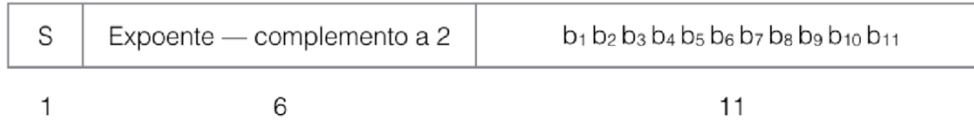


GABARITO AD2 - Organização de Computadores 2019.2

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



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 : (111010101100000001)₂. Indique o valor deste número em decimal, a cada representação solicitada

i. um inteiro sem sinal

$$2^{17} + 2^{16} + 2^{15} + 2^{13} + 2^{11} + 2^9 + 2^8 + 2^0 = 240.385$$

ii. um inteiro em sinal magnitude.

$$-(2^{16} + 2^{15} + 2^{13} + 2^{11} + 2^9 + 2^8 + 2^0) = -109.313$$

iii. um inteiro em complemento a 2.

$$-2^{17} + (2^{16} + 2^{15} + 2^{13} + 2^{11} + 2^9 + 2^8 + 2^0) = -21.759$$

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

i. +27,50

Convertendo para binário = 11011,1

11011,1 = 1,10111 x 2⁺⁴

Temos então:

Sinal = 0 (positivo)

Expoente = +4 = (complemento a 2) = 4₁₀ = 000100₂

Mantissa = , 10111

Resultado: 0 000100 1011100000

ii. -13,55

Convertendo para binário = 1101,10001100110011001100110...

1,10110001100110011001100110... = 1,10110001100110011001100110 x 2⁺³

Temos então:

Sinal = 1 (negativo)

Expoente = +3 = (complemento a 2) = 3₁₀ = 000011₂

Mantissa = , 10110001100110011001100110

Resultado: 1 000011 10110001100

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

Menor negativo: 1 011111 1111111111 = (expoente = +31)

-1,1111111111 x 2⁺³¹ = -4.293.918.720

Maior negativo: 1 100000 0000000000 = (expoente = -32)

-1,0000000000 x 2⁻³² = -2,328 x 10⁻¹⁰

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.

Menor negativo: $1\ 11110\ 111111111 = (\text{excesso de } 31 / \text{expoente} = +62 - 31 = +31)$
 $-1,111111111 \times 2^{+31} = -4.293.918.720$
 Maior negativo: $1\ 000001\ 0000000000 = (\text{excesso de } 32 / \text{expoente} = 1 - 31 = -30)$
 $-1,0000000000 \times 2^{-30} = -2,328 \times 10^{-10}$

2. (1,0) Considere um sistema onde o número de ciclos de relógio para uma operação por programa é igual a 100, 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 gera dados a uma taxa de 50 amostras por segundo, assumindo que cada amostra gera 8 bits e que esses 8 bits são processados em uma única operação.

O mouse é consultado 50 vezes por segundo. Cada operação de consulta consome 100 ciclos.

São necessários, então, $50 \times 100 = 5000$ 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:

$5000 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,0000208333$ ou $0,000208333 \%$

- b) Um leitor de DVD que transfere dados para o processador em unidades de 128 bits e possui uma taxa de transferência de dados de 960 KB/segundo.

Em cada operação é transferida uma unidade de 128 bits ou 16 bytes.

A cada segundo ocorrem $960.000B / 16B = 60.000$ operações, como cada operação leva 100

ciclos, então, o total de ciclos será $60.000 \times 100 = 6 \times 10^6$ ciclos/s.

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

O overhead será obtido pela seguinte razão:

$6 \times 10^6 \text{ ciclos/s} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,0025$ ou $0,25\%$

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) Quem causa maior overhead? Ordene do maior overhead para o menor. Indique qual disco rígido você recomendaria para compra, levando em conta o overhead e possivelmente outros fatores que você julgar relevantes.

- 1 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 = $4MB/s = 4.000.000 \text{ B/s}$.

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

100 ciclos, então, o total de ciclos será $1.000.000 \times 100 = 100 \times 10^6$ ciclos/s.

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

O overhead será obtido pela seguinte razão:

$100 \times 10^6 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,0416667$ ou $4,17\%$

- 2 Um disco rígido que transfere dados para o processador em unidades de 64 bits e possui uma taxa de transferência de 4 MB/segundo.

Taxa de transferência = $4MB/s = 4.000.000 \text{ B/s}$.

Em cada operação é transferida uma unidade de 64 bits ou 8 bytes.

A cada segundo ocorrem $4.000.000B / 8B = 500.000$ operações, como cada operação leva

100 ciclos, então, o total de ciclos será $500.000 \times 100 = 50 \times 10^6$ ciclos/s.

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

O overhead será obtido pela seguinte razão:

$50 \times 10^6 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,020833$ ou $2,08\%$

- 3 Um disco rígido que transfere dados para o processador em unidades de 32 bits e possui uma taxa de transferência de 1 MB/segundo.

Taxa de transferência = $4MB/s = 4.000.000 \text{ B/s}$.

*Em cada operação é transferida uma unidade de 32 bits ou 4 bytes.
A cada segundo ocorrem $1.000.000B / 4B = 250.000$ operações, como cada operação leva 100 ciclos, então, o total de ciclos será $250.000 \times 100 = 25 \times 10^6$ ciclos/s.
O relógio é de 2.400MHz, que corresponde a $2,4 \times 10^9$ ciclos.
O overhead será obtido pela seguinte razão:
 $25 \times 10^6 \text{ ciclos/seg} / (2,4 \times 10^9 \text{ ciclos/seg}) = 0,01042$ ou 1,04%*

Conclusão: Do maior para o menor overhead, Item 1 com 4,17%, item 2 com 2,08% e por fim item 3 com 1,04%

3. (1,0) Explique o funcionamento dos quatro seguintes tipos de impressora: matricial, jato de tinta, laser e impressora 3D. (sugestões de fonte de consulta: livro do Stallings e do Mário Monteiro e o site www.guiadohardware.net/ além de <https://www.tecmundo.com.br/impressora/2501-como-funciona-a-impressora-3d-.htm> Na sua resposta indique as suas fontes de consulta).

(Texto base dos sites: www.guiadohardware.net, www.infowester.com, www.cammada.com/tecnologias, www.tecmundo.com.br)

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.

Impressora 3D

O conceito de impressão 3D consiste na produção de um objeto detalhado com volume e profundidade. Existem diversas tecnologias diferentes para a produção de um objeto tridimensional para um determinado propósito, cada uma delas possui suas próprias vantagens e problemas, cabendo a quem compra o equipamento definir as prioridades e necessidades, dentre questões como: custo dos materiais de impressão, maleabilidade, velocidade de impressão, capacidades (para um usuário ou vários compartilhados), qualidade e resolução (para impressão detalhada) e necessidade de cores

FDM (Fused Deposition Modeling): Esta é a tecnologia mais difundida no meio da impressão 3D. O material vem em forma de filamento (como se fosse uma linha plástica grossa em um grande carretel) que passa por um sistema que vai aquecendo esse plástico até que ele amoleça o suficiente para passar no bico extrusor, e quando encosta na mesa (plataforma na impressora que faz o suporte da impressão) ele começa a resfriar rapidamente e volta a endurecer, solidificando o seu objeto. É o bico extrusor que se move em um plano desenhando uma camada da peça, quando esta estiver pronta, sobe um nível na vertical, iniciando o depósito de outra camada, repetindo esse processo, camada por camada, até que o seu modelo se materialize.

SLA (Stereolithography): Neste tipo de tecnologia o material encontra-se em estado líquido em um pequeno reservatório. A impressora possui um laser de precisão que desenha camada por camada na superfície desse líquido, assim tornando-o sólido nos pontos exatos. A cada camada feita, o objeto vai "afundando" neste líquido até que seja feita a última camada, a peça é retirada do líquido, limpa e extraída as partes não consolidadas, passa por uma última etapa que consiste em uma cura em forno. (<https://youtu.be/BUfh5wxj3qA>)

SLS (Selective Laser Sintering) Nesta tecnologia o material (em forma de pó) é aplicado em uma mesa em camadas super finas e um potente laser funde esse pó, derretendo uma fina camada que se solidifica rapidamente, depois repassa as camadas deste material em pó e o procedimento é repetido novamente até a última camada. No final temos uma bandeja cheia deste material em pó e seu modelo encontra-se materializado lá dentro. O produto final é obtido após limpeza do pó. (<https://youtu.be/gbtu3wBJ-pY>)

SDL (Selective Deposition Lamination) : O material usado para essa tecnologia de impressão 3D é papel. Uma folha de papel é adicionada na mesa de impressão e uma fina camada de cola é aplicada somente onde será feito o objeto, então um laser corta o papel no formato desta primeira camada do objeto. Logo após, vem a próxima camada de papel e o processo se repete camada por camada até formar a sua peça. (https://youtu.be/SK8E_r2jOMM)

DMLS (Direct Metal Laser Sintering): Esta tecnologia é muito parecida com a SLS, mas agora utiliza-se metais mais pesados e de elevada temperatura de fusão, como aço e titânio, por exemplo. O material também está em formato de pó e é sintetizado e solidificado por um feixe de laser super potente que se move sobre o reservatório cheio de pó, fazendo assim uma camada sólida do modelo. Depois de cada passagem do laser, uma nova camada de pó é aplicada, até que todas as fatias estejam solidificadas e seu modelo materializado.

EBM (Electronic Beam Melting): Este processo de impressão é bem parecido com o DMLS, porém é muito mais avançado em termos tecnológicos, podendo produzir peças com 100% de densidade e suas propriedades materiais são muito melhores do que os metais fundidos. Ela não utiliza o laser como na DMLS, possui um feixe de elétrons que derrete as finas camadas de pó de metal camada por camada, em um sistema isolado que mantém o material sob vácuo, até atingir a fusão completa do pó de metal. Por ser a tecnologia de impressão mais avançada, é usada por grandes empresas do meio automobilístico, medicina, aviação e até espacial. (https://youtu.be/M_qSnjKN7f8)

4. (2,5) Crie 1 conjunto de instruções de um operando, definidas em Linguagem Assembly, necessárias para a realização de operações aritméticas e elabore um programa para o cálculo da equações abaixo.

$$X = (A/D - C) + (B * (D - E/B))$$

I_ CONJUNTO DE INSTRUÇÕES PARA 1 OPERANDO:

```
ADD X      => (ACC) <- (ACC) + (X)
SUB X      => (ACC) <- (ACC) - (X)
MUL X      => (ACC) <- (ACC) * (X)
DIV X      => (ACC) <- (ACC) / (X)
LOAD X     => (ACC) <- (X)
STORE X    => (X) <- (ACC)
```

$$X = (A/D - C) + (B * (D - E/B))$$

```
LOAD A     => (ACC) <- (A)
DIV D      => (ACC) <- (ACC) / (D)
SUB C      => (ACC) <- (ACC) - (C)
STORE T1   => (T1) <- (ACC)
LOAD E     => (ACC) <- (E)
DIV B      => (ACC) <- (ACC) / (B)
STORE T2   => (T2) <- (ACC)
LOAD D     => (ACC) <- (D)
SUB T2     => (ACC) <- (ACC) - (T2)
MUL B      => (ACC) <- (ACC) * (B)
ADD T1     => (ACC) <- (ACC) + (T1)
STORE X    => (X) <- (ACC)
```

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 acessos 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 = Operando

Ri = Registrador de índice

Rb = 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.

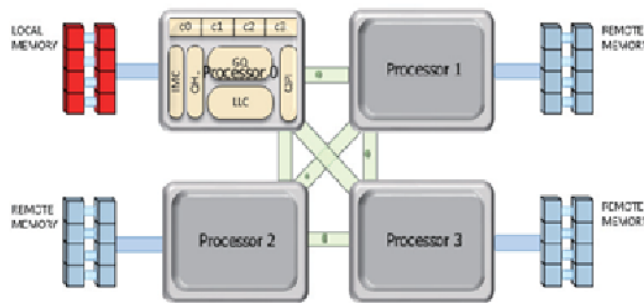
Exemplos de linguagem interpretadas: ASP, BASIC, Java, PHP, Python, Lisp entre outras.

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

6. (1,5) Faça uma pesquisa sobre o conceito de sistemas NUMA, no contexto de arquiteturas multicore, e explique a importância da localidade de dados nestas arquiteturas multicore, considerando que os núcleos (cores) não acessam os módulos de memória em tempos uniformes.

NUMA (Non-uniform memory access) ou seja, acesso não uniforme à memória. Nestas arquiteturas o acesso à memória pelos processadores não é uniforme. Essa não uniformidade é melhor visualizada em arquiteturas multiprocessadas (vários processadores) onde cada processador possui seu banco de memória. O conjunto de todos esses bancos locais forma o total de memória principal (MP) do computador. Um processador pode acessar o banco de memória de seu colega, entretanto o tempo de acesso ao banco remoto será superior ao do seu próprio banco.

Os primeiros processadores multicore acessavam a memória através de um barramento compartilhado, ou seja, todos os núcleos compartilhavam uma memória comum. Esse design é conhecido como UMA ou Acesso Uniforme à Memória. A medida que o número de núcleos aumentava, surgiam problemas de contenção. O acesso ao barramento tornou-se um gargalo na escalabilidade, impedindo a adição de mais núcleos. Para resolver esse problema, os designers de CPU introduziram um novo layout baseado em NUMA. As CPUs mais modernas, se não todas, implementam uma arquitetura multicore em uma topologia NUMA.



ARQUITETURA MULTICORE NUMA

Na figura acima vemos que cada processador multicore, com 4 núcleos cada (c0,c1,c2,c3), possui seu próprio banco de memória. O processador 0, além de ter acesso ao seu banco local, pode acessar os outros bancos (bancos remotos) comunicando-se com os outros processadores através de barramentos próprios. Certamente, o tempo de acesso ao banco local é inferior ao do banco remoto.