *IEEE Transactions on Computers*, 55(3), 2006.
- [2] R. Santos. *2D-VLIW: Uma Arquitetura de Processador Baseada na Geometria da Computação*. PhD thesis, Instituto de Computação - Universidade Estadual de Campinas, 2007.
- [3] R. Santos, R. Azevedo, and G. Araujo. The 2d-vliw architecture. Technical Report IC-06-006, Institute of Computing, March 2006.
- [4] R. Santos, R. Azevedo, and G. Araujo. Dynamic reconfiguration techniques: The 2d-vliw approach. In *Proceedings of the IEEE International Workshop on Reconfigurable Architectures*, pages 22–36, Rhodes island, 2006. IEEE Computer Society Press.
- [5] K. Skadron, M. Martonosi, D. I. August, M. D. Hill, D. J. Lilja, and V. S. Pai. Challenges in computer architecture evaluation. *IEEE Transactions on Computers*, 36(8):30–36, 2003.
- [6] G. S. Wolffe, W. Yurcik, H. Osborne, and M. A. Holliday. Teaching Computer Organization/Architecture With Limited Resources Using Simulators. *ACM SIGCSE Bulletin*, 34(1), 2002.
- [7] Matt T. Yourst. Ptlsim: A cycle accurate full system x86-64 microarchitectural simulator. In *Proceedings of the ISPASS*, 2007.

- [8] H. Zeng, M. Yourst, K. Ghose, and D. Ponomarev. Mptlsim: A cycle-accurate, full-system simulator for x86-64 multicore architectures with coherent caches. *ACM SIGARCH Computer Architecture News*, 37(2):2–9, 2009.