

## GABARITO DA AD2

### Organização de Computadores 2019.1

1. (1,5) Considere um sistema onde o número de ciclos de relógio para uma operação por programa é igual a 200, o processador utiliza um relógio de 2400 MHz para executar as instruções e nenhuma transferência de dados pode ser perdida. Determine o overhead, em termos de fração de tempo de CPU consumida, que ocorre quando se utiliza a interface por programa para os seguintes dispositivos:
- a) Um mouse que deve ser interrogado pelo sistema 25 vezes por segundo para garantir que nenhum movimento dele seja perdido.  
*O mouse é consultado 25 vezes por segundo. Cada operação de consulta consome 200 ciclos. São necessários, então,  $25 \times 200 = 5000$  ciclos/segundo para as operações de consulta ao mouse. O relógio é de 2.400MHz, que corresponde a  $2,4 \times 10^9$  ciclos. O overhead será obtido pela seguinte razão:*  
$$5000 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,00000208333 \text{ ou } 0,000208333 \%$$
- b) Um DVD que transfere dados para o processador em unidades de 64 bits e possui uma taxa de transferência de dados de 480 KB/segundo.  
*Taxa de transferência = 480KB/s = 480.000 B/s.  
Em cada operação é transferida uma unidade de 64 bits ou 8 bytes.  
A cada segundo ocorrem  $480.000B / 8B = 60.000$  operações, como cada operação leva 200 ciclos, então, o total de ciclos será  $60.000 \times 200 = 12 \times 10^6$  ciclos/s.  
O relógio é de 2.400MHz, que corresponde a  $2,4 \times 10^9$  ciclos.  
O overhead será obtido pela seguinte razão:*  
$$12 \times 10^6 \text{ ciclos/s} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,005 \text{ ou } 0,5\%$$
  
*OBS: as taxas de transferência utilizam a base 10, e não a base 2.  
1KB/s corresponde a 1.000B/s e 1MB/s a 1.000.000B/s.*
- c) Um disco rígido que transfere dados para o processador em unidades de 32 bits e possui uma taxa de transferência de 4 MB/segundo.  
*Taxa de transferência = 4MB/s = 4.000.000 B/s.  
Em cada operação é transferida uma unidade de 32 bits ou 4 bytes.  
A cada segundo ocorrem  $4.000.000B / 4B = 1.000.000$  operações, como cada operação leva 200 ciclos, então, o total de ciclos será  $1.000.000 \times 200 = 200 \times 10^6$  ciclos/s.  
O relógio é de 2.400MHz, que corresponde a  $2,4 \times 10^9$  ciclos.  
O overhead será obtido pela seguinte razão:*  
$$200 \times 10^6 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,083333 \text{ ou } 8,33\%$$
2. (1,0) o funcionamento dos três seguintes tipos de impressora: matricial, jato de tinta e laser. (sugestões de fonte de consulta: livro do Stallings e do Mário Monteiro e o site [www.guiadohardware.net/](http://www.guiadohardware.net/). Na sua resposta indique as suas fontes de consulta).

(Texto base dos sites: [www.guiadohardware.net](http://www.guiadohardware.net) e [www.infowester.com](http://www.infowester.com) )

#### **Matricial**

As impressoras matriciais utilizam um conjunto de agulhas, geralmente 9, que produzem impacto sobre uma fita de impressão, deixando marcas no papel. São econômicas em relação às impressoras jato de tinta e laser devido ao baixo custo e uso prolongado da fita de impressão. O uso de agulhas permite a impressão de vários tipos de fonte e também do modo gráfico, embora modo este sem muita qualidade e apenas em preto. Com o uso de fita de impressão especial (de 2 a 4 cores) pode-se obter impressões coloridas com qualidade inferior e bem mais lentas que as impressoras jato de tinta e laser coloridas. Mesmo com a popularização das impressoras jato de tinta e laser, as impressoras matriciais ainda são usadas em muitos lugares devido ao seu baixo custo de impressão, durabilidade e, principalmente, à sua capacidade de imprimir formulários em duas ou três vias com carbono, muito comum em impressoras de PDVs (pontos de venda) em comércios atacadistas, entretanto, além da limitação da qualidade de impressão, as impressoras matriciais possuem a desvantagem de serem barulhentas.

### **Impressora jato de tinta**

*As impressoras jato de tinta trabalham borrifando gotículas de tinta sobre o papel, conseguindo uma boa qualidade de impressão próxima a da impressora a laser. Outra vantagem destas impressoras é o seu baixo custo, o que as torna perfeitas para o uso doméstico. As impressoras jato de tinta podem usar basicamente três tecnologias de impressão: a Bubble Jet, ou jato de bolhas, a Piezoelétrica e a de troca de estado.*

*A tecnologia Bubble Jet foi criada pela Canon, que detém a patente do nome até hoje. Esta tecnologia consiste em aquecer a tinta através de uma pequena resistência, formando pequenas bolhas de ar, que fazem a tinta espirrar com violência sobre o papel. Esta tecnologia é usada em várias marcas de impressoras, como as da própria Canon. No caso das impressoras HP, a tecnologia recebe o nome de "Ink Jet", apesar do princípio de funcionamento ser o mesmo. Uma desvantagem desta tecnologia é que, devido ao aquecimento, a cabeça de impressão costuma se desgastar depois de pouco tempo, perdendo a precisão. Por outro lado, por serem extremamente simples, as cabeças são baratas, e por isso são embutidas nos próprios cartuchos de impressão.*

*As impressoras Epson por sua vez, utilizam uma cabeça de impressão Piezoelétrica, que funciona mais ou menos como uma bomba microscópica, borrifando a tinta sobre o papel. A cabeça de impressão consiste em uma pequena canalização, com um cristal piezoelétrico próximo da ponta. Quanto recebe eletricidade, este cristal vibra, fazendo com que gotículas de tinta sejam expelidas para fora do cartucho. Como as cabeças de impressão Piezoelétricas possuem maior durabilidade e, são muito mais complexas e caras do que as bubble-jet, elas não são trocadas junto com os cartuchos, fazendo parte da impressora. Por um lado, isso é bom, pois permite baratear um pouco os cartuchos, mas, por outro lado, torna a impressora mais susceptível a problemas, como o entupimento das cabeças de impressão, sendo que a troca em uma autorizada muitas vezes acaba custando próximo ao valor de uma impressora nova.*

*Existem também impressoras de troca de estado, que utilizam tinta sólida, um tipo de cera, geralmente em forma de fitas. Nestas impressoras, a tinta é derretida e sublimada sobre o papel. A vantagem é que, como a tinta é um tipo de cera, a impressão assume um aspecto brilhante, com qualidade semelhante à de uma foto, mesmo usando papel comum.*

### **Laser**

*As impressoras a laser oferecem impressões com excelente qualidade e muito boa velocidade, fazendo pouco barulho e altos volumes de impressões associados a custos baixos. O funcionamento destas impressoras é semelhante ao das fotocopadoras contando com o uso de uma espécie de tambor (ou cilindro) revestido por um material eletrostático. A imagem a ser impressa em papel é primeiramente formada no cilindro, através de um feixe de raios laser. Ao girar, o cilindro passa em um reservatório de toner, atraindo-o nas partes carregadas estaticamente, formando um molde perfeito da imagem a ser impressa. Em seguida, o molde é prensado contra o papel e com a ajuda de um mecanismo chamado conjunto fusor, o toner é derretido e fixado na folha gerando a página impressa.*

*Além das impressoras a laser monocromáticas, temos também as coloridas, que usam quatro cores de toner para conseguir cores perfeitas. Como o trabalho com cores nas impressoras a laser é mais complexo, este tipo de equipamento tem preço muito maior em comparação às impressoras que imprimem apenas na cor preta (monocromáticas). Atualmente, as impressoras a laser monocromáticas tem um custo bastante acessível ao uso doméstico. Embora o custo das impressoras laser coloridas baixem dia a dia, ainda estão longe de superar o domínio das impressoras jato de tinta em ambientes domésticos, sendo mais comum em usos corporativos.*

3. (2,0) Considere um computador, cuja representação para ponto fixo e para ponto flutuante utilize 32 bits. Na representação para ponto flutuante, utiliza-se o padrão IEEE 754 para precisão simples.
- a) Caso o computador tenha armazenado o conteúdo  $(8FA50000)_{16}$ , qual o valor deste número em decimal, se considerarmos que este padrão de bits representa um inteiro utilizando-se representação sinal magnitude, um inteiro em complemento a 2 e um real em ponto flutuante ?

$$(8FA50000)_{16} = (1000\ 1111\ 1010\ 0101\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000)_2$$

a.1) um inteiro em sinal magnitude.

$$-(2^{27} + 2^{26} + 2^{25} + 2^{24} + 2^{23} + 2^{21} + 2^{18} + 2^{16}) = -262.471.680$$

a.2) um inteiro em complemento a 2.

$$-2^{31} + (2^{27} + 2^{26} + 2^{25} + 2^{24} + 2^{23} + 2^{21} + 2^{18} + 2^{16}) = -1.885.011.968$$

a.3) em ponto flutuante

1 00011111 01001010000000000000

Temos então:

Sinal = 1 (negativo)

Expoente = 00011111 (por excesso) =  $+31 - 127 = -96$

Mantissa = , 01001010000000000000

Normalizado:  $-1,01001010000000000000 \times 2^{-96}$   
 $= -(2^{-96} + 2^{-98} + 2^{-101} + 2^{-103}) = -1,63 \times 10^{-29}$

b) Qual será a representação em ponto flutuante dos seguintes valores decimais neste computador:

i. +587,125

Convertendo para binário = 1001001011,001

1001001011,001 =  $1,001001011001 \times 2^9$

Temos então:

Sinal = 0 (positivo)

Expoente = +9 = (por excesso de 127) =  $136_{10} = 10001000_2$

Mantissa = , 001001011001000000000000

Resultado: 0 10001000 001001011001000000000000

ii. -29,3125

Convertendo para binário = 11011,0101

11011,0101 =  $1,11010101 \times 2^4$

Temos então:

Sinal = 1 (negativo)

Expoente = +4 = (por excesso de 127) =  $131_{10} = 10000011_2$

Mantissa = , 110101010000000000000000

Resultado: 1 10000011 110101010000000000000000

c) Mostre a representação dos números dos itens da questão acima, caso se utilizasse a representação complemento a 2 para representar o expoente.

i. +587,125

Convertendo para binário = 1001001011,001

1001001011,001 =  $1,001001011001 \times 2^9$

Temos então:

Sinal = 0 (positivo)

Expoente = +9 = (por complemento a 2) = 00001001

Mantissa = , 001001011001000000000000

Resultado: 0 00001001 001001011001000000000000

ii. -29,3125

Convertendo para binário = 11011,0101

11011,0101 =  $1,11010101 \times 2^4$

Temos então:

Sinal = 1 (negativo)

Expoente = +4 = (por complemento a 2) = 00000100

Mantissa = , 110101010000000000000000

Resultado: 1 00000100 110101010000000000000000

- d) Supondo que se utilize a representação complemento a 2 para o expoente ao invés da representação em excesso, indique quais o menor e o maior valor positivos normalizados na representação em ponto flutuante para este computador (Considere, neste caso, que todas as representações são utilizadas para números normalizados, não existem os casos especiais).

*Maior positivo: 0 01111111 11111111111111111111 = (expoente = +127)*

*1,11111111111111111111 x  $2^{+127}$  = +3,403 x  $10^{+38}$*

*Menor positivo: 0 10000000 00000000000000000000 = (expoente = -128)*

*1, 00000000000000000000 x  $2^{-128}$  = +2,938 x  $10^{-39}$*

4. (2,0) Faça uma busca na lista dos 500 sistemas de computadores com melhor desempenho do mundo em <http://www.top500.org> e descreva o primeiro colocado (pesquise neste mesmo site e na internet).

*O site disponibiliza 2 vezes por ano (em junho e novembro) uma lista com os 500 sistemas de maior desempenho na atualidade. A primeira posição da lista de novembro de 2018 (mais atual) é:*

**1º. Lugar: Summit**, um supercomputador construído pela IBM e atualmente em funcionamento no Laboratório Nacional de Oak Ridge (ORNL) do Departamento de Energia (DOE). Na lista de novembro/2018, o Summit amplia a liderança em relação a lista anterior, melhorando seu desempenho em High Performance Linpack (HPL) de 122,3, avaliado em sua entrada em operação, para 143,5 petaflops. O Summit é composto de 4.356 nós, cada um equipado com duas CPUs **Power9 de 22 núcleos** e seis **GPUs NVIDIA Tesla V100**. Os nós são vinculados a uma rede InfiniBand EDR de dois ramais Mellanox.

5. (2,0) Responda as questões abaixo:

- a) Analise os modos de endereçamento direto, indireto e imediato, estabelecendo diferenças de desempenho, vantagens e desvantagens de cada um.

**Imediato:** O campo operando contém o dado, desta forma o dado é transferido da memória juntamente com a instrução. *Vantagem:* Rapidez na execução da instrução, pois não requer acesso à memória principal, apenas na busca da própria instrução. *Desvantagem:* Limitação do tamanho do campo operando das instruções reduzindo o valor máximo do dado a ser manipulado. Trabalho excessivo para alteração de valores quando o programa é executado repetidamente e o conteúdo das variáveis serem diferentes em cada execução. *Desempenho:* Não requer acesso a memória principal. Mais rápido que o modo direto

**Direto:** O campo operando da instrução contém o endereço onde se localiza o dado. *Vantagem:* Flexibilidade no acesso a variáveis de valor diferente em cada execução do programa. *Desvantagem:* Limitação de memória a ser usada conforme o tamanho do operando. *Desempenho:* Requer apenas um acesso a memória principal. Mais rápido que o modo indireto

**Indireto:** O campo de operando contém o endereço de uma célula, sendo o valor contido nesta célula o endereço do dado desejado. *Vantagem:* Usado como “ponteiro”. Elimina o problema do modo direto de limitação do valor do endereço do dado. Manuseio de vetores (quando o modo indexado não está disponível). *Desvantagem:* Muitos acesso à MP para execução. *Desempenho:* inferior ao modo direto por exigir pelo menos 2 acessos à memória principal.

- b) Qual é o objetivo do emprego do modo de endereçamento base mais deslocamento? Qual é a diferença de implementação e utilização entre esse modo e o modo indexado?

*O base mais deslocamento tem como seu principal objetivo permitir a modificação de endereço de programas ou módulos destes (que é a relocação de programa), bastando para isso uma única alteração no registrador base.*

*O base mais deslocamento tem como característica o endereço ser obtido da soma do deslocamento com o registrador base, diferindo do modo indexado onde o do registrador base é fixo e variar no deslocamento,*

ao contrário deste onde o deslocamento é fixo e com a alteração do registrador base permite-se a mudança do endereço.

Exemplos de instruções modo indexado:

$LDX\ Ri, Op ==> ACC <--- ((Op) + (Ri))$

$ADX\ Ri, Op ==> ACC <--- ACC + ((Op) + (Ri))$

Exemplo: instrução base mais deslocamento:

$LDB\ Rb, Op ==> (ACC) <--- ((Op) + (Rb))$

$ADB\ Rb, Op ==> ACC <--- ACC + ((Op) + (Rb))$

Sendo,

$Op = \text{Operando}$

$Ri = \text{Registrador de índice}$

$Rb = \text{Registrador base}$

- c) Compilação e Interpretação (Dê exemplos de linguagens que se utilizem de compiladores e de linguagens que se utilizem de interpretadores).

*A compilação consiste na análise de um programa escrito em linguagem de alto nível (programa fonte) e sua tradução em um programa em linguagem de máquina (programa objeto).*

*Na interpretação cada comando do código fonte é lido pelo interpretador, convertido em código executável e imediatamente executado antes do próximo comando.*

*A interpretação tem como vantagem sobre a compilação a capacidade de identificação e indicação de um erro no programa-fonte (incluindo erro da lógica do algoritmo) durante o processo de conversão do fonte para o executável.*

*A interpretação tem como desvantagem o consumo de memória devido ao fato de o interpretador permanecer na memória durante todo o processo de execução do programa. Na compilação o compilador somente é mantido na memória no processo de compilação e não utilizado durante a execução. Outra desvantagem da interpretação está na necessidade de tradução de partes que sejam executadas diversas vezes, como os loops que são traduzidos em cada passagem. No processo de compilação isto só ocorre uma única vez. Da mesma forma pode ocorrer para o programa inteiro, em caso de diversas execuções, ou seja, a cada execução uma nova interpretação.*

*Exemplos de linguagem interpretadas: ASP, BASIC, Java, PHP, Python, Lisp entre outras.*

*Exemplos de linguagem compilada: C, Pascal, Delphi, Visual Basic, entre outras.*

- d) Sistemas MIMD e Sistemas SIMD( Forneça exemplos atuais desses sistemas).

**MIMD** – Multiple instruction stream, multiple data stream, classificação esta onde um conjunto de processadores executam simultaneamente sequências diferentes de instruções sobre conjunto de dados diferentes. Exemplo: SMPs, clusters, sistemas NUMA. Os multicores, processadores com 2 ou mais núcleos que atuam como processadores distintos e executam instruções independentes, também são classificados como MIMD.

**SIMD** – Single instruction stream, multiple data stream, onde vários elementos de processamento executam a mesma sequência de instruções ao mesmo tempo sobre um conjunto de dados diferente. Exemplo: Processadores matriciais. Os aceleradores de hardware baseados em placas gráficas GPU também pertencem a essa classificação. Uma GPU é composta de vários multiprocessadores e cada multiprocessador consiste de um grupo de processadores escalares.

6. (1,5) Faça uma pesquisa e descreva a técnica de Simultaneous Multi-Threading (SMT), também chamada de Hyper-threading. Sugestão: [https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous\\_multithreading](https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_multithreading).

*O Multithreading simultâneo (SMT) ou Hyper-threading é uma técnica que melhora a eficiência geral das CPUs superscalares com multithreading de hardware. O SMT permite vários segmentos de execução independentes para melhor aproveitar os recursos fornecidos pelas arquiteturas modernas do processador [2]. O SMT combina a capacidade de despacho de múltiplas instruções das arquiteturas superescalares, com a habilidade de esconder latência das arquiteturas multithreading.*

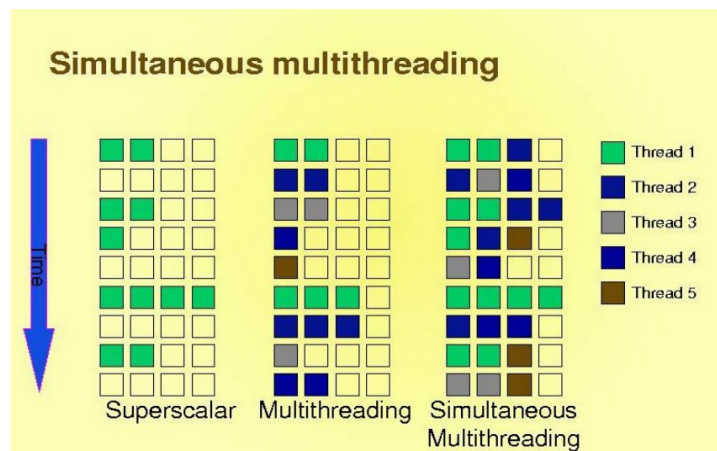
*Em um processador super-escalar convencional, apenas as instruções de uma thread são executadas por vez. Embora esse tipo de processador ofereça paralelismo em nível de instruções (já que o pipeline processa trechos de várias instruções simultaneamente), muitos ciclos são perdidos em*

stalls (principalmente devido a latência no acesso à memória quando da ocorrência de um cache miss) e o processador não é utilizado em sua totalidade (devido ao baixo paralelismo de algumas instruções)[3]

A Figura 1 (Superscalar) representa a utilização temporal do processador; cada linha representa um ciclo e os blocos representam a utilização das unidades funcionais. Blocos vazios representam desperdício de uso do processador; stalls são desperdícios verticais e unidades funcionais não utilizadas em um ciclo são desperdícios horizontais.

A Figura 1 (Multithreading) representa o comportamento dos processadores multithreads que buscam diminuir o desperdício vertical, trocando a thread em execução quando da ocorrência de um stall; essa troca de contexto também é chamada de troca leve (pois requer poucos ciclos), para diferenciar da troca realizada pelo sistema operacional (S.O.), que pode custar até centenas de ciclos.

Já os processadores SMT, Figura 1 (Simultaneous multithreading), vão um passo além na diminuição do desperdício: além de não precisar trocar o contexto das threads (desperdício vertical), como o processador tem as instruções de mais de uma thread disponível simultaneamente, ele pode escolher melhor quais instruções enviar ao pipeline, melhorando o paralelismo das instruções (o que diminui o desperdício horizontal) e mitigando a latência causada pelos caches misses (diminuição do desperdício vertical).



**Figura 1: Multithreads simultâneas** (Fonte: [1])

*Desvantagens do SMT:* Dependendo do design e da arquitetura do processador, o multithreading simultâneo pode diminuir o desempenho se qualquer um dos recursos compartilhados forem “engargalados” em função do desempenho. Existe também uma preocupação de segurança com certas implementações de multithreading simultâneas. O Hyperthreading da Intel em processadores baseados no NetBurst possui uma vulnerabilidade através da qual é possível que um aplicativo roube uma chave criptográfica de outro aplicativo executado no mesmo processador, monitorando o uso do cache.

Fontes:

- [1] - Eggers, S. J., Emer J. S., Levy, H. M., Lo, J. L., Stamm, R. L., Tullsen, D. M. Simultaneous Multithreading: A Platform for Next-Generation Processors. IEEE Micro, (Set/Out 1997), 12-19
- [2] – Simultaneous Multi-Threading , disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous\\_multithreading](https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_multithreading)> acesso em 02/05/2019.
- [3] - Leme, F. "Processadores SMT e paralelismo em nível de threads." . Unicamp.