

Ficha 2

Programação Imperativa

Algoritmos Numéricos sobre inteiros

Para experimentar as funções aqui propostas poderá usar a página da internet <https://codeboard.io/projects/222346>

1. Podemos calcular o produto de um número m por um inteiro n através de um somatório de n parcelas constantes (e iguais a m).

Assim

$$n \times m = \sum_{i=1}^n m = \underbrace{m + m + \dots + m}_{n \text{ vezes}}$$

Este cálculo pode ser efectuado somando n vezes a quantidade m a uma variável inicialmente com o valor 0.

Apresente uma definição da função `float multInt1 (int n, float m)` baseada nesta observação: a uma variável r (inicialmente com o valor 0) será somado o valor de m , n vezes. Essa variável r vai ter os valores 0, m , $2*m$, $3*m$, ..., e no final terá o valor desejado $n*m$.

2. Uma forma alternativa (e muito mais eficiente) consiste em aproveitar a representação binária dos inteiros (onde a multiplicação e divisão por 2 são pelo menos tão eficientes como a adição).

Dados dois números m e n podemos construir uma tabela em que vamos dividindo (divisão inteira) n por 2 e multiplicando m por 2. A primeira linha da tabela tem o valor original de n enquanto que a última corresponde a n ser 1.

Para obter o valor do produto de n por m basta somar os valores de m correspondentes às linhas em que n é ímpar.

A tabela ao lado corresponde a um exemplo em que $n=81$ e $m=423$.

	n	m
1	81	423
2	40	846
3	20	1692
4	10	3384
5	5	6768
6	2	13536
7	1	27072

Se somarmos os valores de m para os quais n é ímpar (i.e., as linhas 1, 5 e 7) obtemos $423 + 6768 + 27072 = 34263 = 81 * 423$.

Apresente uma definição alternativa da função `float multInt2 (int n, float m)` usando este processo.

Uma forma de nos certificarmos que de facto esta definição é muito mais eficiente é contar quantas operações (entre `floats`) são feitas. Modifique a sua definição para ela produzir um resultado extra que conte este número e experimente para valores suficientemente grandes do valor de n .

3. O cálculo do máximo divisor comum entre dois números inteiros não negativos pode ser feito, de uma forma muito pouco eficiente, procurando de entre os divisores do menor deles, o maior que é também divisor do outro.

Defina uma função `int mdc1 (int a, int b)` que usa esse método para calcular o máximo divisor comum entre dois números).

4. Uma forma alternativa de calcular o máximo divisor comum (`mdc`) baseia-se na seguinte propriedade demonstrada por Euclides: para a e b inteiros positivos,

$$\text{mdc} (a, b) = \text{mdc} (a + b, b)$$

Desta propriedade podemos concluir que:

$$\text{mdc} (a, b) = \begin{cases} \text{mdc} (a - b, b) & \text{Se } a > b \\ \text{mdc} (a, b - a) & \text{Se } a < b \\ a & \text{Se } a = b \end{cases}$$

O cálculo do máximo divisor comum pode ser feito por um processo repetitivo em que substituímos o maior dos argumentos pela diferença entre eles, até que um deles seja 0. Nessa altura, o valor do outro corresponde ao valor pretendido. Por exemplo, para calcularmos o máximo divisor comum entre 126 e 45 passaríamos pelos estados que se apresentam à direita.

a	b
126	45
81 (=126-45)	45
36 (=81-45)	45
36	9 (=45-36)
27 (=36-9)	9
18 (=27-9)	9
9 (=18-9)	9
0 (=9-9)	9

Apresente uma definição alternativa da função `int mdc2 (int a, int b)` que usa esse método.

Mais uma vez, comprove que esta definição é normalmente muito mais eficiente definindo uma versão que produz um resultado extra correspondente ao número de iterações do ciclo.

5. Uma forma de melhorar o comportamento do algoritmo de Euclides consiste em substituir as operações de subtração por operações de `%` (resto da divisão inteira). Repita o exercício da alínea anterior para essa variante do algoritmo.

6. A sequência de Fibonacci define-se como

$$\text{fib} (n) = \begin{cases} 1 & \text{Se } n < 2 \\ \text{fib} (n - 1) + \text{fib} (n - 2) & \text{Se } n \geq 2 \end{cases}$$

- (a) Apresente uma definição recursiva de uma função que `int fib1 (int n)` calcula o n -ésimo número desta sequência.
- (b) O cálculo do n -ésimo número de Fibonacci pode ser definido de uma forma mais eficiente (e iterativa) se repararmos que ele apenas necessita de conhecer os valores dos 2 valores anteriores. Apresente uma definição alternativa (e iterativa) `int fib2 (int n)` da função da alínea anterior que calcula o n -ésimo número de Fibonacci, usando duas variáveis auxiliares que guardam os dois valores anteriores.