

IT-76

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Ciências

Departamento de Matemática e Informática

Trabalho de Licenciatura

Tema

Avaliação de Desempenho

em

Microcomputadores com processadores da Intel

Usando BenchMark Whetstone

Célio Gil Xavier Pereira

IT-76

IT-76

IT-76

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Ciências

Departamento de Matemática e Informática

Trabalho de Licenciatura

Tema

Avaliação de Desempenho

em

Microcomputadores com processadores da Intel

Usando BenchMark Whetstone

Autor : Célio Gil Xavier Pereira

Supervisor : dr. José Leopoldo Nhampossa

Maputo, Julho de 2003

B. MATEMÁTICA U. E. M.	
BIBLIOTECA	
N.º	9997
DATA	20-10-2004
ACQUISICAO	Aberta
COTA	IT-76

Dedicatória

Dedico este trabalho à memória do meu pai, à minha mãe, minha esposa, meus filhos e a toda minha família.



Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio de todos aqueles que acreditaram na minha formação. Na impossibilidade de agradecer a todos individualmente gostaria de endereçar o meu profundo agradecimento:

- ❖ À Deus;
- ❖ Ao Eng. José Leopoldo Nhampossa, meu supervisor pela sua grande atenção, simplicidade e rigor nos aspectos técnicos e pelas orientações que me transmitiu durante este trabalho;
- ❖ À toda minha família, com destaque para meu irmão Ventura e cunhada Aissa, pela compreensão e apoio que me prestaram;
- ❖ Ao dr. Victor Inácio pela sua disponibilidade e apoio prestado durante todo este processo;
- ❖ Aos colegas da Repartição de Informática da Direcção Nacional de Contabilidade Pública pelo apoio dispensado e
- ❖ À todos que directa ou indirectamente contribuíram para a minha formação no Curso de Licenciatura em Informática.

Declaração de Honra

Declaro por minha honra, que este trabalho é o resultado das minhas investigações e não foi submetido a nenhum outro grau que não seja o indicado:

Licenciatura em Informática pela Universidade Eduardo Mondlane

Célio Gil Xavier Pereira.

(Célio Gil Xavier Pereira)

Resumo

O microprocessador também conhecido como CPU é um chip cujas funções são de processamento e controle de instruções, estando localizado sobre a placa mãe do computador. Historicamente este chip sofreu transformações tecnológicas ao longo de anos, proporcionando aos computadores um aumento considerável em seu poder computacional e na sua flexibilidade de uso. Paralelamente à evolução das CPU, os computadores passaram a ser utilizados por um número cada vez maior de pessoas, pois a medida que as máquinas electrónicas de processamento de dados passaram a ter uma alta demanda o seu preço sofreu considerável redução, sendo essa uma tendência seguida até aos dias actuais. Desta maneira, os microprocessadores têm conduzido a evolução tecnológica da computação, pois assim que novos chip são lançados no mercado, são também lançados software e dispositivos mais poderosos, com o intuito de proporcionar maior rapidez, flexibilidade e confiabilidade na execução de tarefas.

O presente trabalho desenvolve matérias relativas a microprocessadores e seu desempenho, as aplicações computacionais científicas e de engenharia, relevância da área de actividade e de produtividade do utilizador.

Neste estudo foram analisados os microprocessadores da Intel Pentium III e Pentium IV, procurando identificar o de melhor desempenho no tocante as operações aritméticas. Para tal, foram estudados e analisados os principais programas de teste de desempenho e, com ajuda destes foram realizados vários testes de desempenho ao equipamento informático disponível na Direcção Nacional de Contabilidade Pública.

Tabela de Símbolos e Abreviaturas

Abreviatura	Significado
ALU	Unidade de Aritmética Lógica
AMD	Advanced Micro Devices
CPU	Unidade Central de Processamento
CISC	Complex Instruction Set Computer
DNCP	Direcção Nacional de Contabilidade Pública
FSB	Front Side Bus
GHz	Giga Hertz
Hw	Hardware
MMX	Multimedia Extensions
MPF	Ministério do Plano e Finanças
MHz	Mega Hertz
Mb	Mega bit
MsDos	Microsoft Disk Operative System
MFLOPS	Milhões de Operações de ponto flutuante
MIPS	Milhões de Instruções por Segundo
Kb	Kilo bit
OPMI	Oos Protected Mode Interface
PC	Computador Pessoal
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Ready Only Memory
RAM	Random Access Memory
SEC	Single Edge Contact
SEPP	Single Edge Processor Package
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
Sw	Software
SIMD	Single Instruction, Multiple Data

ÍNDICE

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Declaração de Honra	iii
Resumo	iv
Tabela de Símbolos e Abreviaturas	v
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	1
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	2
OBJECTIVOS	4
Objectivo Geral	4
Objectivos Específicos	4
CAPÍTULO II: MATERIAL E MÉTODOS	5
Material	5
Metodologia	5
CAPÍTULO III: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
Computador	6
Processador	7
Tipos de Arquitectura de Processadores	11
Arquitectura RISC	12
Arquitectura CISC	14
Comparação entre a Arquitectura RISC e CISC	14
Hierarquia e Evolução dos Processadores Pentium da Intel	16
Processador 8088	16
Processador 80286	16
Processador 80386	17
Processador 80486	17
Pentium (P54C)	17
Pentium PRO (P6)	18
Pentium MMX (P55C)	19
Pentium II (Chipset)	20
Celeron	21

Pentium III (Chipset)	21
Pentium IV	22
CAPÍTULO IV: DESEMPENHO DE PROCESSADORES	23
Ferramentas de Avaliação de Desempenho de Processadores	25
Tipos de BenchMark	26
Sintético	27
Kernel	27
Algoritmo	27
Aplicação	27
BenchMark Whetstone	27
Medidas do desempenho	28
CAPÍTULO V: RESULTADOS DA ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PROCESSADORES	32
CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	35
Conclusões	35
Recomendações	36
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFIA E ANEXOS	38
Bibliografia Referenciada	38
Bibliografia não Referenciada	39
Anexos	40
Anexo 1 : Glossário de Termos usados	40
Anexo 2 : Questionário	42
Anexo 3 : Lista de figuras	43
Anexo 4 : Levantamento do Hardware e Software da DNCP	44
Anexo 5 : Lista resumo de microcomputadores existentes na DNCP	46

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

A tecnologia dos microcomputadores desenvolveu-se muito rapidamente tanto em capacidade de armazenamento de informação como em velocidade de processamento, o que permitiu a construção de novos equipamentos com dimensões reduzidas.

Os verdadeiros motores dessa revolução silenciosa são os microprocessadores que têm evoluído muito em poder e complexidade, para fazer face às exigências das aplicações actuais. O que terá contribuído para o sucesso dessa revolução foi a concorrência imposta pelo mercado na produção de microprocessadores por diferentes fabricantes como a Motorola, a Zilog, a Amd, a Cyrix, a Intel entre outros [Sampaio, 1999].

Neste trabalho pretende-se especificamente estudar e avaliar o desempenho de microcomputadores com processadores da Intel pertencentes à Direcção Nacional de Contabilidade Pública (DNCP). Para tal foram feitos vários testes de desempenho de processadores usando uma ferramenta específica que é o *BenchMark Whetstone*.

Estruturalmente o relatório do Trabalho de Licenciatura (TL) é apresentado em 7 capítulos, cuja descrição se segue.

Capítulo I

Neste capítulo, é feita uma introdução do relatório do trabalho, descrevendo, de forma concisa, o problema e os objectivos do trabalho.

Capítulo II

Os métodos e o material usado para a elaboração deste trabalho são descritos neste capítulo.

Capítulo III

Todos os fundamentos teóricos referenciados neste trabalho em relação aos microcomputadores, arquitectura e evolução dos processadores são tratados neste capítulo.

Capítulo IV

Neste capítulo apresenta-se uma ideia geral de como fazer uma análise de desempenho de processadores. Também é neste capítulo onde são referenciadas as várias ferramentas de avaliação de desempenho de processadores.

Capítulo V

Os resultados das análises de desempenho de processadores feitas com ajuda da ferramenta escolhida para o efeito, são apresentados neste capítulo.

Capítulo VI

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e algumas recomendações que poderão ser seguidas pelas entidades interessadas.

Capítulo VII

Este capítulo dedica-se essencialmente a listagem da bibliografia utilizada para a elaboração do trabalho de pesquisa e dos anexos constantes deste trabalho.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A DNCP é um órgão central do Ministério do Plano e Finanças (MPF), criado em 1997 pelo Diploma Ministerial de nº 2/97. Ela é responsável pela realização e superintendência de funções de contabilidade e fiscalização da administração orçamental, no que respeita ao acompanhamento e controle da execução orçamental do estado, elaboração das contas mensais, trimestrais e anuais de despesa liquidada e paga pelos vários sectores do estado e a elaboração da Conta Geral do Estado. Na sua estrutura orgânica a DNCP está dividida em Direcções nacionais, Departamentos, Repartições, Secções e Secretaria.

A Repartição de Informática é um sector da DNCP e tem como função estabelecer e desenvolver um sistema de Base de dados integrado, garantir a uniformização do software e de todo o equipamento informatizado, bem como a sua manutenção.

Sendo a DNCP a Direcção Nacional do Ministério do Plano e Finanças (MPF) que elabora as contas mensais, trimestrais e anuais de todas as despesas pagas e liquidadas pelo Estado, bem como cadastrar e fazer o pagamento de todos os pensionistas militares e civis existentes no país, é uma instituição que, à partida, manuseia grande volume de informação e, para isso, necessita de equipamentos e software com capacidade para corresponder com tais exigências.

Actualmente, os meios computacionais em uso nesta Direcção têm sido adquiridos através de fundos do estado e ou de fundos de projectos que ali operam sem recurso a um instrumento institucionalizado de critérios que possa informar e auxiliar a decisão na selecção do equipamento. Isto acontece porque a instituição não dispõe de tal norma ou mecanismo. Por outro lado, não é política da maioria das empresas fornecedoras dos equipamentos informáticos a posse e utilização de ferramentas específicas para ajudar aos seus consumidores a decidirem sobre que equipamento devem adquirir de acordo com a sua área de actividade e necessidades computacionais.

Esta situação ditou a motivação para a elaboração do presente trabalho de licenciatura.

OBJECTIVOS

Objectivo Geral

Para este trabalho elaborou-se o seguinte objectivo geral:

Desenvolver um instrumento institucional de referência para a decisão na aquisição de microcomputadores com processadores da Intel.

Objectivos Específicos

Os objectivos específicos que ditaram este trabalho foram:

- ❖ Fazer um estudo exaustivo relativo ao surgimento e evolução dos processadores da Intel;
- ❖ Analisar a correlação entre alguns processadores seleccionados da Intel;
- ❖ Determinar a performance dos processadores seleccionados usando *BenchMark Whetstone*;
- ❖ Propor uma norma para o Ministério do Plano e Finanças adoptar na aquisição de Microcomputadores com processadores da Intel.

CAPÍTULO II: MATERIAL E MÉTODOS

Material

Na elaboração deste trabalho foi usado o processador de texto *Word 2000* e, para a construção dos gráficos, foi usada a folha de cálculo *Excel 2000*, instalados num computador de marca *HP* com uma impressora *LaserJet 1200 series*.

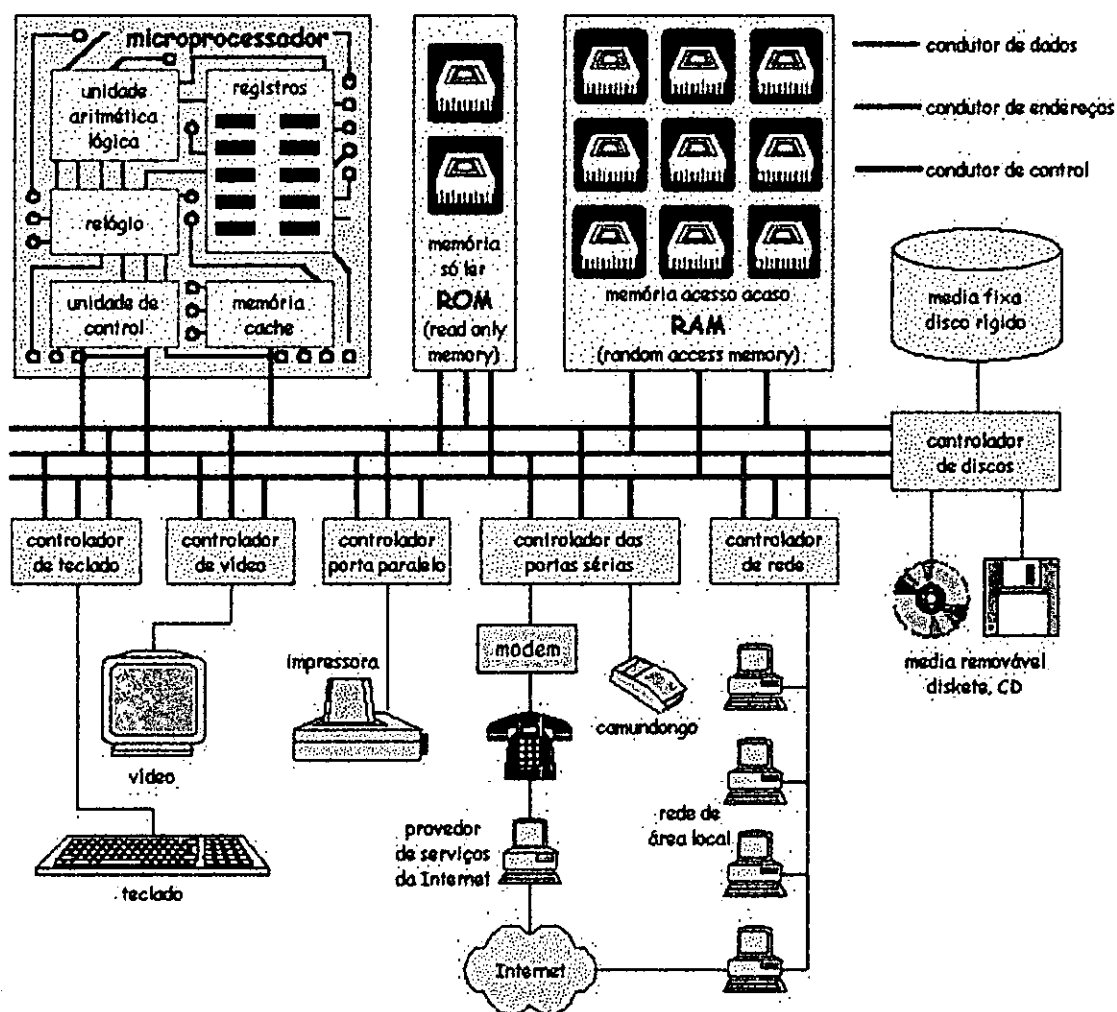
Para a realização dos testes de performance, foi utilizado o software *BenchMark Whetstone* com ajuda do qual se obteve dados para formular as conclusões.

Metodologia

Na tentativa de familiarização, descrição do domínio do tema e consolidação do material relevante para a realização da pesquisa, recorreu-se a consulta bibliográfica. Neste âmbito verificou-se que a nível do mercado nacional há escassez da literatura específica.

Para confrontar o material consultado no âmbito da revisão bibliográfica com a realidade institucional, recorreu-se a consulta da documentação disponível na DNCP. O acesso a documentação institucional foi facilitado pelo facto de o investigador prestar serviços na área de pesquisa.

Recorreu-se também ao uso da técnica de entrevista semi-estruturadas para explorar a opinião dos usuários de equipamento informático a nível da DNCP, como consumidores públicos. Paralelamente foram feitas entrevistas a nível do sector privado, que representa os fornecedores de equipamento informático. No total foram realizadas 30 entrevistas. Por outro lado foram administrados 21 questionários a nível de gestores e técnicos das empresas fornecedoras de microcomputador. Com a ajuda de um programa específico denominado *BenchMark*, seguiu-se a etapa de realização dos testes de desempenho dos processadores da Intel identificados na DNCP. Entre eles se destacam os Pentium III e Pentium IV.



Figural: Esquema de Arquitectura de um Computador
(Fonte: Hardware para Profissionais)

Neste trabalho o objecto do estudo dentro do computador é o processador.

Processador

O processador é um dos principais componentes responsáveis pelo desempenho de um microcomputador. É ele que faz o processamento da informação, que determina qual é a capacidade de processamento de todo o sistema e com que velocidade a informação deve ser processada; Por isso, a velocidade com que o computador executa as aplicações, o tipo e a quantidade de trabalho dependem dele.

Um processador é um *chip* que contém um componente chamado Unidade Central de Processamento (CPU). Ele é o responsável por buscar e executar instruções existentes na memória. Essas instruções são o que se chama de "linguagem de máquina". São comandos muito simples, como operações aritméticas e lógicas, leituras, gravações, comparações e movimentações de dados. Essas instruções simples, quando agrupadas, formam o chamado *programa* [Vasconcelos, 2001].

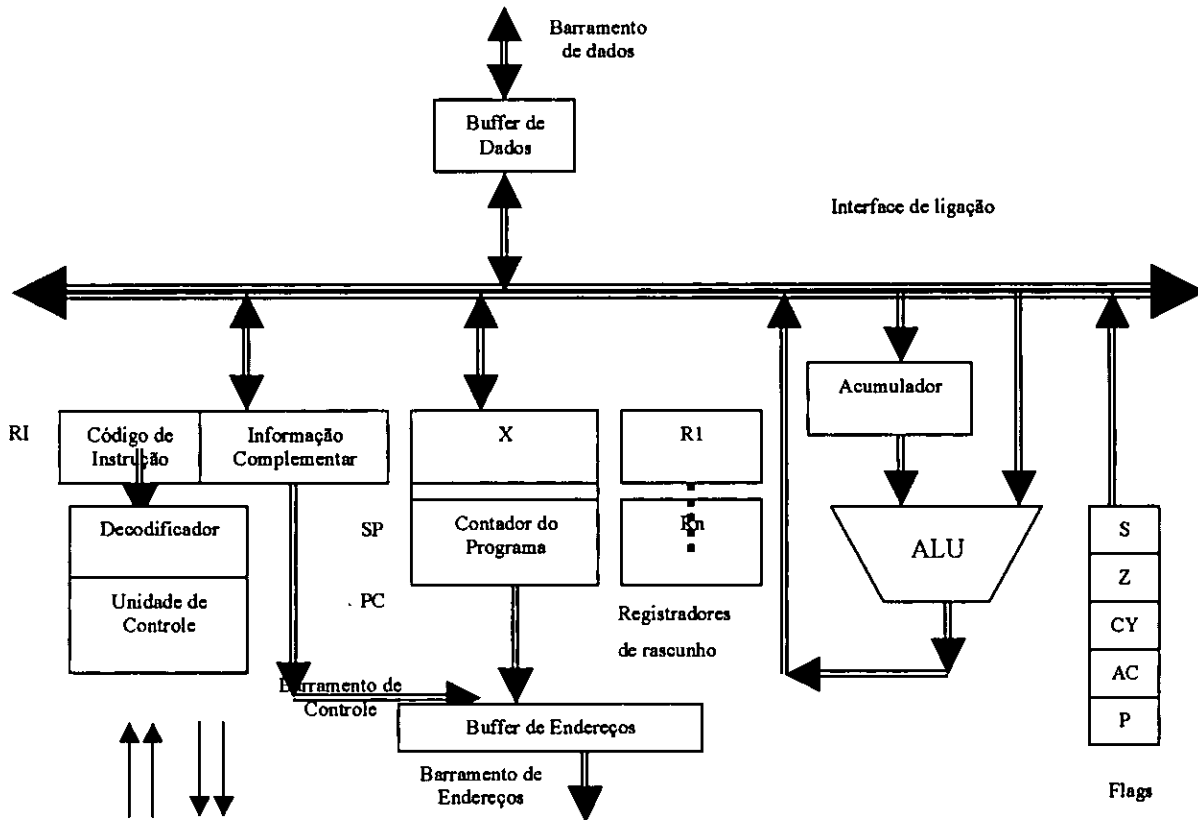


Figura 2: Esquema de Arquitectura de um processador
(Fonte : Manual de Processadores)

Quando um sistema microprocessado deseja comunicar-se com outro sistema também microprocessado é necessário a existência de um formato padrão para os barramentos. Os barramentos do microprocessador são "caminhos" por onde a informação circula e podem ser internos, quando estão situados dentro do microprocessador, ou externos, quando é por onde o CPU recebe e envia a informação para a memória secundária.

Os barramentos possuem um determinado número de linhas ou "caminhos". Quanto maior for o número de linhas, mais rápida é a transmissão de informação entre o microprocessador e o exterior. Dentro dos microprocessadores existem vários componentes que estão interligados e que comunicam entre si. Essa comunicação é efectuada através de barramento. Existem três tipos de barramentos: Barramento de dados, de controle e de endereços [Gouveia,1999]:

O barramento de endereços serve para que o microprocessador especifique qual é a posição de memória a ser acessada, ou qual é o dispositivo de entrada e saída a ser activado. O barramento de endereços é unidirecional, ou seja, os bits "saem" do microprocessador para outro dispositivo a se comunicar. Este barramento permite também identificar qual é o componente a se comunicar e a sua localização exacta dentro do mesmo, de forma a que o microprocessador possa comunicar com ele e enviar os respectivos dados. O microprocessador ao enviar pelo barramento o endereço do dispositivo, deverá ser decodificado e interpretado pelo destinatário por um dispositivo decodificador que lhe permite identificar o endereço e saber qual é a localização no seu interior. Este barramento possui a comunicação unilateral.

O barramento de dados é utilizado depois do barramento de endereços, o que significa que depois do microprocessador identificar a localização do dispositivo do sistema que deseja, envia a informação através desse barramento. Esse barramento possui a comunicação bilateral, ao contrário do barramento de endereços e esta característica faz com que ele envie informação e receba dados dos componentes.

O barramento de controle serve para definir se a operação a ser realizada é uma leitura ou uma gravação, e se se deve actuar sobre a memória ou sobre um dispositivo de E/S.

As operações são representadas por:

- MIO: Este sinal indica se a operação diz respeito à memória ou a E/S;
- RW: Este sinal indica se a operação é uma leitura ou uma gravação.

Através desses dois sinais de MIO e RW, podem ser definidas 4 operações básicas [Meirelles, 1994]:

- Leitura da memória;
- Escrita na memória;
- Leitura de E/S (Ex: do teclado);
- Escrita em E/S (Ex: no vídeo).

O barramento de controle também tem como função sincronizar o microprocessador com os restantes componentes, pois como estes são mais lentos que o microprocessador, haverá estados de espera que necessitarão de controlo e, caso tal sincronização não aconteça, toda a comunicação interna do sistema será efectuada de uma forma desorganizada. O barramento influencia no desempenho dos processadores.

Todos os microprocessadores da Intel usados nos PCs são descendentes do 8086, o primeiro microprocessador de 16 bits lançado pela Intel, no final dos anos 70. Antes deles reinavam os microprocessadores de 8 bits, entre os quais podemos citar o 8080, o 8085, o Z80, o 6502, o 6800 e o 6809 [Sampaio, 1999].

A Intel tem, entre outras categorias os seguintes processadores [Brey, 2000]:

- Processadores para Desktop;
- Processadores para Notebook;
- Processadores para Servidores;
- Processadores para Workstation;
- Processadores para Rede e
- Processadores Embebidos.

No âmbito desta investigação e dentro do objectivo deste trabalho vou limitar-me aos processadores para Desktop.

É de referir ainda que a velocidade de um processador é medida em MHz ou GHz. Essas duas grandezas têm o seguinte significado:

1 MHz = 1 milhão de ciclos por segundo

1 GHz = 1000 MHz = 1 bilhão de ciclos por segundo

O ciclo é a unidade mínima de tempo usada nas operações internas do processador. Quanto maior for o número de MHz, maior será o número de operações realizadas por segundo, ou seja mais veloz será o processador. Os primeiros processadores usados nos PCs não necessitavam de memória cache. A memória cache é uma pequena quantidade de memória veloz que serve para acelerar o desempenho de uma grande quantidade de memória.

Tipos de Arquitectura de Processadores

O computador bem como qualquer sistema deverá possuir uma arquitectura que lhe permita encontrar um compromisso aceitável entre o hardware e software. A concepção de arquitecturas cada vez mais rápidas obriga a ter em consideração a contribuição dos vários componentes relevantes, cujo ritmo de crescimento de desempenho não tem sido uniforme, nem se reflecte igualmente no desempenho global. Os aspectos como o desempenho dos processadores, o número de processadores, o tempo de acesso e a quantidade da memória interna e externa e os débitos binários nas interligações, terão de ser considerados para perspectivar as evoluções mais significativas no domínio da organização e arquitectura de processadores [Sobral, 2002].

Todos os processadores possuem internamente um conjunto de instruções em código de máquina. Existem dois tipos de tecnologia no fabrico de processadores: CISC e RISC.

Arquitetura RISC

Os processadores com a arquitetura RISC possuem um conjunto reduzido de instruções de computadores que é uma metodologia oposta a dos processadores da arquitetura CISC. Na RISC os processadores são capazes de executar apenas algumas instruções simples, tomando o seu custo elevado. Os primeiros processadores RISC projectados tinham um grande problema que era a produção de software que pudesse rodar nestas máquinas. Era necessário que o programador tivesse conhecimentos profundos sobre o processador que ele ia desenvolver, pois ele tinha que escrever programas em linguagem de máquina pura.

A adição de novos microcódigos acabou tornando o processador mais lento e, aí, projectou-se um modo de aumentar a sua velocidade para compensar a lentidão daí resultante. Um outro modo de solucionar esses problemas era a criação de software que pudessem substituir esses microcódigos. Mas, para que isso fosse colocado em prática era necessário a redução da diferença de velocidade entre a memória principal e a CPU, o que tomava essa segunda opção inutilizável. Em exames feitos em programas que rodam em processadores CISC, foi descoberto que 85 % do programa consiste em apenas três instruções: assinalamentos, comandos *if* e chamadas de procedimentos. Conclui-se, então, que é desnecessário a adição de microprogramas que, quase ou nunca são utilizados [Gouveia, 1999].

Com o tempo, houve um aumento significativo da velocidade das memórias, possibilitando, assim, a utilização de software em substituição dos microprogramas. Antes da invenção dos microprogramas, todos os processadores eram do tipo RISC, com instruções simples executadas directamente no hardware. Depois que a microprogramação tomou conta, os computadores se tornaram mais complexos e menos eficientes [Gouveia, 1999].

A descoberta crítica que tomou as máquinas RISC viáveis foi, o que é bastante interessante, um avanço de software, e não de hardware. Foi também o aprimoramento da tecnologia de optimização de compilação que tornou possível gerar microcódigos, pelo menos tão bom quanto, se não for melhor, que o microcódigo manuscrito.

Eis a descrição dos Princípios técnicos dos processadores RISC:

A projecção de um microcomputador com processador RISC tem cinco passos básicos [Barretto, 2000]:

- Analisar as aplicações para encontrar as operações-chave;
- Projectar uma via de dados que seja óptima para as operações-chave;
- Projectar instruções que executem as operações-chave utilizando a via de dados;
- Adicionar novas instruções somente se elas não diminuïrem a velocidade da máquina;
- Repetir este processo para outros recursos.

O “*coração*” de qualquer computador é a sua via de dados, que contém os registradores, a ALU e os barramentos que os conectam. Este circuito deve ser otimizado para a linguagem ou aplicações em questão. O tempo requerido para buscar os operandos a partir de seus registradores, executá-los através da ALU e armazenar o resultado de volta em um registrador, é chamado de tempo de ciclo da via de dados, o qual deve ser o mais curto possível. Sempre que se resolve adicionar uma nova instrução ao processador, esta deve ser examinada sob os seguintes pontos [Barretto, 2000]:

- Como ela afecta o tempo de ciclo da via de dados ?
- Caso aumente o tempo de ciclo, provavelmente não vale a pena tê-la.

Finalmente, o mesmo processo deve ser repetido para todos os outros recursos dentro da CPU, tais como a memória cache, o gerenciamento de memória, os co-processadores de ponto flutuante, e assim por diante.

Uma das vantagens da arquitectura RISC reside no facto das suas instruções não necessitarem de qualquer descodificação para serem aplicadas. Descodificação significa que o seu código pode ser perceptível em qualquer outra arquitectura. Mas, como tudo na vida tem problemas, os processadores RISC também têm as suas desvantagens. Na execução de uma multiplicação em processadores RISC é necessário sintetizar uma série de formas, dependendo dos operandos. Outra desvantagem é que, sem ajuda de hardware especial, as

máquinas RISC não são boas para cálculos em ponto flutuante e também os custos dos processadores RISC são elevados em relação às das outras arquitecturas.

Arquitectura CISC

Os processadores CISC possuem um conjunto de instruções de computadores capazes de executar várias tarefas/instruções complexas. Ao invés dos processadores RISC, os projectistas de hardware desenvolveram uma nova técnica, chamada microprogramação (instruções). Microprogramação nada mais é do que criar novas funções que são adicionadas directamente no hardware facilitando, assim, o trabalho do programador. Novas instruções foram criadas, por exemplo, para tratar de comandos *case* e multiplicações. Conforme eram percebidos novas necessidades, os projectistas criavam novas instruções e as adicionavam ao processador. Foi-se, então, sobrecarregando o processador com inúmeras instruções, tornando-o complexo, surgindo, deste modo, o termo CISC. Estas instruções são decodificadas através do microcódigo para poderem ser aplicadas pelo processador. Esta é a arquitectura em que se baseia a maioria dos processadores existentes no Mercado e aqui as instruções são gravadas em memórias ROM e são inseridas dentro do encapsulamento do processador.

Comparação entre a Arquitectura RISC e CISC

Os computadores com a arquitectura RISC podem diferir de suas concorrente CISC de oito formas críticas, como listado na tabela abaixo demonstrada.

	RISC	CISC
1	Instruções simples levando 1 ciclo	Instruções complexas levam múltiplos ciclos
2	Apenas LOADs/STOREs referenciam a memória	Qualquer Instrução pode referenciar a memória
3	Possue muitos <i>pipeline</i>	Não tem <i>pipeline</i> , ou tem pouco
4	Instruções executadas pelo hardware	Instruções executadas pelo microprograma
5	Instruções com formato fixo	Instruções de vários formatos

6	Poucas instruções e modos	Muitas instruções e modos
7	A complexidade está no compilador	A complexidade está no microprograma
8	Múltiplos conjuntos de registradores	Conjunto único de registradores

Tabela1: Tabela de Comparação entre processadores Risc e Cisc

Em certo sentido, o nome *Reduced Instruction Set Computer* não é um bom nome, pois enquanto é verdade que a maioria das máquinas RISC têm relativamente poucas instruções, a característica única mais importante que as distingue das máquinas CISC é que as instruções RISC são completadas num único ciclo da via de dados, i.e., as instruções não precisam de percorrer mais do que um barramento para serem interpretados. Uma consequência do princípio de que toda a instrução RISC deve gastar um ciclo é que qualquer operação que não possa ser completada em um ciclo não pode ser incluída no conjunto de instruções. Assim, muitas máquinas RISC não possuem instruções para multiplicação ou divisão.

Na prática, a maioria das multiplicações são formadas por pequenas constantes conhecidas em tempo de compilação, de modo que elas podem ser simuladas por sequências de somas e deslocamentos. As instruções de ponto flutuante são executadas por um co-processador. Os processadores da família Intel são da arquitectura CISC, por isso elas levam mais tempo a executar uma instrução em relação aos processadores da outra família (p.e. da Cyris). Sendo assim, os processadores da Intel não são aconselhados para serem acoplados em computadores que funcionam como servidores de redes de computadores ou de base de dados .

Hierarquia e Evolução dos Processadores Pentium da Intel

Processador 8088

Este é um processador de 16 bits que trabalha com barramento de 8 bits. Na altura em que este processador foi lançado (1978), tal escolha foi feita com o intuito de tornar o equipamento o mais barato possível de modo a competir com os computadores de 8 bits dominantes nessa época.

Antes, os processadores acessavam até 1MB de RAM e funcionavam a um clock de 4,77 MHz. Com o aparecimento dos processadores 8088, vários processadores passaram a ter uma segmentação de endereços que permitiu aumentar a quantidade de memória RAM suportada pelo processador, passando a acessar 64 Kb de RAM (2¹⁶ = 65536 bytes), o que não era suficiente para carregar o sistema operativo MS-DOS. Assim foram criados mais 4 bits de endereçamento que permitem o acesso a mais 16 blocos de memória, logo, a capacidade de endereçamento passou a ser de 1 MB.

Processador 80286

Lançado em 1982 e trabalhando com 16 bits como tamanho das palavras binárias, este processador trouxe grandes avanços em relação ao 8088, onde se destacam seus modos de operação: modo real e modo protegido.

No modo real, o 80286 trabalha como um 8086 (porém, mais rápido). No modo protegido, incorporou funções avançadas, como a capacidade de acessar até 16 MB de memória RAM (24 bits de endereçamento), multitarefa, a memória virtual em disco e protecção de memória. O grande problema deste processador é que, no modo protegido, não havia como reconhecer os comandos do modo real, inclusive os comandos no DOS, ou seja, havia incompatibilidade. Não possuía instrução inclusive para retornar ao modo real, sendo necessário reiniciar o computador. O processador 80286 roda o Windows 3.0, porém, em modo padrão, sem memória virtual e sem a função de multitarefa.

Em termos de velocidade, o 80286 funcionava à 6 MHz, e depois passou para 8 MHz e comparando com o 8088, o 80286 é quase 4 vezes mais rápido.

Processador 80386

Lançado em Outubro de 1985 pela Compaq, o 80386 trouxe vários recursos novos, tais como o funcionamento com palavras de 32 bits e o acesso até 4 GB de memória, mesmo sem a segmentação de endereços que os processadores 8088 e 80286 possuíam.

Este processador também usava os 2 modos de operação: O modo real e protegido, só que conseguia retornar ao modo protegido sem a necessidade de reinicialização do sistema operativo. Tal operação é conseguida graças a inclusão do programa OPMI (*OOS Protected Mode Interface*). Este esquema de chaveamento foi utilizado no Windows 3.x que possuía rotinas que dispensavam os programas OPMI. Um processador 80386 é um requisito mínimo para a utilização de um sistema operativo moderno, pois nele se pode rodar o sistema operativo Windows 95, embora com pouca velocidade devido ao processador.

Processador 80486

O processador 80486 foi o primeiro processador da família Pentium, lançado pela Intel para aplicações mais “pesadas”, sendo possível encontrá-lo nos PCs no ano de 1991. Com uma versão inicial que operava com um clock de 25 MHz, a Intel criou o 80486 (ou também chamado 486) que, na realidade, supera muito o desempenho de um 80386DX-25 em duas vezes. Mas para que esse desempenho fosse justificado, o processador foi incorporado com circuitos em seu interior como:

- Co-processador matemático;
- Memória cache interna de 8 KB.

Estando integrados directamente dentro do microprocessador, esses componentes fizeram com que o desempenho geral do PC subisse muito, na medida em que um circuito externo é mais lento, pois os dados demoram a ir e vir na placa de circuito impresso.

Pentium (P54C)

Também chamado de Pentium Classic, o Pentium é o primeiro microprocessador considerado de 5ª geração. Fabricado pela Intel, o Pentium foi lançado em 1993, nas versões

de 60 e 66 MHz. Os microprocessadores Pentium contêm mais de três milhões de transistores e já incluem co-processador matemático e memória cache. Operavam com 5 volts e apresentavam muito aquecimento, mas com melhorias no projecto e a Intel permitiu a sua operação com 3,5 volts, resultando num aquecimento bem menor. Novas versões foram lançadas como a de 75, 90, 100, 120, 133, 155, 166 e 200 MHz.

O Pentium é um microprocessador de 32 bits, mas com várias características de 64 bits. Por exemplo, o seu barramento de dados que dá acesso à memória é feito a 64 bits por vez, o que significa uma maior velocidade e transporta, simultaneamente, dois dados de 32 bits, ao invés do 486 que era de 32 bits por vez. A conexão utilizada pelo processador é chamada por soquete 7. A outra diferença do Pentium em relação ao 80486 é [Alexandre, 2002]:

- Previsão de desvio dinâmico ou execução especulativa: É um *buffer* de pré-extracção onde todas as possíveis saídas a uma pergunta ficam armazenadas; Com isso, não há perda de tempo no acesso à próxima instrução.
- Arquitectura superescalar: Este é um dos motivos de seu melhor desempenho em relação ao 80486. O Pentium possui dois processadores internos de 32 bits, denominados canaletas U e V, e foi adicionado também uma unidade de controle para comandar estes processadores.
- Acesso mais rápido à memória: Utiliza palavras de 64 bits para acessá-la, e isto é conseguido por meio de pentes de memória de 72 vias em pares, já que cada pente permite o acesso aos dados usando palavras de 32 bits; Acessando os pentes ao mesmo tempo, teremos os 64 bits necessários.
- Multiprocessamento: Destinado ao mercado de *workstations* e servidores; Este processador permite o recurso de multiprocessamento (2 ou mais processadores). Para isto é necessário a aquisição de uma placa mãe especial e o sistema operacional deve reconhecer os processadores.

Pentium PRO (P6)

O Pentium Pró foi criado para ser o sucessor do Pentium, sendo considerado como o da sexta geração. Inicialmente foi lançado nas versões 150, 180 e 200 MHz. Opera com 32 bits

e utiliza memória de 64 bits, da mesma forma como ocorre com o Pentium. O projecto foi optimizado para realizar o processamento de 32 bits, sendo, neste tipo de aplicação mais rápido que o Pentium comum, só que ao realizar o processamento de 16 bits perde para o Pentium comum.

O Pentium Pro possui uma memória cache secundária dentro do próprio processador. Com isso, aumenta-se o desempenho do processador, ou seja, a frequência de operação interna do processador usada será a mesma.

A arquitectura do Pentium Pro é superescalar em tripla canalização; é capaz de executar (3) três instruções simultaneamente. O núcleo do Pentium Pro é RISC, só que para ele ser compatível com programas existentes, foi adicionado um decodificador CISC na sua entrada. Dessa forma, ele aceita o programa CISC, porém, os processa em seu núcleo RISC. O Processador do Pentium Pro pode ser utilizado em placas-mãe com dois ou quatro processadores. Para o seu melhor desempenho são usados quantidades elevadas de memória, fazendo com que o seu uso seja direccionado para servidores, ao invés de computadores domésticos ou de escritórios. A conexão utilizada pelo processador é chamada por soquete 8. Esse soquete é bem maior que o soquete 7 utilizado no Pentium Clássico (Pentium Comum).

Pentium MMX (P55C)

Visando aumentar o desempenho de programas que fazem o processamento de gráficos, imagens e sons, a Intel adicionou ao microprocessador Pentium 57 novas instruções específicas para a execução rápida deste tipo de processamento, elas são chamadas de instruções MMX (Multimedia Extensions) [Vasconcelos, 1999]. Uma única instrução MMX realiza o processamento equivalente ao de várias instruções comuns. Essas instruções realizam cálculos que aparecem nos processamentos de sons e imagens.

As instruções MMX não aumentam a velocidade de execução dos programas, mas possibilitam que os fabricante de software criem novos programas, aproveitando este recurso para que o processamento de áudio e vídeo fique mais rápido. Segundo testes, o ganho de velocidade nessas operações pode chegar a 400% [Vasconcelos, 1999].

O Pentium MMX possui uma memória cache interna de 32 KB e trabalha com níveis duplos de voltagem: externamente a 3,3 volts e o núcleo do processador a 2,8 volts. A conexão é feita através do Soquete 7, ou seja, possui o mesmo conjunto de sinais digitais que o Pentium comum. A frequência de operação na *FSB* (Front Side Bus) é até 66 MHz.

Pentium II (Chipset)

Sucessor do Pentium MMX, com velocidades de 300, 333, 350, 400 MHz, possui *FSB* de 100 MHz e é encapsulado em um envólucro (cartucho) que engloba o processador e a cache externa ou secundária (L2). Este envólucro metálico facilita a dissipação do calor. A memória cache primária (L1) continua sendo de 32 KB igual ao do Pentium MMX, sendo que a cache secundária (L2) se encontra no próprio cartucho, ao lado do processador.

O Pentium II facilita a realização de multiprocessamento. A sua conexão na placa-mãe é feita através do seu conector próprio, chamado de slot 1. O processador Pentium II incorpora a tecnologia MMX da Intel, o maior avanço da arquitectura Intel nos últimos 10 anos. A tecnologia MMX melhora a compressão/descompressão de vídeo, manipulação de imagens, encriptografia e processamento de Entrada e Saída, os quais são usados em uma variedade de pacotes de programas para escritórios e para a mídia empresarial avançada actual, recursos para comunicações e Internet.

A técnica de "Instrução única, dados múltiplos" (SIMD - Single Instruction, Multiple Data), os aplicativos de comunicações e multimídia actuais frequentemente usam *loops* repetitivos que, embora ocupem apenas 10% ou menos do código geral do aplicativo, são responsáveis por cerca de 90% do tempo de execução.

Um processo chamado "Instrução única, dados múltiplos" (SIMD) faz com que uma só instrução execute a mesma função em múltiplas partes dos dados de forma semelhante a um treinador que dá instruções a uma turma inteira, de modo geral, sem dirigir-se a cada indivíduo de cada vez. A técnica SIMD permite ao chip reduzir os *loops* de computação

intensiva comuns a vídeo, áudio, gráficos e animações. A Intel acrescentou novas e poderosas instruções especificamente criadas para manipular e processar, com mais eficiência, vídeo, áudio e dados gráficos. Essas instruções são dirigidas às sequências repetitivas e altamente paralelas, encontradas nas operações de multimídia.

Podemos afirmar que, por um lado a tecnologia MMX do processador Pentium II é binária, e compatível com a usada no processador Pentium com tecnologia MMX da Intel e por outro lado é também combinada sinergeticamente com a arquitectura de núcleo avançado do processador Pentium II [Vasconcelos, 2001]. As instruções poderosas na Tecnologia MMX aproveitam, ao máximo, as técnicas eficazes de processamento de Execução Dinâmica, proporcionando o que há de melhor em recursos de comunicações.

Celeron

A Intel lançou em Abril/98 uma versão especial do Pentium II, chamada Celeron. Este processador pode ser instalado nas mesmas placas de CPU projectadas para o Pentium II. Nas suas primeiras versões, operava com clock interno de 233 MHz e FSB de 66 MHz e possuía metade de memória cache de nível 2. Com isso o processador tinha o preço baixo em relação aos concorrentes. O encapsulamento usado em todos os processadores Celeron e do tipo SEPP (*Single Edge Processor Package*) é um novo mecanismo para a dissipação do calor, similar ao SEC (*Single Edge Contact*) todavia não tráz o invólucro (cartucho). A sua conexão é feita através do soquete 7.

Actualmente encontramos o microprocessador Celeron à 800 e 1 GHz dotado de 128 KB de memória cache, nível 2. O Celeron pode ser considerado um Pentium II Light. O chipset (conjunto de chips que complementam o processador) criado para ele, é uma versão simplificada dos modelos Pentium II. A sua principal limitação está na capacidade para expansão.

Pentium III (Chipset)

Projectado para a Internet, o processador Pentium III vem com clock de 1 GHz e 1,2 GHz e com 70 novas instruções que habilitam aplicativos de processamento avançados de imagens,

3D, áudio e vídeo e reconhecimento de voz. O seu *FSB* é de 100 MHz, com memória cache secundária de 512 KB.

Pentium IV

O Pentium IV é, á partida um computador robusto vocacionado para aplicações multimédia, quer a nível particular como profissional. Esta tecnologia possui uma arquitectura de 32 bits devido essencialmente a arquitectura *NetBursts* que se distingue por possuir uma memória mais estruturada e interventiva, sistema de comunicação e operações aritméticas vocacionados a otimizar aplicações multimédia em detrimento das restantes. Este processador incorpora uma tecnologia *hyperpling* que facilita o desenvolvimento ao nível de velocidade e processamento. Possui uma extensão de cache de nível 1 destinada a instruções que eliminam a latência do canal do descodificador e possui também cache de nível 2 destinada a servir de ligação entre os dispositivos e a memória. As unidades de aritméticas lógicas executam o dobro da frequência e apresentam uma largura de banda que permite aumentar o desempenho em operações entre inteiros.

O Pentium IV apresenta um clock de 2 GHz e uma frequência acima de 130 Mb e ainda um barramento do sistema de 400 MHz com o triplo da largura de banda da geração anterior.

CAPÍTULO IV: DESEMPENHO DE PROCESSADORES

Em sistemas que funcionam com o auxílio de computadores, a avaliação do desempenho dos processadores irá proporcionar ao comprador/vendedor uma ideia de qual é o equipamento informático que será útil para certas actividades das empresas ou individualidades. O desempenho é um *item* importante e essencial na escolha de um equipamento. O desempenho obtem-se através da medida do tempo de execução que um computador gasta numa determinada aplicação. Os principais parâmetros para avaliar o desempenho são: o tempo de execução e a aplicação ou a carga computacional a executar [Alexandre, 2002].

A medição de desempenho pretende quantificar a quantidade de trabalho que um computador consegue realizar por unidade de tempo. Assim, é possível comparar o desempenho de vários computadores e seleccionar a mais adequada para uma determinada função. O conceito desempenho está estritamente ligado ao conceito da performance, pois ambos significam boa execução de uma determinada tarefa num espaço de tempo reduzido. Quando se afirma que um computador tem melhor performance que o outro deve-se entender, em primeiro lugar, para que fins se pretende utilizar o mesmo termo. Por exemplo, quando se está a executar um programa em dois computadores diferentes, dir-se-ia que o mais rápido seria aquele que completa primeiro a execução do programa. Mas se estiver em um terminal de uma rede de computadores ou num centro de informática com dois servidores a executarem os processos de diversos utilizadores, dir-se-á que o mais rápido será aquele que completa o maior número de tarefas durante o dia ou jornada de trabalho.

Com esta observação surgem dois conceitos do desempenho [Alexandre, 2002]:

- Tempo de execução- Que é o tempo decorrido entre o início e o fim de uma determinada tarefa, também chamado de tempo de resposta.
- *Throughput* – É o número total de processos/tarefas realizados por unidade de tempo.

Num ambiente de processamento de informação, sempre que estiver ao nível de utilizadores, desejamos reduzir, no máximo, o tempo de execução e mais ainda, quando estivermos como administradores de sistemas de informação, desejamos aumentar o *throughput*.

O conceito mais utilizado para definir a performance num ambiente de processamento da informação é o de "tempo de execução". Desta forma, para maximizar a performance, ter-se-á de minimizar o tempo de execução, que pode ser defenida da seguinte forma [Alexandre, 2002]:

$$\text{Performance de X} = \frac{1}{\text{Tempo de Execucao de X}}$$

"Relação entre Performance e o Tempo de Execução de CPU "

Como se pode observar, a diminuição do tempo de execução aumenta o *throughput*. O contrário não se verifica (o aumento do *throughput* não diminui necessariamente o tempo de execução).

Ao se comparar duas máquinas, dir-se-á que uma máquina X é n vezes mais rápido do que uma máquina Y se :

$$\frac{\text{Performance de X}}{\text{Performance de Y}} = \frac{\text{Tempo de Execução de Y}}{\text{Tempo de Execução de X}}$$

"Comparação entre as Performance de dois CPU "

A grande maioria das soluções propostas para a avaliação do desempenho usam uma "aplicação constante" e medem o tempo de execução nos diversos computadores a comparar. Mas existem também algumas soluções que, em alternativa, fixam o tempo de execução e procuram medir a quantidade de trabalho efectuado.

Ferramentas de Avaliação de Desempenho de Processadores

Com a rápida evolução e surgimento de novas arquitecturas de computadores é cada vez mais difícil medir a *performance* dos computadores, pois ela é, muitas vezes, ou na sua maior parte, a chave no que respeita à eficiência de um sistema de *hardware*, bem como de *software* [Alexandre, 2002].

Para fazer avaliação de desempenho de processadores existe a ferramenta ICOMP Index 3.0, que incorpora vários programas *BenchMarks*, que é capaz de fazer um melhor juízo de valor sobre os diferentes meios computacionais incluindo os computadores. A necessidade do uso dos *BenchMark* baseia-se, principalmente, na comparação de diferentes sistemas computacionais do mesmo fabrico ou de fabrico diferente, a fim de verificar a melhor relação custo/benefício. Além disso, é extremamente importante nos testes de eficiência de hardware/compilador [Alexandre, 2002].

A ferramenta iCOMP Index 3.0 foi lançada em 1992 pela Intel para poder comparar a performance dos seus diferentes processadores. A iCOMP Index 3.0 mede o espectro de performance em cada uma das quatro categorias [Berry, 1995]:

- Produtividade,
- Multimedia,
- Espaço tridimensional,
- Internet.

Do ponto de vista de utilidade pública dos computadores, estas quatro áreas correspondem às tendências actuais do mercado. Estas categorias foram definidas com base no actual uso de um computador tendo em conta a tendência do software. Com o ICOMP Index 3.0 os utilizadores de PCs terão o conhecimento de como os seus processadores se comportam para a variedade de aplicações existentes.

Para avaliar a performance dos processadores, a iCOMP Index 3.0 incorpora 5 *BenchMark* com as finalidades que a seguir se descrevem [Conte, 1991]:

- *CPUmark, Wintune98 Advanced CPU Integer Test, SysMark* 2002, Dhrystone e Whetstone* - Mede a produtividade das aplicações ;
- *3D Winbench 99-3D* – Mede a performance geométrica no espaço 3D e a luminosidade dos jogos em 3D ;
- *Winbench 99- FPU WinMark e Whetstone* - Mede os aspectos relacionados com a vírgula flutuante ;
- *MultimédiaMark 99* – Mede a performance áudio, vídeo, imagens e aplicações na Internet ;
- *Jmark 2.0 Processor Test* – Mede a capacidade do processador no tratamento de aspectos relacionados com a tecnologia Java na internet.

Paralelamente a Intel, cujo seus processadores são objectos de estudo neste trabalho apresenta outros *BenchMark* para avaliação dos parâmetros do utilizador e de negócios. Por exemplo para medir a produtividade, que é um dos parâmetro que cingirei no estudo, a Intel usa o *BenchMark Sysmark * 2002*.

Segundo [Henessy et al, 2002], para a avaliação do desempenho de processadores podemos ter o parâmetro do utilizador ou consumidor e de negócio. A Intel indica os seguintes parâmetros do consumidor: Música, Video, Imagem e Jogos; E os seguintes parâmetros do negócios: Produtividade, Multimédia, Espaço 3D e Internet. Para este trabalho usar-se-a o parâmetro de negócios .

Tipos de BenchMark

Dependendo da codificação do programa, os *BenchMark* são divididos em vários tipos, onde os principais são [Berry, 1995]:

Sintético

Aqueles cujo código não faz nenhuma computação útil, não representa nenhuma aplicação real; somente exercita alguns componentes básicos do computador. Geralmente tentam determinar uma frequência média de instruções típicas, comumente utilizadas e recriá-las em um programa. Os mais conhecidos são o *Whetstone* e o *Dhrystone*.

Kernel

Baseados no facto de que a maior parte da computação de um programa é concentrada em uma pequena parte de seu código. Esta pequena parte, chamada de núcleo (*kernel*), é extraída do programa e usada como *BenchMark*. Deve ser ressaltado que eles não servem para avaliar completamente a performance de uma máquina. São bastante interessantes por sua simplicidade e pequeno tamanho. Um bom exemplo para este tipo de programa é o *Livermore Loops*.

Algoritmo

São algoritmos bem definidos, geralmente implementados por métodos de computação numérica, por exemplo os métodos de resolução de equações lineares (álgebra linear) que fazem parte do *BenchMark Linpack*.

Aplicação

São programas completos, que resolvem problemas científicos bem definidos. Um exemplo é o conjunto de programas desenvolvidos pela SPEC.

BenchMark Whetstone

De entre os vários tipos de *BenchMark* que medem a produtividade e aspectos relacionados com a vírgula flutuante anteriormente referenciados, destaca-se o *Whetstone* pois segundo [Berry, 1995] este *BenchMark*, está muito difundido e consta de vantagens relacionadas com o seu tamanho reduzido e simplicidade do seu código, comparado com os outros. Aliás este *BenchMark* serve de referência para teste de aplicações científicas em computadores de

pequeno e médio porte e, neste caso enquadra-se perfeitamente no contexto do presente trabalho cujo focus são pequenas aplicações científicas e de engenharia.

O *BenchMark Whetstone* é um *BenchMark* sintético e o seu programa contém poucas linhas de código, composto de vários módulos que exercitam tipos de dados e instruções. Cada módulo tem um tipo diferente de instruções, e explora diferentes características da linguagem de programação ALGOL e é também executado várias vezes através de loops "FOR".

O problema com este *BenchMark* é que ao nível do sistema não exercita o disco nem a memória de vídeo. A sua unidade de medida é o Kwips (Kilo Whetstone Instructions por Segundo). Com o *BenchMark Whetstone* vai-se poder medir o desempenho de computadores no aspecto relacionado com a produtividade. Assim, os factores como a ordem de execução das instruções, a ordem do acesso aos dados, o tipo de pipeline, cache e o próprio barramento a ser utilizado são os que mais irão influenciar na produtividade de um computador. Para garantir uma melhor produtividade, um computador deverá ter um pipeline e um barramento de dados capaz de receber e enviar dados sem que haja colisões.

Por razões óbvias o *Sysmark* 2002* e o *Winbench 99- FPU WinMark* foram preteridos em relação ao *Whetstone* por estes serem produtos da Intel e medir processadores da mesma companhia. Mark [Mark,2002] fundamenta tal razão pelo seguinte: Nunca aferiremos com exactidão quando estamos perante produtos de venda como software e hardware e mecanismos de avaliação da mesma companhia.

Medidas do desempenho

Existe grande discussão sobre a padronização dos *BenchMark* e de suas respectivas unidades de medida, porém, esta é uma tarefa muito árdua, considerando-se a variedade de arquitecturas de computadores disponível e a velocidade a que elas evoluem. A performance dos computadores precisa de ser baseada em alguma unidade de medida, que reflecta claramente os testes realizados. Dentre as medidas existentes, as mais conhecidas que são

utilizadas pela *Whetstone*, são a MIPS (Milhões de Instruções por Segundo) e a MFLOPS (Milhões de Operações de Ponto-Flutuante por Segundo).

A unidade MIPS, muito utilizada há algum tempo atrás, perdeu o seu significado quando apareceram as máquinas do tipo RISC. O problema a destacar com esta unidade reside no facto de depender da arquitectura do conjunto de instruções de cada máquina. Por exemplo, as operações que são realizadas por apenas uma instrução do tipo CISC, numa arquitetura RISC poderiam precisar de várias instruções para serem completadas no mesmo tempo de execução. Mesmo que as duas CPUs tenham realizado a mesma quantidade de trabalho na mesma quantidade de tempo, o *chip* RISC terá um valor em MIPS maior do que o do *chip* CISC.

A unidade MIPS corresponde ao número de instruções por unidade de tempo definida da seguinte forma [Alexandre, 2002]:

$$\text{MIPS} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Instruções}}{\text{Tempo de Execução} \times 10^6} = \frac{\text{Frequência de Relógio}}{\text{CPI} \times 10^6}$$

"Fórmula de Cálculo de MIPS"

A MIPS está estritamente relacionado com a produtividade do processador, por isso o seu valor irá representar a produtividade. Quanto maior for o valor da MIPS, tanto maior será a produtividade do computador. Por outro lado, a unidade MFLOPS é mais utilizada na área científica, onde se exige muito cálculo de números em ponto-flutuante. Ela representa o número de operações de vírgula flutuante por unidade de tempo, definida da seguinte forma [Alexandre, 2002]:

$$\text{MFLOPS} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Operações de Virgula Flutuante}}{\text{Tempo de Execução} \times 10^6}$$

"Fórmula de Cálculo de MFLOPS"

Basicamente, a MFLOPS tem o mesmo problema da unidade MIPS: uma máquina pode utilizar duas operações em ponto-flutuante para executar uma tarefa em particular, enquanto outra utiliza apenas uma, no mesmo tempo de execução. Outro problema é que esta medida leva em consideração apenas operações em ponto-flutuante.

Para algumas aplicações, este tipo de operação pode não ser tão importante. Apesar destes problemas, esta unidade é amplamente aceita e muito utilizada para aplicações numéricas que fazem bastante uso de operações em ponto-flutuante. A MFLOPS ajuda a analisar os aspectos relacionados com o espaço tridimensional e a vírgula flutuante.

Apesar destas medidas serem bastante difundidas, elas possuem alguns problemas. Na verdade, não se acredita que um simples número seja capaz de reflectir a performance de um computador. Entretanto, de maneira contraditória, na comunidade está em demanda uma maneira simplificada de analisar a performance de diferentes computadores, o que, geralmente, leva à utilização de um único número. Actualmente, alguns *BenchMarks* possuem sua própria metodologia para análise de performance e alguns até reportam várias medidas.

Para medir a *performance* de um computador será utilizada como base a unidade tempo, portanto, a máquina com a melhor *performance* será a que completar uma determinada tarefa no menor tempo. O menor tempo de execução deve incluir acessos ao disco duro, acesso à memória do computador, actividades de Input/Output, cálculos, etc., i.e o tempo de execução de CPU para um determinado programa. Os computadores poderão trabalhar em vários processos ao mesmo tempo e, por isso deve-se distinguir, dentro do tempo de execução, o tempo que o CPU gasta nas suas tarefas: *tempo de CPU* (este não irá incluir acessos à periféricos).

O tempo de execução num computador será fornecido por um relógio interno instalado no computador, que consiste basicamente num cristal de *quartzo* que, quando submetido a uma certa pressão, emite um sinal periódico regular e que determina quando é que certos eventos terão lugar ao nível do hardware. Estes intervalos são chamados "ciclos de relógio" e o número de ciclos por unidade de tempo é denominado "frequência do relógio".

Estas duas medidas são inversamente proporcionais; Assim [Alexandre, 2002]:

$$\text{Frequência de Relógio} = \frac{1}{\text{Ciclo de Relógio}}$$

"Relação entre a Frequência e o Ciclo de Relógio num CPU"

Geralmente o ciclo do relógio é medido em segundos (ou melhor nanossegundos) e a frequência em megahertz (MHz). Assim sendo o tempo de execução de CPU para um programa será dado pela forma [Alexandre, 2002]:

$$\text{Tempo de CPU para o Programa} = \frac{\text{Ciclos de Relógio de CPU}}{\text{Tempo de Ciclos de Relógio}} \times \text{Tempo de Ciclos de Relógio}$$

"Fórmula de Cálculo de Tempo de CPU num programa"

ou

$$\text{Tempo de CPU para o Programa} = \frac{\text{Ciclos de Relógio para o Programa}}{\text{Frequência de Relógio}}$$

"Fórmula de Cálculo de Tempo de CPU num programa"

Com estas fórmulas verifica-se que podemos melhorar a *performance* quer aumentando a frequência do relógio (reduzindo o tempo de ciclo), quer reduzindo o número de ciclos de relógio necessários para o programa. Mais ainda, diminuindo o número de ciclos de relógio aumenta-se o tempo de ciclo do mesmo.

CAPÍTULO V: RESULTADOS DA ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PROCESSADORES

Este capítulo tem por objectivo apresentar os resultados de uma experiência prática de aplicação dos *BenchMark*. O teste consistiu numa comparação feita entre dois tipos de computadores da mesma família Intel: O Pentium IV e o Pentium III amplamente utilizados no mercado actual assim como na DNCP. Na experiência foi utilizado o programa *BenchMark Whetstone* que mede o desempenho do processador no que se refere a operações de vírgula flutuante, operações com interiores e manipulação de strings i.e. a produtividade.

Os computadores utilizados para o efeito apresentam os sistemas operativos Windows NT e Windows 2000, e neles estão instalados diferentes programas e Sistemas de Gestão de Base de Dados (SGBD) em uso nesta Direcção e possuem ainda o Microsoft Office 97 e 2000.

O *BenchMark Whetstone* foi executado através do programa Sandra 2002, da Sisofware que é um conjunto de ferramentas de diagnóstico e testes de desempenho de hardware e software que ajuda o usuário a identificar e ajustar as configurações do seu computador. O programa da Sisofware contém o *BenchMark Whetstone* necessário para a realização do teste de desempenho e, ao ser executado num computador, realiza automaticamente o teste do *Whetstone* fornecendo o resultado desses testes em MFLOPS e MIPS. (ver tab.3)

A configuração dos computadores verificados está discriminada no quadro que se segue:

Componente	Pentium IV			Pentium III		
	Pentium IV 2000	Pentium IV 1300	Pentium IV 1000	Pentium III 1300	Pentium III 1000	Pentium III 800
Frequência	2 GHz	1.3 GHz	1 GHZ	1.3 GHz	1 GHZ	800 MHz
Memória	130 Mb	128 Mb	128 Mb	64 Mb	64 Mb	64 Mb
Disco	35 Gb	25 Gb	20 Gb	20 Gb	6 Gb	10 Gb
Programa usado no teste	Sisofware Sandra 2002	Sisofware Sandra 2002	Sisofware Sandra 2002	Sisofware Sandra 2002	Sisofware Sandra 2002	Sisofware Sandra 2002

Tabela 2: Configuração dos computadores utilizados no teste

A escolha de Pentium IV e III em detrimento dos outros deve-se pelo facto de estes serem os mais comuns na DNCP. O uso destas configurações se justifica pelo facto de ser o objectivo principal deste trabalho: Avalizar o desempenho em Microcomputadores com processadores da Intel. Executado o software *BenchMark Whetstone* em 54 computadores com as configurações constantes acima, obteu-se os resultados constantes na tabela 3.

Processadores	Whetstone (Mflops)	Whetstone (Mips)
Pentium IV 2000	1546	2450
Pentium IV 1300	1485	1845
Pentium IV 1000	1402	1789
Soma de Pentium IV	4433	6084
Pentium III 1300	1590	1942
Pentium III 1000	1480	1753
Pentium III 800	1452	1684
Soma de Pentium III	4522	5389

Tabela 3: Resultados obtidos com base na execução do *BenchMark Whetstone*

Tendo como base os resultados obtidos pelos testes pode-se fazer uma análise comparativa fornecendo quantas vezes o Pentium IV obteve melhor desempenho em relação ao Pentium III ou vice-versa.

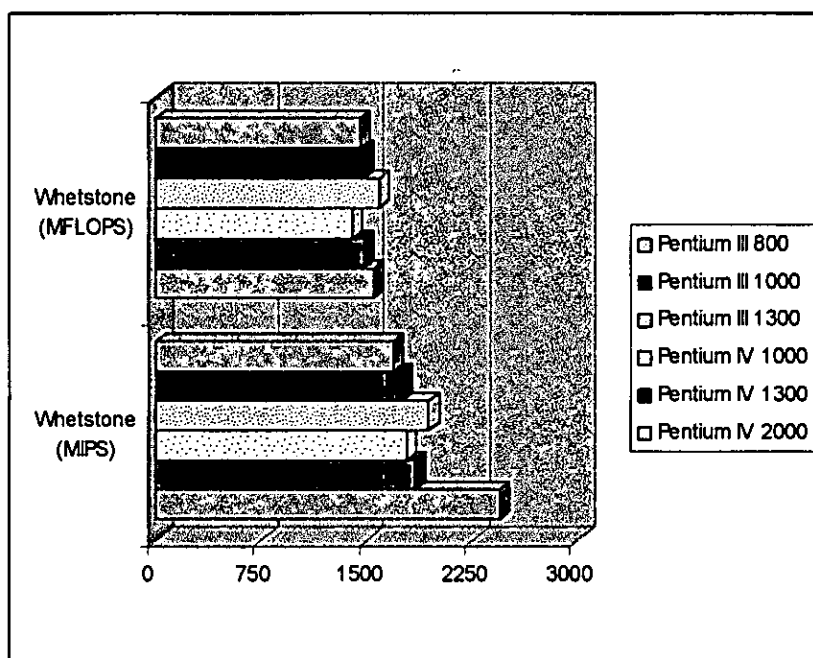


Gráfico 1: Gráfico comparativo do desempenho entre diferentes Pentium IV e III

O gráfico 1 mostra que para a mesma categoria dos Pentium e para o mesmo tipo de operações, o desempenho é sempre superior para processadores com maior frequência. Através da razão entre os resultados obtidos, e após a realização dos cálculos afirma-se que os computadores Pentium IV são em média 1,128 mais rápidos que os Pentium III quando utilizam operações de cálculos aritméticos.

Para as operações de vírgula flutuante os Pentium III são em média 1,020 mais rápidas que os Pentium IV. Estes resultados foram esboçados no gráfico 2.

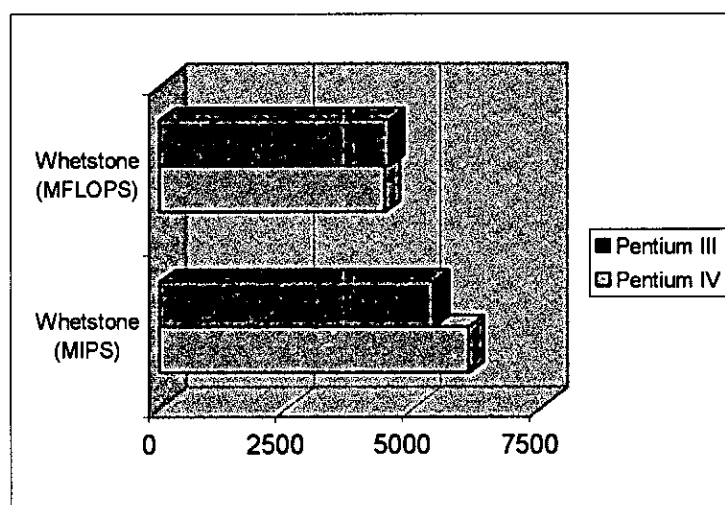


Gráfico 2: Gráfico comparativo do desempenho entre Pentium IV e III

O gráfico 1, apresenta ainda resultados que, pela sua natureza, poderão induzir os consumidores a erros. Na realidade, não basta que um processador seja superior ao outro em termos de velocidade de processamento para que ele tenha uma melhor produtividade, pois o desempenho dependerá também de outros factores aqui implícitos, como o tipo de actividade que executa, o volume de informação que processa e a sua disposição dentro da organização (se está num sistema de rede ou não).

O gráfico 2, já apresenta valores que mostra que para certas actividades, como por exemplo operações com vírgula flutuante, o desempenho do Pentium III não é muito diferente do Pentium IV, logo nem sempre se justifica a compra de novo equipamento.

CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo apresentam-se algumas conclusões e recomendações resultantes da pesquisa realizada a nível das instituições públicas e privadas no tocante aos critérios adoptados na tomada de decisão sobre a aquisição de equipamento informático em geral e de microcomputadores com processadores da família Intel.

Conclusões

Depois do estudo deste *BenchMark*, pode dizer-se que medir a performance de computadores não é uma tarefa simples uma vez que requer um estudo suficientemente profundo das metodologias de análise existentes. O que mais dificulta no momento de fazer uma análise de performance de computadores é encontrar um *Benchmark* que enfatize os tipos de programas que serão utilizados, além de conseguir interpretar correctamente as métricas utilizadas pelo *Benchmark*. O *BenchMark Wetstone* sendo sintético os seus resultados são meros indicadores daquilo que se pode esperar de um programa normal, pois actualmente o desempenho de um computador depende de imensos factores que não sejam somente a produtividade e operações com vírgula flutuante, como por exemplo a ordem de execução de instruções, a ordem de acesso aos dados, o pipeline, o cache e o barramento.

Quanto à unidade de medida, percebe-se que se tem dado mais valor ao tempo de execução total. Isto é bastante importante, visto que o tempo que mais interessa no momento da avaliação é o tempo real de execução, pois se o *Benchmark* for bastante abrangente, este tempo irá levar em consideração a performance de todos os componentes do sistema. O que se quer dizer com isso é que se o sistema como um todo (e não de um componente em particular) tiver uma boa performance, o tempo de execução do *Benchmark* será baixo. É certo que vários *Benchmark* ainda têm a sua própria metodologia de análise de resultados, mas alguns já estão baseadas nesta unidade de medida. Num *CPU*, o *BenchMark Whetstone* mede somente a componente processador, o que faz com que o valor do *BenchMark* seja relativamente alto. Sem o auxílio de um software *BenchMark* é impossível verificar, de

entre um conjunto de computadores, qual delas é a que tem a melhor *performance*, uma vez que ambos parecem executar o mesmo programa num mesmo espaço de tempo.

De facto, para cada aplicação, ou conjunto de aplicações, existirão máquinas que irão se comportar melhor que as outras, o que não implica que sejam melhores e, também, não basta que um computador tenha um processador superior em relação ao outro em termos de velocidade de processamento para ser considerado o de melhor *performance*.

Em relação aos testes realizados entre os computadores com processadores Pentium III e Pentium IV, conclui-se que para operações de cálculos aritméticos os Pentium IV são mais eficientes e para operações de vírgula flutuante os Pentium III são os mais aconselhados.

Recomendações

A nível de algumas Instituições e, sobretudo do sector público, a decisão sobre a aquisição de equipamento é fundamentada usando a informação de carácter comercial e de publicidade disponibilizada pelo mercado de compra-e-venda de Hardware e Software.

Nestes termos recomenda-se:

- Que o anúncio a nível do mercado da diponibilidade de uma nova marca de microcomputadores ou de um novo processador não seja informação necessária e suficiente para sua aquisição. O processador mais recente pode-se apresentar pior em termos de velocidade de processamento por exemplo comparado com o anterior;
- A tomada de consciência em relação a existência de programas de teste e avaliação do desempenho de microprocessadores. Tais programas fornecem informações sobre parâmetros de desempenho tanto do hardware como do software;
- Que a decisão sobre a aquisição de um específico microcomputador não deve basear-se somente no preço final do microcomputador, nos parâmetros físicos do microprocessador, tais como a classe do microprocessador (ex. Pentium III), capacidade de armazenamento (ex. 20 Gb), número de ciclos de processamento por segundo (ex. 2 GHz), valor de memória de acesso aleatório (ex. 128 Mb), etc mas também num estudo profundo e assistido por software ou hardware adequados para

análise das características físicas de tal equipamento e conhecimento da área laboral para que o microcomputador é adquirido;

- A exigência às empresas fornecedoras de microcomputadores do teste destes com ajuda dos programas standard de avaliação de desempenho tanto do hardware como do software antes da sua entrega aos clientes. É desejavel ou imperioso que os microcomputadores e os programas de avaliação de desempenho sejam produtos de diferentes fabricantes;
- Do estudo feito ao longo da realização do presente Trabalho de Licenciatura, consta que o programa de teste do desempenho do microcomputador deve ser executado pelo menos cinco vezes. Este procedimento permitirá aquecer os diferentes componentes do microcomputador, e eliminar os efeitos negativos resultantes da má correspondência entre às memórias cache e virtual.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFIA E ANEXOS

Bibliografia Referenciada

- Alexandre, Luis (2002): Revista sobre Processadores, Editado pela Universidade Católica de Petrópolis, Brazil ;
- Brey, Barry B. (2000): The Intel Microprocessors, By Prentice-Hall, U.S.A, 5ª Edition;
- Barretto, Marcelo (2000): Manual de Microprocessadores, Universidade Federal de Pará ,Brazil;
- Berry M.; Cybenko G.; Larson, J. (1995): Scientific benchmark characterizations. Parallel Computing, Vol. 17, Number 10&11;
- Conte, Thomas M (1991): Benchmark characterization. Computer, Vol. 24, Number 1, January , p. 48-56;
- Gouveia, José e Magalhães Alberto (1999): Hardware para PCs e Redes, FCA- Editora de Informática ,Lisboa, Portugal ;
- Guedes, Nilton (2000): Revista Novo Milénio, Vol.1, nº 51, Editado em Brazil;
- John L. Hennessy, David A. Patterson, David Goldberg (2002): Computer Architecture, A Quantitative Approach, 3rd edition (May 15, 2002);
- Mark D. Hill (2002): Readings in Computer Architecture et al (Paperback);
- Meirelles, Fernando de Souza (1994): Informática Novas aplicações com microcomputadores: Estruturas de Processamento e Microcomputadores, Makron Books, p. 182-200 2 ed. São Paulo, Brazil;
- Sampaio, António (1999): Hardware para Profissionais, FCA- Editora de Informática ,Lisboa , Portugal ;
- Serlin, Omri. (1995): Mips, Dhrystones and other tales. Datamation, 2ª Edition;
- Sobral, João Luis Ferreira (2002): Revista sobre medição de desempenho, Editado pela Universidade do Minho , Guimarães, Portugal;

- Vasconcelos, Laércio (2001): Como Montar, Configurar e Expandir seu PC, 7ª Edição, Editora Makron Books, São Paulo, Brazil.

Bibliografia não Referenciada

- Badgett, Tom. Sandler, Corey. Stallings, Wade (1991): Projetando Montando e personalizando o seu PC: Co-Processador Aritmético. Trad. Pietro Marques Torres. Rio de Janeiro, Berkeley, p. 171-182;
- Gemuce, Victor Inácio Fernando (1999): Optimização de uso de Sistemas e Tecnologia de Informação no MPF, Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo;
- Saíde, António Osvaldo (1999): Estudo do comportamento da Radiação Solar na Região de Maputo, Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo;
- Tanenbaum, Adrew S. (1994): Redes de Computadores, Editora Campus 2ª Edição, Brazil;
- Torres, Gabriel (1998): Hardware: Curso Completo, Axcel, 2º ed., Rio de Janeiro.
- Vasconcelos, Láercio (1999): Processamentos Modernos, Jornal A GAZETA, Espírito Santo, Maio/99;
- Vasconcelos, Láercio (1998): Novos Processadores e o Barramento de 100 MHz, Jornal A GAZETA, Espírito Santo, Abril/98;
- www.novomilenio.inf.br, última visita em 15/03/2003;
- www.intel.com, última visita em 10/04/2003;
- www.intel.com/procs/perf/limits.htm, última visita em 18/04/2003;
- www.netlib.org/benchmark.html, última visita em 21/04/2003;
- www.laercio.com.br, última visita em 19/05/2003.

Anexos

Anexo 1 : Glossário de Termos usados

Acumulador – Registrador que contém dado por serem processados;

Apontador de programa – Registrador que aponta para o endereço de retorno de subrotina, sendo este último armazenado numa pilha de memória;

Barramento – Via pela qual os dados/informação circula;

BenchMark - São programas que têm por finalidade medir a performance dos diversos componentes de um sistema de computação;

Buffers – Memória de armazenamento temporário;

Cache – Memória estática que serve como intermediária entre a memória RAM e o processador e tem como função aumentar o desempenho do processador. Existem dois tipos: cache L1 e cache L2;

Contador de Programa – Registrador que armazena o endereço de memória da próxima instrução a ser executada;

Controlador – Dispositivo utilizado pelo sistema operativo no controlo de um hardware específico;

Computador - São máquinas, ou seja, conjuntos de dispositivos mecânicos, electrónicos ou electro-mecânicos, capazes de processar Informação;

CYRIX – Nome de fabricante de processadores;

Decodificador de instruções – Circuito combinacional utilizado para determinar qual a próxima instrução a ser executada. Isto é feito a partir do código de operação armazenado previamente no registrador de instrução;

Hardware – Parte física de um computador;

Internet – Rede de computadores formada por um vasto conjunto de redes independentes ligadas entre si;

Multimédia – Combinação de imagens gráficas, áudio e animação;

Microsoft – Nome de fabricante de software;

Microcódigo – Códigos com poucas linhas de instruções;

Microprograma – Programa com poucos códigos;

Modo Real – É o modo utilizado quando o processador é ligado;

Modo protegido – É o modo activado por meio de comandos. No Sistema Operativo Windows, isto é feito durante o carregamento do sistema operativo o que permite activar outros recursos;

Mouse (rato ou camundonga) – Dispositivo de entrada de dados;

Motorola – Nome de fabricante de processadores;

Multitarefa – É a capacidade de executar mais de uma tarefa ao mesmo tempo;

Pipeline – Recurso que permite que várias instruções possam ser processadas simultaneamente;

Processador - É o circuito integrado contém milhares de componentes eletrônicos, organizados de modo a poderem efectuar as operações típicas de processamento de informação e implementar as funções de controle, comunicação e execução de programas no computador;

Programa – Conjunto de instruções que realizam uma determinada actividade;

Registos – São componentes capazes de armazenar temporariamente dados com que a ALU vai efectuar as operações que lhe são indicadas;

Registrador de Instrução – Registrador que armazena a instrução que está sendo executada;

Software – Parte lógica de um computador;

Unidade Lógica e Aritmética – Circuito combinacional utilizado para operações lógicas e aritméticas envolvendo dois operandos;

ZILOG – Nome de fabricantes de processadores;

Anexo 2 : Questionário

1. Nome da Empresa _____
2. Nome do Inquerido _____
3. Área de Inquerido
Técnico de Informática *Promotor de Vendas* *Responsável do Marketing*
Director Comercial
Outro _____
4. Quais os critérios que usa para a colocação de PC no Mercado? _____
5. Quais as marcas de PC que representa?
Acer *HP* *IBM* *Gateway* *Outra* _____
6. Quais as características em termos de capacidade do disco duro que mais referencia? *1-2 Gb* *3-4 Gb* *5-6 Gb* *Mais de 6 Gb*
7. No acto da compra do PC, o Cliente tem especificado outras características técnicas do PC para além do disco ?
Sim *Nao* Se sim, quais as características frequentemente indicadas ____
8. Que tipo de clientes possuem?
Empresas públicas
Instituições do Estado
Organizações
Particulares
Instituições de Ensino

9. Quais dos seguintes factores tem sido predominante e que influencia na decisão da compra da versão do PC?

Preço do PC *Marca do PC* *Ano de fabrico*

Versão do Processador *Finalidade de uso*

Outro _____

10. Quais são as características em termos de velocidade do processamento dos PCs?

100-500 Mhz *600 -700 Mhz* *800 - 1000 Mhz* *Mais de 1000 Mhz*

11. Quais são as características em termos de capacidade do RAM?

0-64 Mb *65-128 Mb* *128-266 Mb* *Mais de 266 Mb*

12. Tem utilizado alguma ferramenta técnica para avaliação de desempenho do computador ?

Sim Não

Se sim, qual tem sido ?

Anexo 3 : Lista de figuras

Figura 1 : Esquema da estrutura de um microcomputador e seus periféricos;

Figura 2 : Esquema da arquitectura padrão microprocessador;

Anexo 4 : Levantamento do Hardware e Software da DNCP

Secção	ID Nome	Cpu	Qt.	HD	Freq.	RAM	S.O	Ms Office
Direc.	Director	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
Direc.	Directora	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
Stotal			2					
RI	Campos	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RI	Celio	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RI	Paulino	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RI	Siquela	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RI	Internet	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows Server	Office 2000
RI	Teste	Pentium III	1	10Gb	1 GHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
RI	Teste	Pentium II	1	6 Gb	450MHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
Stotal			7					
RDS	Abilio	Pentium IV	1	35Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RDS		Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
Stotal			2					
RDC	Amelia	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RDC	David	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RDC	Eva	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RDC	Nunes	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
RDC	Victor	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
Stotal			5					
DCE	Hassane	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DCE	Veronica	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DCE	Cumaio	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DCE	Printer	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DCE	Dimas	Pentium III	1	10 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DCE	Lurdes	Pentium III	1	10 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DCE	Bila	Pentium III	1	10 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DCE	Ines	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DCE	Albertina	Pentium III	1	5 Gb	800MHz	64 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DCE	Emilia	Pentium III	1	5 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 98	Office 97
Stotal			10					
DVA	Gumeta	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Hamida	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Nhatumbo	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Manhica	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Josefina	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Helena	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Pena	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000

Avaliação de Desempenho em Microcomputadores com Processadores da Intel

DVA	Nhaposse	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Armassao	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DVA	Jossias	Pentium II	1	4 Gb	266MHz	32 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DVA	Emma	Pentium II	1	4 Gb	266MHz	32 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
Stotal			11					
DBS	Ibraimo	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Titos	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Gatoma	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Chaves	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Yunus	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Junior	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Aissa	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Luis	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	DoCeu	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Anastacia	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DBS	Katija	Pentium III	1	6 Gb	750MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
Stotal			11					
SEC	MariaZe	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
SEC	Alexandre	Pentium MMX	1	2 Gb	66 MHz	16 Mb	Windows 98	Office 97
Stotal			2					
DPS	Alberto	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Server	Pentium IV	1	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Sandra	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Sansao	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Madede	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Maria	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Paula	Pentium III	1	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Amelia	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Catarina	Pentium III	1	6 Gb	800MHz	64 Mb	Windows 2000	Office 2000
DPS	Suzana	Pentium II	1	3 Gb	300MHz	32 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DPS	Machiana	Pentium II	1	3 Gb	300MHz	32 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DPS	Teresa	Pentium II	1	3 Gb	300MHz	32 Mb	Windows NT 4.0	Office 97
DPS	Hortencia	Pentium MMX	1	1 Gb	66 MHz	16 Mb	Windows 98	Office 97
DPS	Carla	Pentium I	1	1 Gb	33 MHz	16 Mb	Windows 98	Office 97
Stotal			14					
Total			64					

Anexo 5 : Lista resumo de microcomputadores existentes na DNCP

Ordem	Cpu	Quant.	HD	Freq.	RAM	S.O	Ms Office
1	Pentium IV	12	35 Gb	2 GHz	130 Mb	Windows 2000 Pro	Office 2000
2	Pentium IV	08	25 Gb	1.3 GHz	128 Mb	Windows 2000 Pro	Office 2000
3	Pentium IV	05	20 Gb	1 GHZ	128 Mb	Windows 2000 Pro	Office 2000
SubT		25					
2	Pentium III	4	20 Gb	1.3 GHz	64 Mb	Windows 2000 Pro	Office 2000
3	Pentium III	23	6 Gb	1 GHz	64 Mb	Windows 2000 Pro	Office 2000
4	Pentium III	2	10 Gb	800 MHz	64 Mb	Windows 2000 Pro	Office 2000
SubT		29					
5	Pentium II	1	6 Gb	266 MHz	64 Mb	Windows 98	Office 97
6	Pentium II	2	4 Gb	266 MHz	32 Mb	Windows 98	Office 97
7	Pentium II	3	4 Gb	300 MHz	32 Mb	Windows 98	Office 97
8	Pentium MMX	2	2 Gb	66 MHz	16 Mb	Windows 98	Office 97
9	Pentium I	1	1 Gb	66 M Hz	16 Mb	Windows 98	Office 97
10	Pentium I	1	1 Gb	33 MHz	16 Mb	Windows 98	Office 97
SubT		10					
Total		64					