

Organização de Computadores 2018.2

GABARITO AD2

1. (2,0) Considere um computador, cuja representação para ponto fixo e para ponto flutuante utilize 18 bits. Na representação em ponto flutuante, as combinações possíveis de bits representam números

S	Expoente — complemento a 2	b ₁ b ₂ b ₃ b ₄ b ₅ b ₆ b ₇ b ₈ b ₉ b ₁₀ b ₁₁
1	6	11

normalizados do tipo $\pm(1, b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 b_8 b_9 b_{10} b_{11} \times 2^{\text{Expoente}})$, onde o bit mais à esquerda representa o sinal (0 para números positivos e 1 para números negativos), os próximos 6 bits representam o expoente em complemento a 2 e os 11 bits seguintes representam os bits b₁ a b₁₁, como mostrado na figura a seguir:

a) Considere o seguinte conjunto de bits representado em hexadecimal EAC00. Indique o valor deste número em decimal, considerando-se que o conjunto representa: (111010101100000000)₂

i. um inteiro sem sinal.

$$2^{17} + 2^{16} + 2^{15} + 2^{13} + 2^{11} + 2^9 + 2^8 = 240.384$$

ii. um inteiro em sinal magnitude.

$$-(2^{16} + 2^{15} + 2^{13} + 2^{11} + 2^9 + 2^8) = -109.312$$

iii. um inteiro em complemento a 2.

$$-2^{17} + (2^{16} + 2^{15} + 2^{13} + 2^{11} + 2^9 + 2^8) = -21.760$$

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

i. +27,75

Convertendo para binário = 11011,11

$$11011,11 = 1,101111 \times 2^{+4}$$

Temos então:

Sinal = 0 (positivo)

Expoente = +4 = (representando em complemento a 2) = 000100

Mantissa = ,101111

Resultado: 0 000100 10111100000

ii. -12,55

Convertendo para binário = 1100,10001100110011001100...

$$1100,10001100110011001100... = 1,10010001100110011001100... \times 2^{+3}$$

Temos então:

Sinal = 1 (negativo)

Expoente = +3 = (representando em complemento a 2) = 000011

Mantissa = ,10010001100110011001100

Resultado: 1 000011 10010001100

c) Indique o menor e o maior valor positivo normalizado na representação em ponto flutuante para este computador. Mostre os valores em decimal.

Maior positivo: 0 011111 1111111111 =

$$1, 1111111111 \times 2^{+31} = +4.293.918.720$$

$$\begin{aligned}\text{Menor positivo: } 0 \ 100000 \ 000000000000 &= \\ 1, 000000000000 \times 2^{-32} &= +2,33 \times 10^{-10}\end{aligned}$$

- d) Caso se deseje utilizar a representação em excesso para representar o expoente, indique o excesso a ser utilizado e o menor e o maior valor positivo normalizado para esta nova representação. Mostre os valores em decimal.

$$\text{Excesso} = 2^{(n-1)} - 1 \Rightarrow (\text{sendo } n = \text{número de bits do expoente} = 6) = 31$$

$$\begin{aligned}\text{Maior positivo: } 0 \ 111110 \ 111111111111 &= (\text{expoente: } 62 - 31 = 31) \\ 1, 111111111111 \times 2^{+31} &= +4.293.918.720\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Menor positivo: } 0 \ 000001 \ 000000000000 &= (\text{expoente: } 1 - 31 = -30) \\ 1, 000000000000 \times 2^{-30} &= +9,31 \times 10^{-10}\end{aligned}$$

2. (1,0) Explique 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/. Na sua resposta indique as suas fontes de consulta).

(Texto base dos sites: www.guiadohardware.net e 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 as 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 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 fotocopiadoras 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 reservatório de toner, atraindo-o nas partes carregadas, 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. (1,0) Considere um sistema onde o número de ciclos de relógio para uma operação por programa é igual a 80, o processador utiliza um relógio de 2.400 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 80 ciclos. São necessários, então, $25 \times 80 = 2000$ 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:
$$2000 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,0008333 \text{ ou } 0,08333\%$$

- b) Um leitor de DVD que transfere dados para o processador em unidades de 64 bits e possui uma taxa de transferência de dados de 960 KB/segundo.

*Taxa de transferência = 960KB/s = 960.000 B/s.
Em cada operação é transferida uma unidade de 64 bits ou 8 bytes.
A cada segundo ocorrem $960.000B / 8B = 120.000$ operações, como cada operação leva 80 ciclos, então, o total de ciclos será $120.000 \times 80 = 9,6 \times 10^6$ ciclos/s.
O relógio é de 2.400MHz, que corresponde a $2,4 \times 10^9$ ciclos. O overhead será obtido pela seguinte razão:*
$$9,6 \times 10^6 \text{ ciclos/s} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,004 \text{ ou } 0,4\%$$

*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 80 ciclos, então, o total de ciclos será $1.000.000 \times 80 = 80 \times 10^6$ ciclos/s.

O relógio é de 2.400MHz, que corresponde a $2,4 \times 10^9$ ciclos.

O overhead será obtido pela seguinte razão:

$$80 \times 10^6 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,03333 \text{ ou } 3,33\%$$

4. (3,0) Explique, comparando:

- a) 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.

- b) Sistemas SMP e Sistemas NUMA (Forneça exemplos atuais de sistemas SMP e Sistemas NUMA).

Sistemas SMP (ou UMA) têm como característica o acesso a todas as partes da memória principal com tempo de acesso uniforme. Em sistemas NUMA, todos os processadores possuem também acesso a todas as partes da memória principal podendo diferir o tempo de acesso em relação às posições da memória e processador.

Nos sistemas SMP o aumento no número de processadores tem como consequência problemas de tráfego no barramento degradando o desempenho. Uma solução para isto é a utilização de clusters, que tem, usualmente, como consequência alterações significativas na aplicação (software). Nos sistemas NUMA podem-se ter vários nós multiprocessadores, cada qual com seu próprio barramento, resultando em pequenas alterações na aplicação (software).

Exemplo de NUMA: Cray T3E, SGI Origin 3000

Exemplo de SMP: Maioria dos servidores da HP, IBM e mais recentemente arquiteturas multicore que acessam a mesma memória principal.

- c) Arquiteturas RISC e Arquiteturas CISC (Forneça exemplos em processadores atuais de características RISC e CISC).

RISC: Reduced Instruction Set Computer – Computador com um conjunto reduzido de instruções

CISC - Complex Instruction Set Computer: Computador com um conjunto complexo de instruções

CISC: Principais características:

Possui microprogramação para aumento da quantidade de instruções incluindo novos modos de endereçamento, de forma a diminuir a complexidade dos compiladores e em consequência permitir linguagens

de alto nível com comandos poderosos para facilitar a vida dos programadores. Em contrapartida, muitas instruções significam muitos bits em cada código de operação, instrução com maior comprimento e maior tempo de interpretação.

RISC: Principais características:

Menor quantidade de instruções e tamanho fixo. Não há microprogramação. Permite uma execução otimizada, mesmo considerando que uma menor quantidade de instruções vá conduzir a programas mais longos. Uma maior quantidade de registradores e suas utilizações para passagem de parâmetros e recuperação dos dados, permitindo uma execução mais otimizada de chamada de funções. Menor quantidade de modos de endereçamento com o objetivo de reduzir de ciclos de relógio para execução das instruções. Instruções de formatos simples e únicos tiram maior proveito de execução com pipeline cujos estágios consomem o mesmo tempo.

Os processadores Intel e AMD são exemplos de processadores CISC, já o Power PC e o Sparc da Sun (não tão atuais) são exemplos da arquitetura RISC. Podemos dizer que os processadores atuais são na verdade uma mistura das duas implementando em um chip o que é vantajoso de cada arquitetura.

5. (1,0) Faça uma pesquisa no site www.top500.org e descreva os três Sistemas Computacionais de maior desempenho da atualidade.

O site disponibiliza 2 vezes por ano (em junho e novembro) uma lista com os 500 sistemas de maior desempenho na atualidade. As 3 primeiras posições da lista de junho de 2018 são:

1º. Lugar: Summit, um supercomputador construído pela IBM e atualmente em funcionamento no Laboratório Nacional de Oak Ridge (ORNL) do Departamento de Energia (DOE), chegou ao primeiro lugar com um desempenho de 122,3 petaflops no High Performance Linpack (HPL), o benchmark usado para classificar o Lista TOP500. 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.

2º. Lugar: Sunway TaihuLight, um sistema desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa de Engenharia e Tecnologia de Computadores Paralelos da China (NRCPC) e instalado no Centro Nacional de Supercomputação em Wuxi, cai para o segundo lugar depois de liderar a lista nos últimos dois anos. Sua marca HPL de 93 petaflops permaneceu inalterada desde que entrou em operação em junho de 2016.

3º. Lugar: Sierra, um novo sistema do Laboratório Nacional Lawrence Livermore, do DOE, ficou em terceiro lugar, entregando 71,6 petaflops em HPL. Construído pela IBM, a arquitetura da Sierra é semelhante à da Summit, com cada um dos seus 4.320 nós possuem duas CPUs Power9 e quatro GPUs NVIDIA Tesla V100 e usa na interconexão do sistema o mesmo que o Summit, Mellanox EDR InfiniBand.

6. (2,0) Analise os modos de endereçamento direto, indireto, base mais deslocamento, indexado 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.

No modo indexado: *neste modo o endereço do dado é a soma do valor do campo operando (que é fixo para todos os elementos de um dado vetor) e de um valor armazenado em um dos registradores da UCP (normalmente denominado registrador índice). Vantagem: Rapidez de execução das instruções de acesso aos dados, visto que a alteração do endereço dos elementos é realizada na própria UCP*

No modo de endereçamento base mais deslocamento *o endereço é obtido da soma do campo de deslocamento com o conteúdo do registrador base. Este modo de endereçamento tem como principal objetivo permitir a modificação de endereço de programas ou módulos destes, bastando para isso alterar o registrador base. Vantagem: Reduz o tamanho das instruções e facilita o processo de relocação de programas.*