

# Extended SimMan: um ambiente de simulação de arquiteturas superescalares para a ferramenta SimpleScalar

Wagston Tassoni Staehler, Guilherme Dal Pizzol, Philippe O. A. Navaux

Instituto de Informática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale - Bloco IV  
Bairro Agronomia - Porto Alegre - RS -Brasil  
CEP 91501-970 Caixa Postal: 15064  
Telefone: +55 (51) 3316-6159 e 3316-6168 Fax: +55 (51) 3316-7308  
{tassoni, gpizzol, navaux}@inf.ufrgs.br

## Introdução

O estudo de microprocessadores depende invariavelmente de simulações, visto que o seu desenvolvimento envolve difíceis técnicas e processos de fabricação, inviabilizando o uso de protótipos. Uma ferramenta muito importante capaz de permitir este estudo é o SimpleScalar Tool Set, um conjunto de simuladores, compiladores e ferramentas que permitem a simulação de processadores superescalares. Pelo fato de possuir uma interface puramente textual, a realização de muitas simulações acarreta um trabalho lento e difícil; afinal, uma simulação implica na criação de vários arquivos de configuração, escolha de *benchmarks*, execução dos simuladores em diversas máquinas e consulta aos arquivos de resultados. Como, geralmente, a simulação envolve uma grande quantidade de variáveis que modelam os resultados, o número de arquivos de configuração e de resultados pode tornar-se excessivo. Visando resolver este problema foi criada a ferramenta SimMan – *Simulation Manager*, um *front-end* gráfico para os simuladores SimpleScalar Tool Set, que permite a criação de diferentes arquivos de configuração, gerenciando a execução de múltiplos *benchmarks* em mais de uma máquina, através de uma interface gráfica simples e intuitiva.

Tendo como objetivo facilitar a comparação dos diversos resultados obtidos das simulações a ferramenta *Extended SimMan* apresenta um módulo capaz de acessar os resultados das simulações e prover uma apresentação de estatísticas mais cômoda, com a visualização dos resultados em gráficos e tabelas ordenadas.

## Arquiteturas Superescalares

As Arquiteturas Superescalares utilizam uma técnica de implementação (*Pipelining*) na qual múltiplas instruções (escalares) são parcialmente sobrepostas na execução [FER92]. A execução de uma instrução é quebrada em partes, cada uma sendo executada em um dos estágios do *pipeline*. O *pipeline* tem excelentes resultados enquanto nenhuma das instruções que estão sendo executadas precisa esperar por algum resultado de uma instrução precedente, ou quando não há uma alteração no fluxo de instruções (como no caso de uma instrução de desvio). Estas situações, chamadas de

conflitos do *pipeline*, fazem com que as instruções afetadas sejam bloqueadas até que o problema seja resolvido, podendo causar o esvaziamento completo do *pipeline* em arquiteturas que não são capazes de executar instruções especulativamente.

A exploração do paralelismo no nível de instrução permite aumentar o desempenho de um processador, sem diminuir necessariamente o tamanho do ciclo, através da execução de múltiplas instruções simultaneamente [PIL01].

A presença apenas de múltiplas unidades funcionais não é suficiente para que essas máquinas possam explorar o paralelismo no nível de instrução. Apesar de permitir a execução simultânea de múltiplas instruções, é necessário um mecanismo que, antecipadamente, verifique se existem dependências entre as diferentes instruções do programa objeto.

Características de processadores superescalares [SMI95]:

- Estratégias de busca e despacho de múltiplas instruções por ciclo, podendo prever os desvios condicionais;
- Métodos para determinação e tratamento das dependências entre os dados dos registradores;
- Recursos para execução paralela de múltiplas instruções, incluindo múltiplas unidades funcionais e memória hierárquica para permitir múltiplos acessos;
- Métodos para comunicação de dados através da memória via instruções de leitura e escrita;
- Métodos para recuperação do estado do processador na ordem correta.

## Ferramentas Utilizadas

O *Extended SimMan* utiliza como base os simuladores da ferramenta SimpleScalar e, para a geração dos gráficos, o Gnuplot, que são brevemente descritos abaixo. Sua implementação ocorreu através da ferramenta Kylix, em ambiente Linux.

### SimpleScalar

A ferramenta SimpleScalar Tool Set é largamente utilizada em centros de pesquisas de arquiteturas de computadores ao redor do mundo. As principais vantagens desta ferramenta são a alta flexibilidade, portabilidade, extensibilidade e desempenho. São incluídos seis simuladores orientados a execução, isto é, as instruções são funcionalmente executadas. Além disso, a ferramenta disponibiliza binários pré-compilados (incluindo o SPEC95) e uma versão modificada do compilador GNU GCC (com seus utilitários associados), o qual permite a compilação de códigos fontes C (ou FORTRAN, através da ferramenta f2c) próprios do usuário. Um depurador e um visualizador de *pipeline* em modo texto também são providos pela ferramenta [BUR97].

O mais completo dos simuladores chama-se *sim-outorder* e compreende um detalhado processador incluindo simulação de ciclos. Este é o simulador ao qual o *Simulation Manager* teve sua implementação baseada. O *Simulation Manager* é capaz de gerar arquivos de configuração completos para este simulador, assim como realizar simulações utilizando-o como base.

Principais parâmetros do *sim-outorder* que podem ser configurados com o intuito de realizar diferentes experimentos:

- Largura de busca, decodificação, despacho e compleição de instruções;
- Tipo de execução (em ordem ou fora de ordem);
- Tamanho das filas de instruções (busca, despacho, filas de *load/store*,...);
- Número de unidades funcionais (inteiro e ponto flutuante);
- Latência dos níveis de memória;
- Configuração de cada *cache*;
- Tipo e configuração específica do predictor de desvios.

## Gnuplot

O Gnuplot é um programa em modo-texto capaz de produzir gráficos 2D e 3D. Foi utilizado por ser extremamente simples e apresentar bons resultados para a necessidade corrente, além de permitir *pipes*. O programa fornece várias opções de gráficos e apresenta a opção de salvar a imagem produzida como PNG (*Portable Network Graphics*) ou PS (*PostScript*).

## Extended SimMan

Visando tornar mais agradável o trabalho do pesquisador, usuário do SimpleScalar, que deve tratar um grande número de arquivos de configuração do simulador e de resultados, além de gerenciar suas execuções, foi criado o SimMan – *Simulation Manager*. Esta ferramenta proporciona o gerenciamento destas simulações bem como a geração de arquivos de configuração, de forma trivial, com o auxílio de uma interface gráfica simples e intuitiva. Mesmo o usuário que não esteja familiarizado com o SimpleScalar, mas que tem algum conhecimento das arquiteturas superescalares poderá realizar simulações com o uso desta ferramenta [PIZ01].

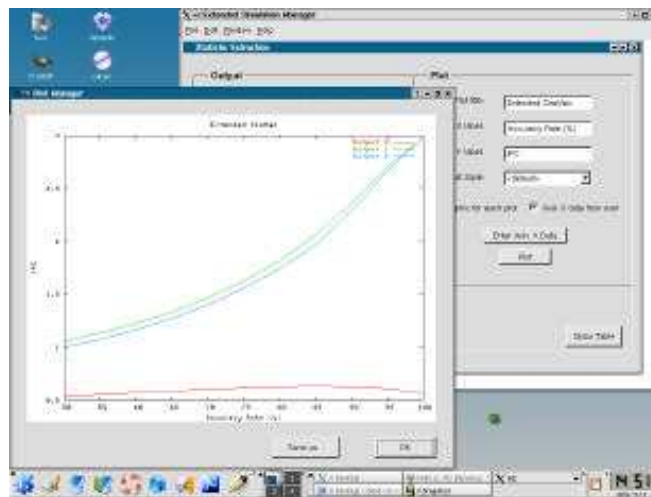


Figura 1. Extended SimMan

O *Extended SimMan* (Figura 1) apresenta como acréscimo um módulo de extração de estatísticas com as opções de apresentação dos dados em tabela ou gráfico. Após as simulações, o pesquisador poderá fazer a análise dos resultados utilizando este terceiro módulo da ferramenta.

Para tanto, o *Extended SimMan* faz uma pesquisa em todos os arquivos de saída do *sim-outorder* obtendo os dados referentes ao item que está sendo avaliado, e salva numa tabela nomeada pelo usuário. Tendo isto feito, através de uma janela apropriada, o usuário entra com dados adicionais para a geração do gráfico (título, nomes dos eixos, tipo do gráfico,...), podendo inclusive fornecer os valores usados nos arquivos de configuração para constarem do gráfico. Em seguida pode-se visualizar a tabela gerada, de forma bem clara e inteligível, e o gráfico gerado a partir dela. Existe a opção de visualizar todos os *benchmarks* em um mesmo gráfico ou cada *benchmark* em gráfico próprio.

A Figura 1 mostra uma simulação realizada com o *software* descrito. Nela, foi comparado o número de instruções por ciclo de três *benchmarks*: ammp, equake e gcc com onze configurações diferentes de taxa de acerto do previsor de desvios. Assim, foram gerados 11 (onze) arquivos de configuração e 33 (trinta e três) arquivos de resultados. Ao contrário do usuário ter que pesquisar manualmente em todos os arquivos de resultados, a ferramenta fez isso e apresentou os dados em gráfico e tabela.

## Conclusões

Nota-se que o ambiente de simulação SimpleScalar Tool Set é um excelente conjunto de simuladores, compiladores e ferramentas que permitem desde uma simples simulação funcional até uma complexa simulação de um processador do estado-da-arte, mas peca por sua interface homem-máquina. A potencialidade do *software* desenvolvido está na sua apresentação, claramente amigável, e nas facilidades que ele proporciona ao usuário.

O desenvolvimento de soluções nesta área de arquiteturas de processadores superescalares está cobrando dos pesquisadores cada vez mais tempo e trabalho necessários a uma grande quantidade de simulações, incluindo os fatores que ela envolve. O *Extended SimMan*, uma ferramenta de controle de simulações e apresentação gráfica de estatísticas, vem automatizar estes processos, provendo agilidade e confiança.

## Referências

- [BUR 97] BURGER, D.; AUSTIN, T. M. **The SimpleScalar Tool Set**: Version 2.0. Madison: University of Wisconsin, 1997. (Technical Report, n.1342).
- [FER 92] FERNANDES, E. S. T.; SANTOS, A. D. **Arquiteturas Superescalares**: detecção e exploração do paralelismo de baixo nível. 8ª Escola de Computação. Gramado-RS. 1992.
- [PIL 01] PILLA, M. L. **Arquiteturas Superescalares**: exploração dinâmica da previsibilidade e redundância de valores: Exame de Qualificação. 2001.
- [PIZ 01] PIZZOL, G. D. **SimMan - Simulation Manager**: definição e implementação de um ambiente de simulação de arquiteturas superescalares para a ferramenta SimpleScalar : Projeto de Diplomação. 2001.
- [SMI 95] SMITH, J.E.; SOHI, G.S. **The Microarchitecture of SuperScalarProcessors**. *Proceedings of the IEEE*, [S.l.], v.83, n.12, Dec. 1995.