Questão **1**

Resposta salva

Vale 5,00 ponto(s).

Considere o programa:

```
#include

int main () {
  float ouro = 1.6180339887498948482045868343656381 1; // https://pt.wikipedia.org/wiki/
Lista_de_constantes_matem%C3%A1ticas
  printf ("%0.19f\n", ouro);
}
```

O código assembly gerado é:

```
        .file   "float.c"
        .text
        .section        .rodata
.LC1:
        .string "%0.19f\n"
        .text
        .globl  main
        .type   main, @function
main:
.LFB0:
        .cfi_startproc
        endbr64
        pushq   %rbp
        .cfi_def_cfa_offset 16
        .cfi_offset 6, -16
        movq    %rsp, %rbp
        .cfi_def_cfa_register 6
        subq    $16, %rsp
        movss   .LC0(%rip), %xmm0
        movss   %xmm0, -4(%rbp)
        cvtss2sd        -4(%rbp), %xmm0
        leaq    .LC1(%rip), %rdi
        movl    $1, %eax
        call    printf@PLT
        movl    $0, %eax
        leave
        .cfi_def_cfa 7, 8
        ret
        .cfi_endproc
.LFE0:
        .size   main, .-main
        .section        .rodata
        .align 4
.LC0:
        .long   1070537661
        .ident  "GCC: (Ubuntu 9.4.0-1ubuntu1~20.04.2) 9.4.0"
        .section        .note.GNU-stack,"",@progbits
        .section        .note.gnu.property,"a"
        .align 8
        .long    1f - 0f
        .long    4f - 1f
        .long    5
0:
        .string  "GNU"
1:
        .align 8
        .long    0xc0000002
        .long    3f - 2f
2:
        .long    0x3
3:
        .align 8
4:
```

a-) Onde, no código em assembly, está a constante 1.6180339887498948482045868343656381 1 (use os rótulos como referência) - 1,5pt

b-) Mostre, **por conversão dos números, indique as contas, apresente resultados intermediários**, que a constante que você identificou no assembly corresponde a 1.6180339887498948482045868343656381 1 - 2pt

c-) Há erros de arredondamento que iniciam por volta da sexta casa decimal, por quê? - 1,5pt

a) Os dados em assembly são armazenados dentro da seção ".rodata"(ready-only data), em específico, as constantes ficam armazenadas no rótulo ".LCx", que o "GCC" tipicamente cria para armazenar dados locais. Nesse caso, como foi usado um *float*, o compilador guarda um decimal de 32 bits para representar o flutuante especificado por um número flutuante de precisão única pela IEEE 754. Assim o número está representado em ".long 1070537661".

b) Para se fazer a conversão do decimal guardado em memória para a representação flutuante, pela norma IEEE 754, deve-se converter o número "1070537661" em base 10 para binário, que então fica: "00111111100111100011101110111101". Como é um flutuante de precisão única, há 1 bit de sinal, 8 bits de expoente enviesado em 127 e 23 bits de mantissa, separando respectivamente tem-se: "0", "01111111" e "10011110001101110111101". Dessa forma, como o bit de sinal é 0, é um número positivo. Convertendo o expoente para decimal tem-se 127 que desenviesando tem-se 127-127 = 0, logo o expoente é 0. Para a mantissa, é necessário converter de forma fracionada para decimal, assim tem-se "0.10011110001101110111101", que para decimal resulta em aproximadamente "0.6180340051651000977". Para achar o número flutuante usa-se a fórmula; $(-1)^{\text{bit de sinal}} * 2^{\text{expoente}} * 1.\text{mantissa}$. Portanto, o número armazenado no assembly é $(-1)^0 * 2^0 * 1.6180340051651000977 = 1.6180340051651000977$.

c) Em ponto flutuante de precisão única há apenas 23 bits de mantissa, dessa maneira, não há como representar infinitos números reais, sendo necessário arrendondar em certa precisão. Para calcular quando há necessidade de arrendondar, é possível usar a fórmula $\log_{10}(2^{\text{bits de mantissa}})$, que para a precisão usada, ficaria $\log_{10}(2^{23})$ que é aproximadamente 6,92 casas decimais. Assim, por volta de 6 casas há a necessidade de usar alguma técnica de arredondamento já convencionada pela norma IEEE 754.

Questão **2**

Resposta salva

Vale 5,00 ponto(s).

Considere dois sistemas, ambos com memória de 16MBytes, um com cache de endereçamento direto de 16KLinhas e outro com cache de endereçamento associativo por conjunto em duas vias também com 16KLinhas. Uma linha tem 4 palavras, a palavra tem 1 Byte.

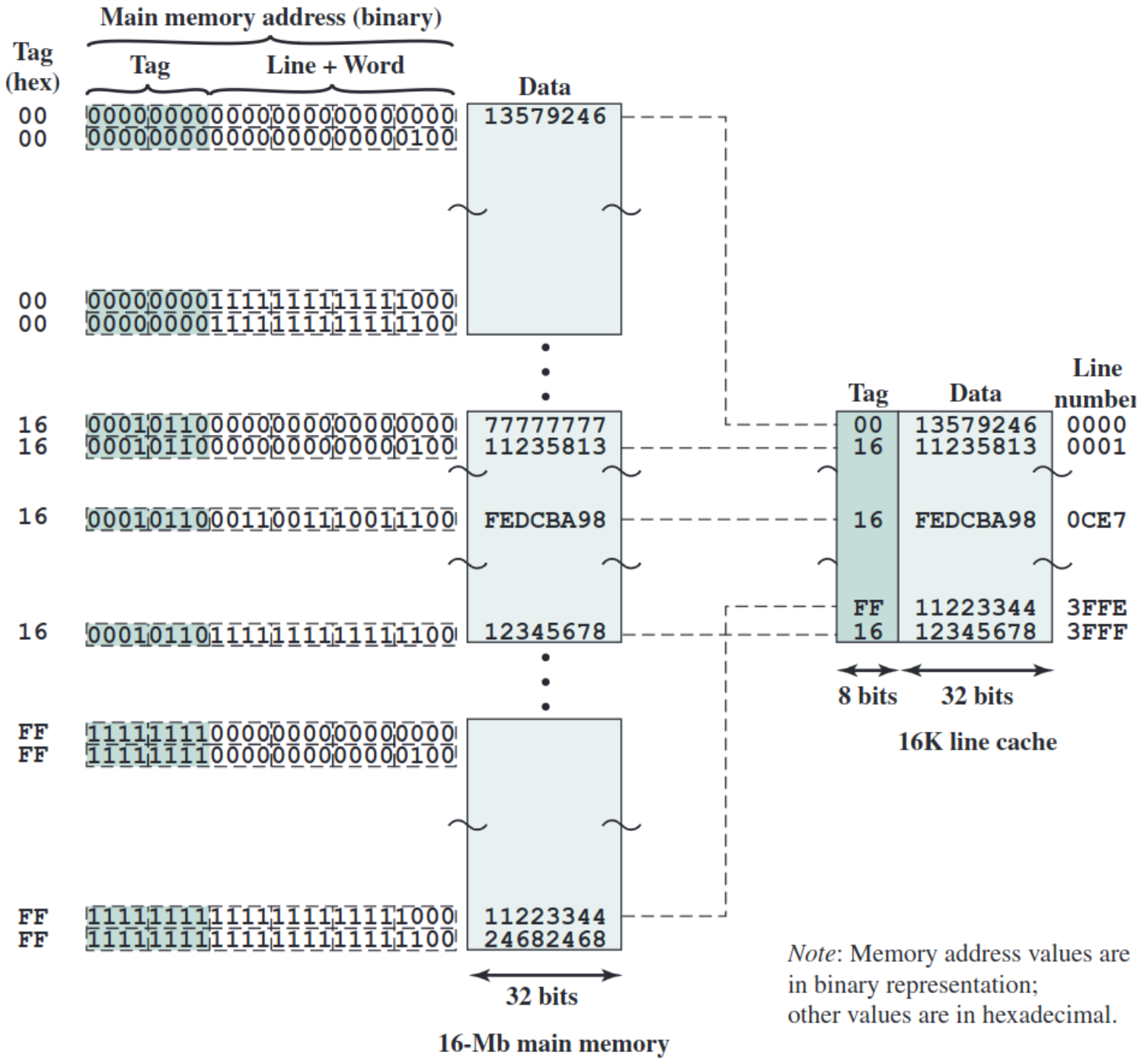
Em ambos sistemas, o processador acessa os endereços que contém dados no diagrama, em sequência crescente de endereços. Ié, acessa os endereços 0x000000, 0x000001, 0x000002, 0x000003, em seguida , 0x160000, 0x160001, 0x160002, 0x160003, em seguida, 0x0x160004, 0x160005, 0x160006, 0x160007, em seguida, 0x16339C, 0x16339D, 0x16339E, 0x16339F, e assim por diante.

a-) Nessa sequência de operação, quando há substituição de linha do cache no sistema com cache de endereçamento *direto*? Por exemplo, "quando o processador acessar o endereço X, o conteúdo da linha L é substituído". Quantas substituições são feitas? - 1,5pt

b-) Nessa sequência de operação, quando há substituição de linha do cache no sistema com cache de endereçamento *associativo por conjunto*? Por exemplo, "quando o processador acessar o endereço X, o conteúdo da linha L da via V é substituído". Quantas substituições são feitas? - 1,5pt

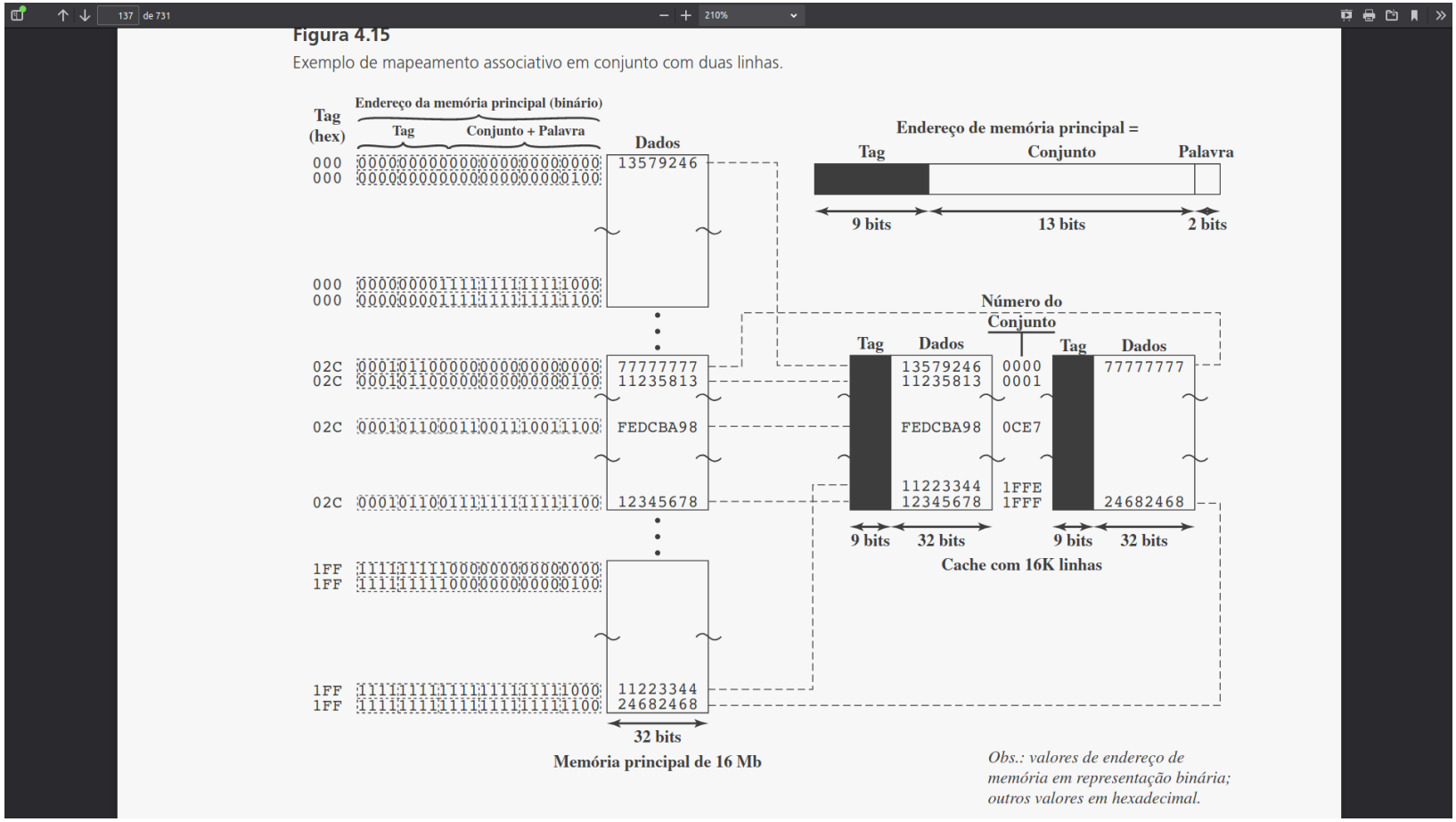
c-) No sistema com cache de endereçamento associativo por conjunto, após a sequência de acessos ser completada, acrescente um acesso de maneira a forçar uma substituição de linha, diga que linha deve ser substituída usando a política LRU. 2pt.

Como apoio, são apresentados os diagramas 4.10 e 4.15 do livro Computer Organization and Architecture de STALLINGS, W. que ilustram a sequência de acessos à memória e a atualização do cache.


Main memory address (binary)
Tag
Line + Word
Tag (hex)
Data
00 00000000000000000000000000
00 00000000000000000000000100
00 00000000111111111111111000
00 00000000111111111111111100
16 00010110000000000000000000
16 00010110000000000000000100
16 00010110001100111001111100
16 00010110111111111111111100
FF 11111111000000000000000000
FF 11111111000000000000000100
FF 11111111111111111111111000
FF 11111111111111111111111100
13579246
77777777
11235813
FEDCBA98
12345678
11223344
24682468
32 bits
16-Mb main memory
Tag
Data
Line number
00 13579246 0000
16 11235813 0001
16 FEDCBA98 0CE7
FF 11223344 3FFE
16 12345678 3FFF
8 bits
32 bits
16K line cache
Note: Memory address values are in binary representation; other values are in hexadecimal.

Tag **Line** **Word**

bb



cc

a) Para calcular as substituições de linha, é necessário calcular primeiramente o modo de designar a linha do cache para

cada endereçamento da memória primária, para isso, no sistema de cache por endereçamento direto é feita uma função hash da seguinte maneira: "i = j mod m", onde i é o número da linha no cache, j o número do bloco na memória principal, e m o número total de linhas no cache. O m é dado pelo exercício como 16*1024 linhas, o j é calculado a partir da quantidade de palavras que o cache armazena por linha, ou seja, quantos endereços de memória sequenciais o cache guarda em uma linha, nesse caso, o exercício dá como 4 palavras, dessa forma para descobrir o bloco da memória principal, basta pegar o resultado da divisão euclidiana entre o endereço e 4, exemplo: 0x16339C/4 = 0x0CE7. Assim, a quantidade de dados distintas que uma linha do cache pode receber se dá por "(tamanho da RAM) / (palavras por linha * tamanho do cache)" = (16*1024*1024) / (4 * 16*1024) = 256.
Para o acesso aos dados do diagrama é dado 7 sequências de 4 palavras cada, assim é feita uma escrita no cache por sequência. Dessa forma calculando a linha do cache de cada sequência tem-se: i0 = 0x000000/4 mod 16*1024 = 0x0, i1 = 0x160000/4 mod 16*1024 = 0x0, i2 = 0x160004/4 mod 16*1024 = 0x1, i3 = 0x16339C/4 mod 16*1024 = 0xCE7, i4 = 0x16FFFC/4 mod 16*1024 = 0x3FFF, i5 = 0xFFFFF8/4 mod 16*1024 = 0x3FFE, i6 = 0xFFFFFC/4 mod 16*1024 = 0x3FFF. Portanto, é possível visualizar 2 substituições: ao acessar a sequência que se inicia em i1, pois essa linha já estava com o dado de i0 e ao acessar a sequência que se inicia em i6, pois já estava ocupada com a sequência que se inicia em i4.

b) Para o sistema de cache com endereço associativo por conjunto, o cálculo do hash muda um pouco em relação ao sistema direto, da seguinte maneira: "i = j mod v", o j é o mesmo do endereçamento direto citado em "a", o v é número de conjuntos, que pode ser calculado do seguinte jeito: "v = m/k", onde m é o número de linhas no cache, e k o número de linhas em cada conjunto. O k é dado no exercício ao afirmar que há duas vias e m é 16*1024, assim v = 16*1024/2 = 8192.

Dessa forma, para o acesso aos dados do diagrama é feito os cálculos: i0 = 0x000000/4 mod 8192 = 0x0, i1 = 0x160000/4 mod 8192 = 0x0, i2 = 0x160004/4 mod 8192 = 0x1, i3 = 0x16339C/4 mod 8192 = 0xCE7, i4 = 0x16FFFC/4 mod 8192 = 0x1FFF, i5 = 0xFFFFF8/4 mod 8192 = 0x1FFE, i6 = 0xFFFFFC/4 mod 8192 = 0x1FFF. Como há duas vias, ao acessar o i1 e i6, é guardado na segunda via que até então está vazia, dessa forma não há substituições acessando as 7 sequências dadas.

c) Para forçar uma substituição de linha, é necessário ter um acesso à memória que o conjunto resultante do cache seja um com as duas vias ocupadas, nesse caso, após os 7 acessos, o conjunto 0x0 está cheio. Dessa forma, pode-se acessar o endereço 0x320000 que ao calcular o hash, 0x320000/4 mod 8192 = 0x0, irá conflitar com o conjunto, sendo necessário a substituição de uma das vias. Para a seleção da via é usado então a política LRU (*least recently used*), ou seja, irá ser selecionado a via que faz mais tempo que foi acessada, nesse caso, irá substituir a via que continha os dados da sequência iniciada pelo endereço 0x000000.