

Este exame tem 7 questões, num total de 200 pontos. Fundamente todas as respostas.

Responda às questões 1 e 7 numa folha dupla e a cada uma das restantes numa folha simples separada.

Análise de código

1. Considere o seguinte programa constituído por dois ficheiros.

```
extern "C" void asmfunc(unsigned int *seq1, unsigned int nval,
                        unsigned int *res);
unsigned int seq[] = { 7, 8, 3, 6, 3, 3, 9, 7, 11 };
unsigned int res[2];
int main()
{
    asmfunc(seq, 9, res);
    std::cout << res[0] << ' ' << res[1] << std::endl;
}
```

```
1 auxfunc PROC USES edi esi s:PTR DWORD,n:DWORD,f:BYTE
2     xor eax, eax
3     mov ecx, n
4     sub ecx, 2
5     jle fim
6     mov esi, s
7     add esi, 4
8 @@:   mov edx, [esi]
9     .IF f == 0
10        .IF edx > [esi-4] && edx > [esi+4]
11            inc eax
12        .ENDIF
13    .ELSE
14        .IF edx < [esi-4] && edx < [esi+4]
15            inc eax
16        .ENDIF
17    .ENDIF
18    add esi, 4
19    loop @B
20 fim:   ret
21 auxfunc ENDP
22
23 asmfunc PROC uses edi seq:PTR DWORD,nelem:DWORD,res:PTR DWORD
24     mov edi, res
25     invoke auxfunc, seq, nelem, 0
26     mov [edi], eax
27     invoke auxfunc, seq, nelem, 1
28     mov [edi+4], eax
29     ret
30 asmfunc ENDP
```

- [10] (a) Considere a *primeira invocação* da sub-rotina **auxfunc**, realizada a partir da linha 25, com **seq=00408000H**.

Indique os valores dos registos **EAX**, **ECX**, **EDX** e **ESI** após a execução das instruções nas linhas 8 e 19 para as *três primeiras iterações* do ciclo existente nessa sub-rotina.

Resposta:

Iteração 1:

EAX = 0, **ECX** = 7, **EDX** = 8, **ESI** = 004080004H

EAX = 1, **ECX** = 6, **EDX** = 8, **ESI** = 004080008H

Iteração 2:

EAX = 1, **ECX** = 6, **EDX** = 3, **ESI** = 004080008H

EAX = 1, **ECX** = 5, **EDX** = 3, **ESI** = 00408000CH

Iteração 3:

EAX = 1, **ECX** = 5, **EDX** = 6, **ESI** = 00408000CH

EAX = 2, **ECX** = 4, **EDX** = 6, **ESI** = 004080010H

- [10] (b) A sub-rotina **auxfunc** contém um ciclo (linhas 8–19). Durante a execução do programa quantas iterações deste ciclo são efetuadas?

Resposta: O número de iterações por invocação é $n-2$. Como a sub-rotina é invocada duas vezes com $n=9$ (número de elementos de **seq**), o número total de iterações é 14.

- [10] (c) Indique o que é apresentado no monitor e explique a tarefa realizada pelo programa.

Resposta: No monitor aparece: **3 2**

O programa determina o número de elementos da sequência **seq** que são estritamente maiores que os seus dois vizinhos (máximos locais) e também quanto são estritamente menores que os seus vizinhos (mínimos locais). Não considera para essa contagem os elementos dos extremos da sequência. A tarefa principal é executada pela sub-rotina **auxfunc**. O argumento **f** permite escolher entre máximos ($f=0$) e mínimos ($f \neq 0$). A sub-rotina **asmfunc** invoca **auxfunc** duas vezes, com os argumentos corretos (**seq** e o correspondente número de elementos, bem como o valor de **f**) e guarda os resultados na sequência **res**. Os endereços de **res** (onde guardar os resultados) e de **seq** são recebidos do programa principal. A sequência **res** é apresentada no monitor pelo programa principal.

- (d) Considere a primeira chamada da sub-rotina **auxfunc** e assumo que antes da execução da instrução da linha 3 o valor de **ESP** é 06000200H e que o estado da pilha é o seguinte (valores em hexadecimal):

Endereço	Conteúdo
06000218	00000000
06000214	?
06000210	00408000
0600020C	00204030
06000208	00400D00
06000204	0040F000
06000200	F5F5F5F5

- [5] i. Qual é o valor do elemento da pilha situado no endereço de memória 06000214H?

Resposta: Os valores residentes na pilha são (a partir do topo, i.e., de baixo para cima): **ESI**, **EDI**, **EBP** anterior, endereço de retorno, **s**, **n** e **f**. Logo, o valor pedido é o valor do parâmetro **n** = 00000009H = 9.

- [5] ii. Indique qual é a zona de memória (endereços inicial e final) ocupada pela sequência **res** (declarada no código C++).

Resposta: Na sub-rotina **asmfunc**, o endereço inicial de **res** é guardado no registo **EDI** (linha 24). Esse valor está na segunda posição da pilha, logo o endereço inicial é 0040F000H. Como a sequência **res** tem 8 bytes consecutivos (**int** corresponde a **SDWORD**) , o endereço do último é 0040F007H.

Sistemas de entrada/saída

2. Um sistema possui um CPU que funciona a 2 GHz e vários periféricos. Destes, um comunica com o CPU por interrupção e os restantes, todos iguais, comunicam por varrimento (*polling*). O periférico que usa a técnica de interrupção consome 1250 ciclos por interrupção. Cada periférico que usa varrimento precisa de ser interrogado 500 vezes por segundo, gastando 1000 ciclos por varrimento.

Todos os periféricos estão ativos em 10 % do tempo.

- [10] (a) Determine o número de periféricos com os quais é usado varrimento sabendo que o CPU despende 0,25 % dos ciclos com estes periféricos.

Resposta: Cada periférico necessita de 500 acessos por segundo, o que corresponde a $500 \times 1000 = 5 \times 10^5$ ciclos/s.

N periféricos necessitam de $5 \times 10^5 \times N$ ciclos/s, correspondendo a 0,25 % dos ciclos do CPU. Daqui resulta:

$$5 \times 10^5 \times N = 0,25 \% \times 2 \times 10^9$$

$$5 \times 10^5 \times N = 0,005 \times 10^9$$

$$N = 10$$

- [10] (b) Calcule o número máximo de interrupções por segundo que podem ocorrer de modo a não ser excedido 0,25 % do tempo que o CPU gasta com o periférico.

Resposta: Se o periférico estivesse sempre ativo seriam gastos $1250 \times N_{int}$ ciclos/acesso, sendo N_{int} o número de interrupções.

Contudo, a sua atividade ocorre em apenas 10 % do tempo, resultando:

$$10 \% \times 1250 \times N_{int} = 0,25 \% \times 2 \times 10^9$$

$$125 \times N_{int} = 500 \times 10^4$$

$$N_{int} = 40000$$

- [10] (c) Justifique por que motivo cada periférico que usa varrimento ocupa mais o CPU que o periférico que usa interrupção, apesar de cada interrupção gastar mais ciclos que cada varrimento.

Resposta: Na comunicação por varrimento o periférico deve ser interrogado como se estivesse sempre ativo para não haver perda de dados. Dizer-se que um periférico está ativo em 10 % do tempo não permite poupar ciclos de relógio na comunicação por varrimento. Pelo contrário, esta informação é relevante quando se usam interrupções, pois só são despendidos ciclos de relógio quando é necessária alguma operação de E/S com o periférico.

- [20] 3. As transações numa base de dados demoram atualmente, em média, 100 ms, dos quais 80 ms correspondem ao tempo de processamento dos dados e 20 ms ao tempo de acesso a disco. A evolução tecnológica permite obter processadores (P) e discos (D) que duplicam o seu desempenho *a cada ano* que passa. Apresente a melhor estratégia de atualização anual dos componentes desse sistema informático para os próximos 5 anos, considerando que em cada ano, por motivos económicos, só se pode atualizar um componente do sistema (P ou D).

Resposta: É importante não esquecer que a evolução tecnológica anual acontece independentemente de ser atualizar o sistema ou não. A tabela mostra a situação possível em cada ano. A escolha ótima é aquela que, em cada ano, minimiza o tempo total.

Data	t_P (ms)	t_D (ms)	Novo P (ms)	Novo D (ms)	Muda
Hoje:	80	20			
De hoje a 1 ano:	40	10	40+20=60	80+10=90	P
De hoje a 2 anos:	20	5	20+20=40	40+5=45	P
De hoje a 3 anos:	10	2,5	10+20=30	20+2,5=22,5	D
De hoje a 4 anos:	5	1,25	5+2,5=7,5	20+1,25=21,25	P
De hoje a 5 anos:	2,5	0,625	2,5+2,5=5	5+0,625=5,625	P

Programação

4. A sequência **temp**, com 60 elementos, é usada para armazenar em memória os valores da temperatura provenientes de um termómetro digital. A temperatura pode variar entre $-40,00^{\circ}\text{C}$ e $+40,00^{\circ}\text{C}$. Para evitar trabalhar com números em vírgula flutuante a temperatura é guardada em centésimas de grau.

De 5 em 5 segundos uma nova temperatura é escrita em **temp**, por um processo autónomo. O processo de registo de temperaturas guarda os valores em posições consecutivas de **temp**. Sempre que um valor é escrito na última posição de **temp**, o processo de registo continua a partir da primeira posição de **temp**.

O endereço da última temperatura registada em **temp** está guardado na variável **inptr**.

- [10] (a) Tendo em atenção a gama de temperaturas referida, declare e inicialize as variáveis globais **temp** e **inptr** de forma a minimizar o espaço de memória ocupado.

Resposta:

```
.data
temp sword 60 dup(?)          ; 60 valores de 16 bits com sinal
inptr dword offset temp - 2 ; apontador para ultimo elemento escrito
```

- [20] (b) Escreva a sub-rotina **tempmed** que retorna o valor médio dos N últimos valores escritos em **temp**. Assuma que existem pelo menos N valores em **temp**. A sub-rotina usa as variáveis da alínea anterior e tem o seguinte protótipo: **tempmed** PROTO N:byte

Resposta:

```
tempmed proc uses esi edi ebx n: byte
    mov esi,inptr          ; aponta ultimo elemento escrito
    mov edi,offset temp    ; aponta primeiro elemento
    xor ebx,ebx            ; inicializa valor acumulado
    movzx ecx,n            ; numero de amostras

@@: movsx eax, sword ptr [esi] ; le proximo valor para EAX
    add ebx,eax            ; acumula em EBX
    .if (esi==edi)        ; se chegou ao inicio...
        add esi, sizeof temp ; ...volta ao fim
    .endif                ;
    sub esi,2             ; aponta elemento anterior
    loop @b               ; itera n vezes

    mov ax,bx             ; distribui EBX
    shr ebx,16            ; pelo par
    mov dx,bx             ; DX:AX
    movzx cx,n            ; numero de amostras
    idiv cx               ; calcula media
    cwde                 ; estende resultado a EAX
    ret
tempmed endp
```

[20] 5. Considere a função de variável real

$$f(x) = \begin{cases} \sin 2x - \cos x^2 & \text{se } x < \pi \\ -1 & \text{se } x = \pi \\ 1 - x^3 & \text{se } x > \pi \end{cases}$$

Escreva a sub-rotina FUN que calcula o valor de $f(x)$. O protótipo da sub-rotina é:

FUN PROTO x:REAL8

Resposta:

```

FUN PROC x:REAL8
    fldpi
    fld x
    fcomip st(0), st(1)
    fstp st(0)
    ja maior
    jb menor
    fld1
    fchs
    jmp fim
menor: fld x
    fadd x
    fsin
                                fld x
                                fmul x
                                fcos
                                fsub
                                jmp fim
                                maior: fld x
                                fmul x
                                fmul x
                                fld1
                                fsubr
                                fim: ret
                                FUN ENDP

```

[20] 6. Considere uma sequência de N amostras de uma variável aleatória X do tipo REAL8. O desvio padrão é definido pela expressão seguinte, em que \bar{x} é a média das amostras.

$$\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Escreva a sub-rotina **desvio** que calcula o desvio padrão da sequência de amostras x_i de X . Assuma $N > 1$. O protótipo da sub-rotina é:

desvio PROTO X:ptr REAL8, media:REAL8, N:DWORD

Resposta:

```

desvio PROC uses esi X:ptr REAL8,
                                media:REAL8, N:DWORD
    mov ecx, N
    mov esi, X
    fldz ;Soma inicial
@@: fld REAL8 ptr [esi]
    fsub media
    fmul st, st
    fadd ;Atualiza soma
                                add esi, 8
                                loop @B
                                fld N
                                fld1
                                fsub ;N-1
                                fdiv
                                fsqrt
                                ret
                                desvio ENDP

```

Escolha múltipla

7. Para as alíneas seguintes, indique a única resposta correta.

- [8] (a) A única diferença entre as duas sub-rotinas indicadas a seguir está no cabeçalho da respetiva definição:

`ROT1 PROC C APT:PTR BYTE, LEN:DWORD`

`ROT2 PROC STDCALL APT:PTR BYTE, LEN:DWORD`

Indique a afirmação verdadeira.

- A. Os prólogos de ROT1 e ROT2 são iguais, mas os epílogos são diferentes.**
B. Os epílogos de ROT1 e ROT2 são iguais, mas os prólogos são diferentes.
C. ROT1 e ROT2 têm o mesmo epílogo e prólogo, mas são chamadas de maneira diferente.
D. ROT1 e ROT2 têm o mesmo epílogo e prólogo, e são chamadas da mesma maneira.

Resposta: A.

- [8] (b) Um sistema RAID-6 com dois grupos de proteção usa discos de 1 TB para obter uma capacidade de armazenamento útil de 20 TB.

Quantos discos tem o sistema ao todo? A. 10 B. 20 C. 22 **D. 24**

Resposta: Opção D.

- [8] (c) Relativamente a técnicas de acesso a periféricos, indique a afirmação correta.
- A. A técnica de varrimento é geralmente usada com periféricos de elevado desempenho.
B. Um periférico que comunica com o CPU por interrupção necessita de ser acedido periodicamente.
C. A técnica de varrimento é mais difícil de implementar que a técnica de interrupção.
D. A transferência de dados por acesso direto à memória (DMA) é gerida pelo CPU e executada pelo controlador de DMA.

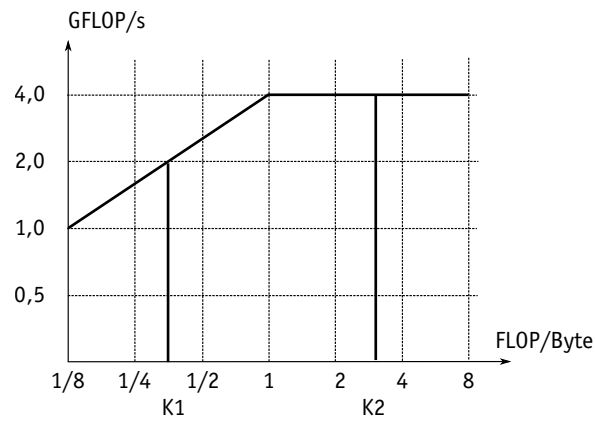
Resposta: Opção D.

- [8] (d) Qual dos seguintes fragmentos representa o prólogo de uma sub-rotina com apenas uma variável local do tipo DWORD?

A. <code>push ebp</code>	B. <code>push ebp</code>	C. <code>mov ebp,esp</code>	D. <code>push ebp</code>
<code>mov esp,ebp</code>	<code>mov ebp,esp</code>	<code>push ebp</code>	<code>mov ebp,esp</code>
<code>add esp,4</code>	<code>sub esp,4</code>	<code>sub esp,4</code>	<code>add esp,4</code>

Resposta: Opção B.

- [8] (e) A figura mostra o modelo de desempenho modificado de um multiprocessador com dois programas K1 e K2. A quantidade total de cálculos de ambos os programas é a mesma: 100 GFLOP. Não foi usado qualquer tipo de otimização. Indique a afirmação verdadeira.



- A. K1 pode beneficiar do aproveitamento de afinidade de memória.
- B. K2 pode beneficiar do aproveitamento de afinidade de memória.
- C. K2 pode beneficiar de *software prefetching*.
- D. K1 executa mais depressa que K2.

Resposta: A.

Fim do enunciado.