

Nome: _____ Nº de estudante: _____

Atenção: Este teste tem 13 questões em 5 páginas, num total de 200 pontos.

Parte I — Questões de Escolha Múltipla

Cada questão tem uma resposta certa. Respostas erradas não descontam.

As respostas às questões de escolha múltipla devem ser assinaladas com × na grelha seguinte.

Apenas as respostas indicadas na grelha são consideradas para efeitos de avaliação.

Opção	Questão									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A			×	×						
B						×				
C	×									
D		×			×		×	×	×	

Pontos: _____ / 100

- [10] 1. Assuma o fragmento de código *assembly* que se segue. Indique o código máquina da instrução *cbz* do fragmento.

```

L1: ldur  X1, [X4]
      add  X4, X4, 8
      cbz  X1, L1
  
```

A. 0xB4FFFA1 B. 0xB4FFFC4 C. 0xB4FFFC1 D. 0xB400021

- [10] 2. Indique a instrução que é executada corretamente se *Reg2Loc=1*.

 A. *add x1, x2, x3* B. *orr x3, x2, x1* C. *sub x0, x0, x1* D. *and x5, x6, x5*

- [10] 3. A sequência *C* de valores inteiros de **16 bits** tem o endereço base 0x4000. Qual das seguintes posições de memória contém parte do elemento *C*[5]?

A. 0x400B B. 0x402A C. 0x4027 D. 0x4009

- [10] 4. Assuma o fragmento de código *assembly* que se segue e que inicialmente *X0* e *X1* contêm, respetivamente, os valores 10 e -2. Qual o valor em *X0* depois do fragmento ser executado?

```

cmn  x0, x1
cset x0, PL
cbz  x0, L1
add  x0, x0, x1
  
```

L1: ...

A. -1 B. 0 C. 1 D. -2

- [10] 5. Um programa gasta 30 % do seu tempo em transmissão de informação para outro computador. Se a rede passar a ser 3 vezes mais rápida, quanto mais rápido fica o programa?

A. 2 B. 3 C. 1,5 D. 1,25

- [10] 6. Quantas instruções são executadas pelo seguinte fragmento:

```

        mov    X0, 63
        mov    X5, 5
L1:     lsr     X0, X0, 2
        cbz    X0, fim
        eor    X5, X5, X0
        b      L1
fim:    ...

```

A. 24 B. 14 C. 16 D. 22

A resposta correta seria 12, mas esta opção não está presente. A questão foi considerada “certa”.

- [10] 7. Considerar a execução do seguinte fragmento de código. Qual é o valor de X5 quando termina a instrução assinalada por (*)?

```

        mov    X20, 10
        bl     rX
        mov    X20, 2
        add    X5, X20, 2    (*)
        ...
rX:     add    X30, X30, 4
        ret

```

A. Não pode ser determinado.

B. 12

C. 4

D. 14

- [10] 8. O valor inicial de X5 é 128. Qual é o seu valor após a execução das seguintes instruções?

```

        ror    X6, X5, 1
        orr    X5, X5, X6

```

A. 128 B. 64 C. 129 **D. 192**

- [10] 9. Assuma o fragmento de código *assembly* que se segue e que inicialmente X0 e X1 contêm, respetivamente, os valores 20 e 3. Qual o valor em X3 depois do fragmento ser executado?

```

        mov    x3, 0
L4:     cbz    x0, L1
        mov    x2, x1
L3:     cbz    x2, L2
        add    x3, x3, 2
        add    x2, x2, -1
        b      L3
L2:     sub    x0, x0, 1
        sub    x3, x3, 5
        b      L4
L1:     ...

```

A. 120 B. 40 C. 60 **D. 20**

- [10] 10. Dois processadores com conjuntos de instruções diferentes funcionam à mesma frequência de relógio. Para um dado fragmento de código, o número de instruções executadas por cada um está indicado na tabela de acordo com o CPI da respetiva classe. Que processador tem melhor desempenho?

Classe	A	B	C
CPI	1	2	3
P1	20	20	20
P2	10	20	30

A. Ambos têm o mesmo desempenho.

B. Não há informação suficiente para responder.

C. O processador P2.

D. O processador P1.

Nome: _____ Nº de estudante: _____

Parte II — Questões de Resposta Aberta

**Atenção: Responder a cada questão exceto 11)c) numa folha separada.
Responder a 11)c) no enunciado e entregá-lo. Justificar todas as respostas.**

11. A sub-rotina `funcA` recebe dois valores inteiros com sinal como argumentos e devolve um valor inteiro sem sinal. Todos os valores inteiros têm 64 bits (*doublewords*).

```
funcA: cmp    x0, 0
        csneg x2, x0, x0, ge
        cmp    x1, 0
        csneg x3, x1, x1, ge
        mov    x0, x2
        cmp    x2, x3
        b.hs   L1
        mov    x0, x3
L1:     ret
```

- [10] (a) A sub-rotina é invocada com `x0=-6` e `x1=4`. Qual é o valor retornado pela sub-rotina `funcA`? Justificar.

Para os valores indicados (`x0=-6` e `x1=4`) a sub-rotina devolve 6. Uma vez que começa por calcular o valor absoluto de -6 e 4, obtendo 6 e 4 respetivamente e depois determina o maior destes dois valores.

- [15] (b) O que calcula a sub-rotina `funcA`? Justificar.

Esta sub-rotina devolve o maior (em valor absoluto) de dois números, começando por calcular o valor absoluto de cada um dos argumentos e depois realizando a sua comparação.

- [15] (c) O fragmento de código abaixo deve percorrer as sequências **A** e **B**, aplicando a cada par de elementos (um elemento de cada sequência) a sub-rotina `funcA`, preenchendo a sequência **C** com os valores retornados pela sub-rotina `funcA`.

Sendo `A[x1; x2; x3; x4; ...]` e `B[y1; y2; y3; y4; ...]`, no final, a sequência resultante terá os seguintes valores: `C[funcA(x1, y1); funcA(x2, y2); funcA(x3, y3); funcA(x4, y4); ...]`.

Assuma que os endereços base de **A**, **B** e **C** estão, respetivamente, em `x20`, `x21` e `x22`, e que o número de elementos de cada sequência está em `x18`. Complete o fragmento de código seguinte.

```

L2: cbz    x18, fim
    ldur   x0, [x20]
    ldur   x1 , [x21]
    add    x20, x20, 8
    add    x21, x21, 8
    add    x18, x18, -1
    bl     funcA
    stur   x0, [x22]
    add    x22, x22, 8
    b      L2
fim: ...

```

12. Considere a execução da instrução `SUB X3, X4, X5` no CPU ARMv8 simplificado apresentado na folha de consulta. O valor em cada registo X_i é dado por i^2 .

[10] (a) Indique o valor dos seguintes sinais de controlo e sinais de entrada/saída de componentes.

<code>Reg2Loc</code>	Read register 2
<code>RegWrite</code>	Read data 2
<code>ALUSrc</code>	Write register
<code>MemtoReg</code>	Write data (de Registers)

<code>Reg2Loc = 0</code>	Read register 2 = 5
<code>RegWrite = 1</code>	Read data 2 = 25
<code>ALUSrc = 0</code>	Write register = 3
<code>MemtoReg = 0</code>	Write data (de Registers) = -9

[10] (b) Indique os componentes que não são úteis para a execução da instrução.

D-Mem, Sign-extend, Shift left 2 e Add (à saída de Shift left 2)

[10] (c) A latência de componentes usados no CPU é a seguinte (componentes não indicados têm latência nula):

I-Mem	Add	Control	Mux	Regs	ALU	D-Mem	ALU control	
400	70	90	20	200	150	350	30	(ps)

Determine o caminho crítico da instrução e a respetiva latência.

Caminho crítico: I-Mem → Control → Mux → Regs → Mux → ALU → Mux
 Valor da latência: 400 ps + 90 ps + 20 ps + 200 ps + 20 ps + 150 ps + 20 ps = 900 ps

13. Um CPU de frequência $F = 2$ GHz executa um programa com quatro tipos de instruções. A tabela indica o CPI e o número de instruções de cada tipo.

Tipo	vírgula flutuante	inteiros	acesso a memória	saltos
CPI	1	1	4	2
N.º de instruções	50×10^6	110×10^6	80×10^6	16×10^6

Apresente todos os cálculos.

- [10] (a) Assumir que se pretende tornar o programa original duas vezes mais rápido melhorando o CPI das instruções de acesso a memória. Qual deve ser o novo valor deste parâmetro?

Podemos fazer os cálculos em termos de número de ciclos (N_C).

Nota: não é correto usar o número de instruções.

Para a situação inicial, o número de ciclos necessários é:

$$N_C = (50 + 110 + 4 \times 80 + 2 \times 16) \times 10^6 = 512 \times 10^6$$

Para reduzir o tempo de execução para metade, o programa deve gastar $N_C/2$ ciclos.

$$\frac{N_C}{2} = (50 + 110 + x \times 80 + 32) \times 10^6 = (192 + 80x) \times 10^6$$

$$\frac{256 \times 10^6}{10^6} - 192 = 80x \quad \Leftrightarrow \quad x = \frac{64}{80} = 0,8$$

O CPI das instruções de acesso à memória deve passar de 4 para 0,8.

- [10] (b) Assumir que se pretende tornar o programa duas vezes mais rápido melhorando o CPI das instruções de vírgula flutuante. Qual deve ser o novo valor deste parâmetro?

Neste caso, o CPI y das instruções de vírgula flutuante deve satisfazer a equação:

$$\frac{N_C}{2} = (50 \times y + 110 + 320 + 32) \times 10^6 = (50y + 462) \times 10^6$$

$$\frac{256 \times 10^6}{10^6} - 462 = 50y \quad \Leftrightarrow \quad y = \frac{-206}{50} < 0$$

Não é possível ter um valor negativo de CPI. Logo, não existe um valor do parâmetro procurado que satisfaça as condições pretendidas.

- [10] (c) Qual é o tempo de execução do programa se o CPI dos dois primeiros tipos de instruções for reduzido em 40 % e o CPI dos restantes dois tipos for reduzido em 30 %?

Novos valores de CPI:

Tipo	vírgula flutuante	inteiros	acesso a memória	saltos
novo CPI	0,6	0,6	2,8	1,4

Portanto, o número de ciclos é:

$$N_C = ((110 + 150) \times 0,6 + 80 \times 2,8 + 16 \times 1,4) \times 10^6 = 342,4 \times 10^6$$

Logo, o tempo de execução é:

$$T_{\text{CPU}} = \frac{N_C}{\text{frequência}} = \frac{342,4 \times 10^6}{2 \times 10^9} \text{s} = 171,2 \times 10^{-3} \text{s} = 217,2 \text{ms.}$$

Fim.