

Construção e Análise de Algoritmos
Lista de exercícios 1

1. Uma pessoa sobe uma escada composta de n degraus, com passos que podem alcançar entre 1 e $k \leq n$ degraus. Escrever equações de recorrência que permitem determinar o número de modos distintos da pessoa subir a escada.
2. Prove as seguintes afirmações sobre notação assintótica:
 - $n^3/100 - 25n^2 - 100n + 7$ é $\Omega(n^2)$ e $\Theta(n^3)$
 - $77n^3 - 13n^2 + 29n - 5$ é $O(n^4)$ e $\Omega(n^3)$
 - $34n \log_7 n^2 + 13n$ é $\Omega(n)$ e $O(n^2)$
3. Resolva as seguintes equações de recorrência segundo o método da árvore de recursão:
 - $T(n) = T(n-1) + 2$
 - $T(n) = 2 \cdot T(n-1) + 1$
 - $T(n) = 2 \cdot T(n/3) + 1$
 - $T(n) = 5 \cdot T(n/4) + n$
 - $T(n) = 7 \cdot T(n/7) + n$
 - $T(n) = 9 \cdot T(n/3) + n^2$
 - $T(n) = 8 \cdot T(n/2) + n^3$
 - $T(n) = T(0.99 \cdot n) + 7$
 - $T(n) = T(\sqrt{n}) + 1$
4. Suponha que você está tentando escolher entre os três algoritmos abaixo. Qual o tempo de cada um em notação assintótica e qual você escolheria?
 - Algoritmo A resolve o problema dividindo a entrada em cinco subproblemas com a metade do tamanho, resolve cada subproblema recursivamente e depois combina-os em tempo linear.
 - Algoritmo B resolve o problema dividindo a entrada em dois subproblemas de tamanho $n-1$ (onde n é o tamanho da entrada), resolve cada subproblema recursivamente e depois combina-os em tempo constante.
 - Algoritmo C resolve o problema dividindo a entrada em nove subproblemas com um terço do tamanho, resolve cada subproblema recursivamente e depois combina-os em tempo quadrático.

5. Use o algoritmo de divisão e conquista para multiplicação de inteiros a fim de multiplicar os dois números binários 10011011 e 10111010.
6. Suponha que você tem k vetores ordenados de tamanho n e deseja combiná-los em um único vetor ordenado de tamanho kn .
- Uma ideia é usar o algoritmo INTERCALA, intercalando o primeiro e o segundo, depois intercalando o resultado com o terceiro, depois com o quarto e etc... Qual a complexidade desse procedimento em termos de k e n ?
 - Mostre uma solução mais eficiente usando divisão e conquista.
7. O algoritmo do k -ésimo mínimo visto em sala de aula ainda seria $\Theta(n)$ se tomássemos grupos de 3 elementos, ao invés de 5? E se tomássemos grupos de 7 elementos? Justifique usando o método da árvore de recursão.
8. Altere os algoritmos INTERCALA e MERGESORT para resolver o seguinte problema: dado um vetor com n números inteiros positivos e um outro número inteiro positivo x , determine se existem ou não dois elementos cuja soma é igual a x .
9. Elabore um algoritmo $O(n)$ de decomposição de um vetor S em três subvetores. Esse algoritmo recebe como entrada, além do vetor S , um valor piv pertencente a S , e os índices p e r , $1 \leq p \leq r$. O algoritmo deve rearrumar os elementos em $S[p \dots r]$ e retornar dois índices q_1 e q_2 satisfazendo as seguintes propriedades:
- se $p \leq k \leq q_1$, então $S[k] < piv$;
 - se $q_1 < k \leq q_2$, então $S[k] = piv$;
 - se $q_2 < k \leq r$, então $S[k] > piv$.
10. Sejam $X[1 \dots n]$ e $Y[1 \dots n]$ dois vetores ordenados. Escreva um algoritmo $\Theta(\log n)$ para encontrar a mediana de todos os $2n$ elementos nos vetores X e Y . Prove esta complexidade.
11. Suponha que você possui dois vetores ordenados de tamanhos m e n . Você deseja obter o k -ésimo menor elemento da união desses dois vetores. Mostre um algoritmo de ordem $\Theta(\log m + \log n)$ que faça isso.
12. Seja $X[1 \dots n]$ um vetor de inteiros. Dados $i < j$ em $\{1, \dots, n\}$, dizemos que (i, j) é uma inversão de X se $X[i] > X[j]$. Escreva um algoritmo $\Theta(n \log n)$ que devolva o número de inversões em um vetor X .
13. Altere o algoritmo HEAPSORT para trabalhar com Heaps mínimos, ao invés de Heaps máximos. Argumente porque é melhor trabalhar com Heaps máximos ao invés de Heaps mínimos.
14. Prove usando loops invariantes que o algoritmo HeapSort e seu algoritmo da questão anterior estão corretos (dica: para cada algoritmo, prove a correção do pré-processamento e depois a parte final).