

UNISUAM – CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Graduação em Ciência da Computação

Trabalho da disciplina: **Tópicos Especiais em Arquitetura de Computadores**

Professor: **Charles Bastos**

Intel Atom

Arquitetura do processador para dispositivos móveis

Fabício Rodrigues / Fernando Rodrigues

fabriciorhs@gmail.com / fernando.riorj@hotmail.com

Rio de Janeiro — Junho de 2009

Conteúdo

1. Conjunto de instruções.....	3
1.1. SSE2.....	3
1.2. SSE3.....	3
1.3. EM64T.....	3
2. Processador Atom.....	4
2.1. A História.....	4
2.2. Arquitetura.....	5
2.3. Características.....	7
2.3.1 Hyper Threading.....	7
2.4. Família Atom Z5XX.....	8
2.5. Utilização.....	9
3. Testes.....	9
3.1. Desempenho.....	9
3.1. Consumo de energia.....	11
4. Referências.....	12

1. Conjunto de instruções

Iremos abordar o conjunto de instruções utilizado pelo processador Atom, como SSE2, SSE3 e EM64T

1.1. SSE2

Streaming SIMD Extensions 2 - Extensões SIMD de Fluxo 2, a tecnologia SSE2, desenvolvida pela Intel, é uma implementação do conceito SIMD que foi introduzida no processador Pentium 4. Todos os processadores a partir deste têm esta tecnologia.

Trata-se de um conjunto de 144 novas instruções de ponto flutuante de dupla precisão cujo objetivo é manipular vários dados pequenos de uma só vez. A diferença do SSE para o SSE-2 está no fato que o SSE trabalha com números de ponto flutuante de até 32 bits, enquanto o SSE2 trabalha com números de ponto flutuante de até 64 bits.

Para usar esta tecnologia, o processador tem que ter instruções deste tipo e o programa tem que ter sido compilado (ou seja, escrito) de forma a usar estas instruções, para aproveitar o ganho de desempenho que elas oferecem.

O grande problema é que existe um número brutalmente grande de softwares em uso e apenas alguns deles acabam sendo devidamente otimizados para usar novos conjuntos de instruções de forma que no final o ganho acaba não sendo tão grande quanto se espera.

1.2. SSE3

Streaming SIMD Extensions 3 - Extensões SIMD de Fluxo 3, a tecnologia SSE-3 é uma implementação do conceito SIMD que foi introduzida a partir do processador Pentium 4 com núcleo "Prescott" (Pentium 4 "E"). Todos os processadores a partir deste terão esta tecnologia.

Trata-se de um conjunto de 13 novas instruções, que complementam os dois conjuntos anteriores. Entre estas instruções estão instruções de conversão de números de ponto flutuante para inteiros, sincronização de threads e uma especificamente para a codificação de vídeo.

1.3. EM64T

A Intel lançou a sua "tecnologia de 64 bits" de modo a competir com a tecnologia de 64 bits da AMD. Esta tecnologia, oficialmente chamada EM64T (*Extended Memory 64 Technology*), já está presente em vários processadores Pentium 4, como todos os da série 6xx e os da série 5x1 (541, 551, 561, 571, etc). Além disso, os

processadores Celeron D da série 3x1 e 3x6 (331, 336, 341, 346, etc) também possuem esta tecnologia.

Esta tecnologia possui um novo modo de operação chamado IA32E, composto de dois sub-modos:

- **Modo de Compatibilidade:** Permite que sistemas operacionais de 64 bits rodem programas de 32 bits e 16 bits sem a necessidade de serem recompilados. O sistema operacional pode ter programas de 64 bits (no modo 64 bits), 32 bits e 16 bits (ambos no modo de compatibilidade) sendo executados ao mesmo tempo. No entanto, programas de 32 bits serão executados como se estivessem rodando em um processador de 32 bits, ou seja, acessarão no máximo 4 GB de memória RAM. A mesma idéia é válida para programas de 16 bits, que continuarão acessando no máximo 1 MB de memória RAM.
- **Modo de 64 bits:** Permite que sistemas operacionais e programas de 64 bits utilizem o novo espaço de endereçamento de 64 bits oferecido por esta tecnologia.
- **Mecanismo rápido de priorização de interrupção.**
- **Um novo ponteiro de instruções de 64 bits, chamado RIP, que substitui o ponteiro de instruções de 32 bits, chamado EIP.**
- **Um novo modo de endereçamento relativo para o ponteiro de instruções, chamado *RIP-relative addressing* (endereçamento relativo ao ponteiro de instruções).**

2. Processador Atom

2.1. A História

Antes de seu anúncio oficial, fontes externas à empresa especulavam que o processador *Silverthorne* competiria com o processador integrado *Geode* da AMD, em uso, por exemplo, no projeto *One Laptop Per Child/XO* e outras aplicações para processadores x86 de baixo custo e consumo elétrico. A Intel revelou em 15 de outubro de 2007 que estava de fato desenvolvendo um processador para dispositivos portáteis, de codinome *Diamondville*.

O Intel Atom, o menor processador da Intel é fabricado com os menores transistores do mundo e foi projetado para novos dispositivos para a Internet e para PCs de baixo custo. Ele pode causar uma pequena revolução dentro do mercado de comunicadores e smartphones, além de viabilizar uma nova safra de mini-notebooks

e MIDs. Juntos, esses novos segmentos de mercado representam uma nova e significativa oportunidade para ampliar o mercado geral para o silício da Intel, utilizando o processador Intel Atom como base. A empresa também anunciou a tecnologia do processador Intel Centrino Atom para plataformas MID, formada por múltiplos chips que oferecem a melhor experiência de Internet em um dispositivo de bolso.

Na IDF 2008 (*Intel Developer Forum*, um evento com cientistas e funcionários da Intel para discutir sobre os produtos existentes e também possíveis novos produtos a serem desenvolvidos pela empresa) em Shanghai, a Intel anunciou oficialmente que *Silverthorne* e *Diamondville* são baseados na mesma microarquitetura. *Silverthorne* foi vendido como a série "Atom Z" enquanto *Diamondville* foi nomeado "Atom N". Os processadores Atom Z, mais caros, serão utilizados em dispositivos portáteis enquanto os Atom N serão utilizados em computadores e notebooks de baixo custo.

2.2 Arquitetura

O processador Intel Atom é baseado em uma micro-arquitetura projetada especificamente para dispositivos portáteis e de baixo consumo, ao mesmo tempo em que mantém o conjunto de instruções de compatibilidade do Intel Core 2 Duo que os consumidores se acostumaram ao utilizar um PC padrão e a Internet. O design também conta com suporte para múltiplos threads para um melhor desempenho e uma melhor capacidade de resposta do sistema. Tudo isso em um chip que mede menos de 25 mm, o que o torna o menor processador da Intel.

Quase todos os processadores atuais, tanto Intel quanto AMD são capazes de processar instruções fora de ordem (*out-of-order*), de forma a processar mais instruções por ciclo de *clock*. Isso é feito por dois circuitos adicionais.

O principal é o circuito de *branch prediction*, responsável por organizar as instruções de forma a manter as unidades de execução do processador ocupadas. Além de procurar adiante no código por instruções que podem ser "adiantadas", ele "adivinha" o resultado de operações de tomada de decisão (levando em conta fatores como o resultado de operações similares executadas anteriormente), permitindo que o processador vá "adiantando o serviço" enquanto o resultado da primeira operação ainda não é conhecido. Como todo bom adivinho, ele às vezes erra, fazendo com que o processador tenha que descartar todo o trabalho feito. Apesar disso, o ganho é muito grande, pois nos processadores atuais esse circuito acerta em mais de 90% dos casos.

O segundo componente é o *scheduler* (agendador), que armazena as instruções a serem processadas nos ciclos seguintes, de acordo com o determinado pelo circuito de *branch prediction*.

Este trabalho é necessário, pois apesar de todos os avanços na arquitetura dos processadores, a maior parte dos softwares que utilizamos continuam sendo otimizados para processadores i386, que processavam uma instrução de cada vez. O circuito de *branch prediction* permite (até certo ponto) quebrar esta limitação, permitindo que o processador execute três ou mais instruções por ciclo, mas em troca aumenta bastante a complexidade e o consumo elétrico, já que, além de processar as instruções, ele passa a ter o trabalho de ordená-las.

Uma das diferenças fundamentais do *Silverthorne* é que ele processa instruções em ordem (*in-order*), de forma muito similar ao que faziam os processadores Pentium 1. Com isso, os circuitos adicionais deixam de ser necessários e o processador deixa de desperdiçar energia pré-processando e ordenando as instruções e pode se concentrar no trabalho principal.

Naturalmente, essa arquitetura simples resulta em um desempenho por ciclo de *clock* inferior ao de outros processadores atuais. Para reduzir a perda a Intel ressuscitou outra tecnologia já quase esquecida: o *hyperthreading*.

A remoção dos circuitos de *branch prediction* permitiu também que a Intel aumentasse o número de estágios de *pipeline*. Normalmente, aumentar o número de estágios reduz consideravelmente o desempenho do processador, já que faz ele perder mais tempo em operações de tomada de decisão (o exemplo mais extremo é o Pentium D, que precisa operar a uma frequência pelo menos duas vezes mais alta para competir com um Core 2 Duo atual).

Entretanto, o fato do *Silverthorne* processar as instruções em ordem reduz bastante essa perda, permitindo assim, que o processador possua mais estágios de *pipeline* (que permitem que ele opere a frequências mais altas), sem com isso comprometer de forma considerável a eficiência.

O Atom tem um *pipeline* de 16 estágios, que é mais longo do que o dos atuais processadores Core 2. Isto foi feito por algumas razões. Primeiro para permitir uma maior eficiência energética. Mais estágios significam mais unidades que podem ser espalhadas pelo chip e conseqüentemente a produção de calor é mais bem distribuída, em vez de ter poucas unidades concentrando o calor em um único ponto. Com mais unidades a probabilidade de ter algumas delas ociosas é maior se comparado com um processador que tenha menos unidades, o que significa que elas podem ser desligadas para economizar energia. Outra vantagem de um *pipeline* maior é que a microarquitetura pode obter *clocks* mais elevados. A razão para isso é que cada unidade terá menos transistores, o que facilita o aumento do *clock*.

Outro recurso encontrado no Atom é um caminho de dados verdadeiramente de 128 bits, recurso introduzido com os processadores baseados na microarquitetura Core (por exemplo, Core 2 Duo). Nos processadores anteriores o caminho de dados interno era de apenas 64 bits. Isto era um problema com instruções SSE, já que os registradores SSE, chamados XMM, são de 128 bits. Portanto, na hora de executar

uma instrução que manipulava dados de 128 bits esta operação tinha que ser quebrada em duas operações de 64 bits. O caminho de dados interno de 128 bits faz com que o Atom seja mais rápido para processar instruções SSE que manipulam dados de 128 bits. A Intel chama este recurso de *Digital Media Boost*.

Completando o conjunto, temos o suporte a instruções SSE 3 (assim como o Pentium-M, o *Silverthorne* conta com uma única unidade SSE), 56KB de *cache* L1 (32KB para instruções e 24KB para dados) e 512 KB de *cache* L2.

O *Silverthorne* utiliza o mesmo barramento com 4 transferências por *clock* utilizado nos processadores Core 2 Duo, mas a frequência de operação é mais baixa (para economizar energia) e é chaveada de forma dinâmica entre 533 e 400 MHz, de forma a economizar energia nos momentos de baixa atividade. Este recurso é muito similar ao "*Dynamic Front Side Bus Switching*" usado na plataforma Santa Rosa (onde o FSB oscila entre 800 e 400 MHz).

2.3. Características

- Registradores separados de 32 bits para inteiros e instruções de ponto
- Compatibilidade total com o conjunto de instruções x86, o que significa que ele pode rodar diretamente programas e sistemas operacionais para PCs até em smartphones. Vários outros processadores voltados para o mercado de dispositivos móveis têm conjunto de instruções proprietário (antes era preciso recompilar o programa utilizando o conjuntos próprios de instruções do processador, não sendo portátil para outras plataformas).
- Tamanho: menos de 25 mm
- Temperatura suportada: -40 °C / 85 °C, o aconselhado é sempre abaixo dos 50°C para máximo desempenho acima disso entra em funcionamento o TCC (Thermal Control Circuit).
- Frequência do Processador: de 800 MHz a 1870 MHz
- Frequência do barramento: 533 MHz
- Conjunto de instruções: x86, x86-64
- Núcleos: Silverthorne, Diamondville (ou Atom Z e Atom N)
- HyperThreading

2.3.1 Hyper Threading

O processador Atom também suporta a tecnologia *HyperThreading*, que é a capacidade de usar unidades ociosas do processador para formar um segundo processador virtual, fazendo com que o sistema operacional veja cada núcleo do processador como sendo dois processadores (duas "threads",

no jargão da indústria) apesar de apenas um núcleo estar fisicamente presente. Entretanto esta técnica é menos eficiente do que ter dois núcleos de processamento verdadeiros.

2.4. Família Atom Z5XX

Na tabela 2.4.1, traz a especificação dos processadores da família Z5XX, em relação à velocidade do core, FSB, L2 Cache, consumo de energia, temperatura e chipset.

Product Name	Core Speed	Front-Side Bus Speed	L2 Cache	Thermal Design Power	Temperature Range	Package	Chipset Pairing
Intel® Atom™ processor Z530	1.6 GHz	CMOS, 533 MHz, 32-bit address	512 KB	2.2 W	Commercial 0 to +70°	441-ball lead free 13x14 mm	Intel® SCH US15W
Intel® Atom™ processor Z510	1.1 GHz	CMOS, 400 MHz, 32-bit address	512 KB	2.0 W	Commercial 0 to +70°	441-ball lead free 13x14 mm	Intel® SCH US15W
Intel® Atom™ processor Z530P	1.6 GHz	CMOS, 533 MHz, 32-bit address	512 KB	2.2 W	Commercial 0 to +70° C	437-ball lead-free 22x22 mm	Intel® SCH US15WP
Intel® Atom™ processor Z510P	1.1 GHz	CMOS, 400 MHz, 32-bit address	512 KB	2.2 W	Commercial 0 to +70° C	437-ball lead-free 22x22 mm	Intel® SCH US15WP
Intel® Atom™ processor Z520PT	1.33 GHz	CMOS, 533 MHz, 32-bit address	512 KB	2.2 W	Industrial -40 to +85° C	437-ball lead-free 22x22 mm	Intel® SCH US15WPT
Intel® Atom™ processor Z510PT	1.1 GHz	CMOS, 400 MHz, 32-bit address	512 KB	2.2 W	Industrial -40 to +85° C	437-ball lead-free 22x22 mm	Intel® SCH US15WPT

Tabela 2.4.1- Tabela de especificações.

2.5. Utilização

Graças ao seu tamanho e seu baixo consumo de energia, pode ser usado, principalmente, em dispositivos portáteis (Smartphones, palms e etc), em netbooks, em sistemas integrados em carros, e em pc's de baixo custo

Esses modelos possuem recursos para suportar altas temperaturas, condições adversas e de baixo consumo de energia, entre outras características apropriadas para as aplicações a que são destinados. Inclusive comunicação máquina-para-máquina, através do protocolo IP.

Já no mercado de sistemas de informação (GPS) e entretenimento (Internet) para automóveis, por exemplo, a Intel conta com a forte parceria com a unidade de Negócios Automotivos da Microsoft para prosperar. "Os processadores Intel Atom e a plataforma de software Microsoft Auto, possibilitarão a escala para a nova era de soluções avançadas para veículos", segundo Doug Davis, vice-presidente do Grupo Digital Enterprise e gerente geral do Grupo de Comunicações e de Embarcados da Intel.

3. Testes

3.1. Desempenho

Foram feitos testes de desempenho utilizando os softwares SuperPI, calcula o numero PI com determinado número de casas decimais de precisão, como mostra a figura 3.1.

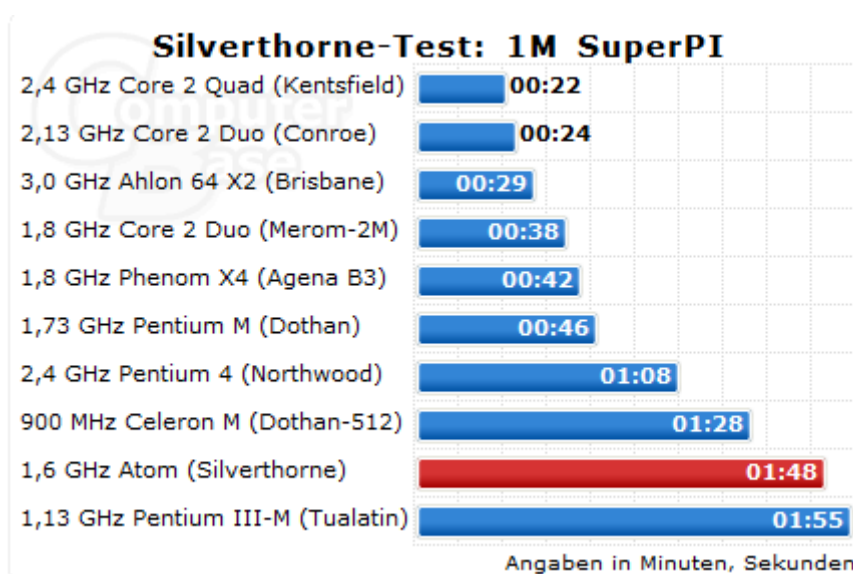


Figura 3.1 – Teste de desempenho com SuperPI.

Como demonstra esse teste, o Atom não é muito eficiente em resolver cálculos em relação a outros processadores desenvolvidos para Desktop, entretanto possui outros benefícios.

O site <http://www.eeepcnews.de> disponibilizou o provável primeiro confronto entre os processadores Intel Atom e Via Isaiah, destinados ao mercado de baixo consumo e PCs portáteis. O pequeno teste conta também com a participação do processador Celeron-M da Intel e o C7 da Via, todos os quatro operando a 1.6 GHZ. O programa utilizado foi o CrystalMark 2004R3. Os testes focaram o desempenho das unidades de ponto flutuante e lógico, respectivamente FPU e ALU. Como mostra a figura 3.2.

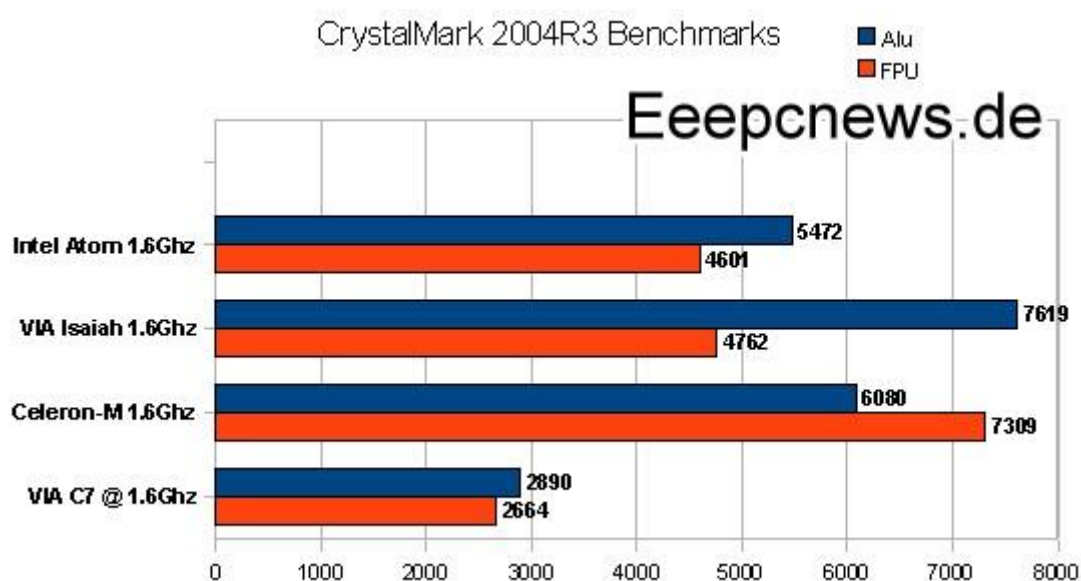
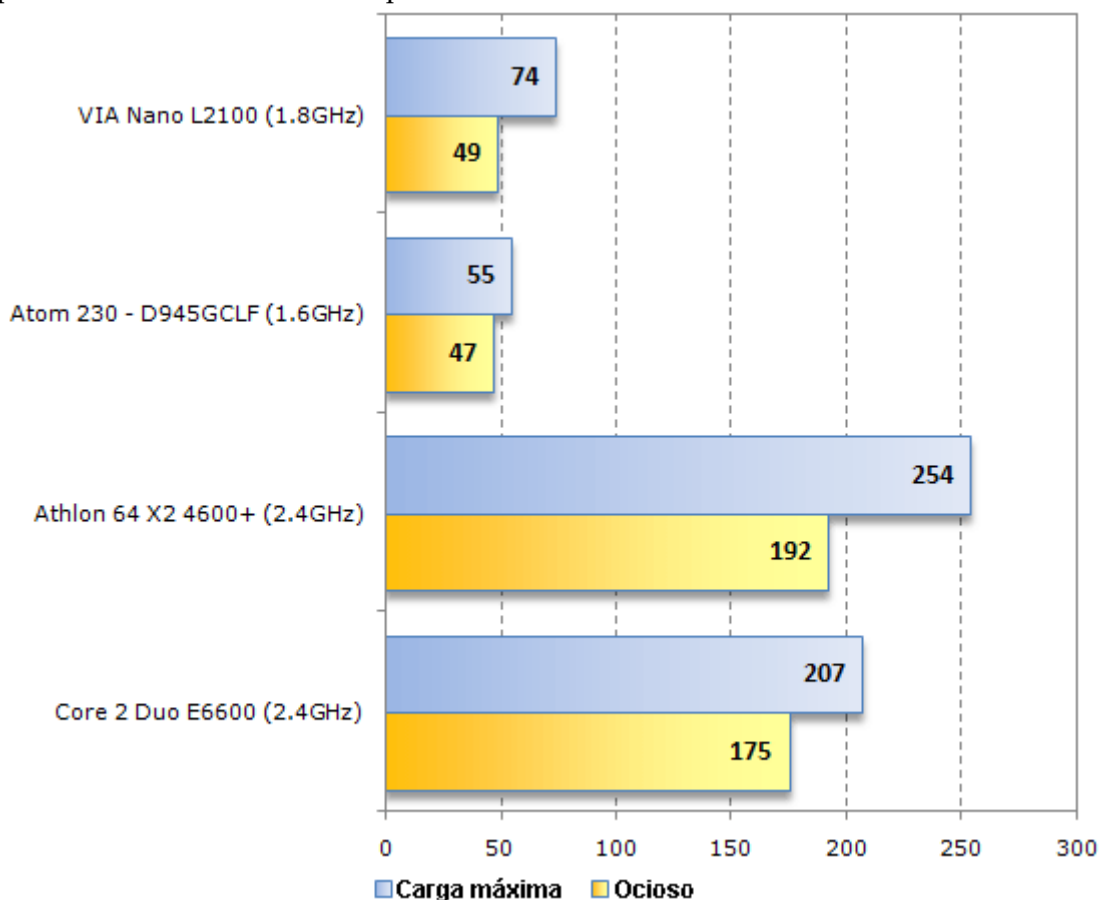


Figura 3.1 – Teste de desempenho com CrystalMark 2004R3.

3.1. Consumo de energia

As medições foram feitas em cima de todo o sistema, uma vez que não foi possível medir o consumo do processador sozinho.



Neste gráfico você pode observar o quanto econômico estes processadores são em relação aos demais para desktops. Em carga máxima o Atom é em torno de 35% mais econômico do que o Nano. Obviamente o menor processo de fabricação foi o fator que mais contribuiu para esta vantagem.

4. Referências

<http://www.intel.com/products/processor/atom/techdocs.htm>
<http://www.intel.com/cd/ids/developer/asm-na/eng/40809.htm>
<http://www.intel.com/portugues/technology/atom/index.htm>
<http://www.tomshardware.com/reviews/intel-atom-cpu,1947.html>
<http://www.guiadohardware.net/artigos/intel-atom/>
<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/1559>
<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/1143>
<http://www.clubedohardware.com.br/dicionario/termo/275>
<http://www.clubedohardware.com.br/dicionario/termo/274>
<http://www.blogplus.com.br/?p=574>
<http://www.rogeriofflima.com/?p=46>

Último acesso em todas as páginas visitadas: Junho/2009.