

Algorytmy i struktury danych

Przygotowanie do kolokwium

Przyjmując, że $t1[] = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ oraz $t2[] = \{7, 6, 5, 4, 3, 2, 1\}$ i stosując algorytmy sortujące ściśle wg procedur z pliku `sorty2020.cc` i wykonaj polecenia:

Zadanie 1

Ile dokładnie porównań (między elementami tablicy) wykona `insertion_sort(t2)` a ile `insertion_sort(t1)`?

`insertion_sort(t1)`: $n - 1 = 6$ porównań
`insertion_sort(t2)`: $n - 1 + 15$ inwersji = 21 porównań

Zadanie 2

Ile co najwyżej porównań (między elementami tablic) wykona procedura scalająca `merge` dwie tablice n -elementowe?

$2n - 1$ porównań w przypadku gdy naprzemiennie w obu tablicach występują elementy rosnące

Zadanie 3

Jaka jest pesymistyczna złożoność czasowa procedury `merge_sort`? Odpowiedź uzasadnij.

$$T(n) = 2T(n/2) + O(n)$$
$$T(n) = O(n \log n)$$

Zadanie 4

Ile co najwyżej porównań (między elementami tablicy) wykona procedura `partition`?

$$\text{ilość porównań} \leq n + 1$$

Zadanie 5

Jaka jest średnia a jaka pesymistyczna złożoność `quick_sort`. Odpowiedź uzasadnij.

Średnia: $T(n) = 2T(n/2) + n = O(n \log n)$
Pesymistyczna: $T(n) = T(n - 1) + n + 1$ z sumy ciągu arytmetycznego $O(n^2)$

Zadanie 6

Jaka jest złożoność funkcji `buildheap`? Przeprowadź dowód - uzasadnij swoją odpowiedź.

$$\begin{aligned}
 & 2 \sum_{i=1}^{h-1} \frac{n}{2^{i+1}} \cdot i \\
 & 2 \left(\frac{n}{4} \cdot 1 + \frac{n}{8} \cdot 2 + \frac{n}{16} \cdot 3 + \frac{n}{32} \cdot 4 + \dots \right) \\
 & \frac{n}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{2}{2} + \frac{3}{4} + \frac{4}{8} + \dots \right) \\
 & \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots = \frac{1}{1 - \frac{1}{2}} = 2 \\
 & \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots = 1 \\
 & \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots = 0.5 \\
 & \frac{1}{8} + \dots = 0.25 \\
 & \dots \\
 & \frac{n}{2} \cdot \frac{2}{1 - \frac{1}{2}} = \frac{n}{2} \cdot 4 = 2n = O(n)
 \end{aligned}$$

Zadanie 7

Ile dodatkowej pamięci wymaga posortowanie tablicy n -elementowej za pomocą algorytmu: (a) `mergesort` (b) `quicksort` (c) `heapsort` (d) `insertionsort` (e) `countingsort` (f) `bucketsort` (g) `radixsort`. W punktach (e), (f), (g) zakładamy, że ilość kulek jest m , a liczby do posortowania mają nie więcej niż k cyfr.

Algorytm	Pamięć
<code>mergesort</code>	$O(n)$
<code>quicksort</code>	$O(n)$
<code>heapsort</code>	$O(1)$
<code>insertionsort</code>	$O(1)$
<code>countingsort</code>	$O(n + m)$
<code>bucketsort</code>	$O(n + m)$
<code>radixsort</code>	$O(n + r)$

Zadanie 8

Jaka jest średnia a jaka pesymistyczna złożoność czasowa algorytmu: (a) `mergesort` (b) `quicksort` (c) `heapsort` (d) `insertionsort` (e) `countingsort` (f) `bucketsort` (g) `radixsort`? Zakładamy oznaczenia z poprzedniego zadania.

Algorytm	Średnia	Pesymistyczna
<code>mergesort</code>	$O(n \log n)$	$O(n \log n)$
<code>quicksort</code>	$O(n \log n)$	$O(n^2)$
<code>heapsort</code>	$O(n \log n)$	$O(n \log n)$
<code>insertionsort</code>	$O(n^2)$	$O(n^2)$
<code>countingsort</code>	$O(n + m)$	$O(n + m)$
<code>bucketsort</code>	$O(n + m)$	$O(n^2)$
<code>radixsort</code>	$O(n + r)$	$O(n + r)$

Zadanie 9

Udowodnij, że wysokość (ilość poziomów na których występują węzły) kopca n -elementowego wynosi $\lfloor \log_2 n \rfloor + 1$.

Maksymalna ilość węzłów w kopcu o wysokości h :

$$n(h) = 2^h - 1$$

$$n(h-1) = 2^{h-1} - 1$$

Minimalna ilość węzłów w kopcu o wysokości h :

$$n(h-1) + 1 = 2^{h-1} - 1 + 1 = 2^{h-1}$$

Ilość węzłów w kopcu o wysokości h :

$$2^{h-1} \leq n < 2^h$$

$$h-1 \leq \log_2 n < h$$

$$h \leq \log_2 n + 1 < h+1$$

$$\lfloor \log_2 n \rfloor + 1$$

Zadanie 10

Który element tablicy \mathbf{t} jest (a) lewym dzieckiem (b) prawym dzieckim (c) ojcem, elementu $\mathbf{t}[i]$ w procedurze `heapsort`?

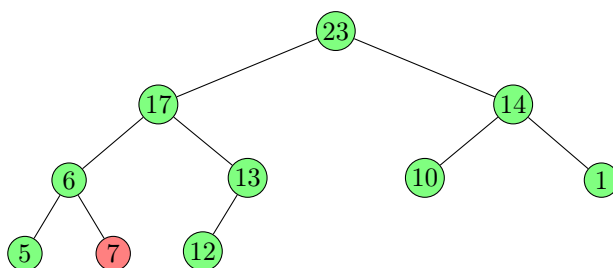
(a) $\mathbf{t}[2i]$

(b) $\mathbf{t}[2i+1]$

(c) $\mathbf{t}[(i-1)/2]$

Zadanie 11

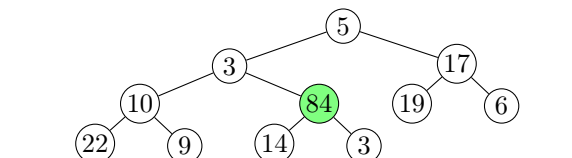
Czy ciąg $\{23, 17, 14, 6, 13, 10, 1, 5, 7, 12\}$ jest kopcem?



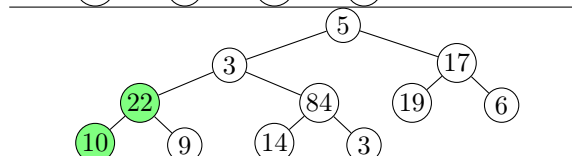
Zadanie 12

Zilustruj działanie procedury buildheap dla ciągu {5, 3, 17, 10, 84, 19, 6, 22, 9}. Narysuj na kartce wygląd tablicy/kopca po każdym wywołaniu procedury przesiej.

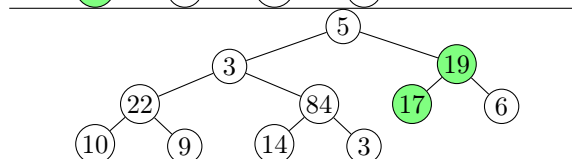
{5, 3, 17, 10, 84, 19, 6, 22, 9, 14, 3}



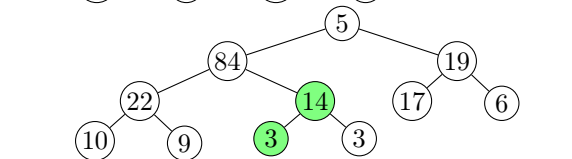
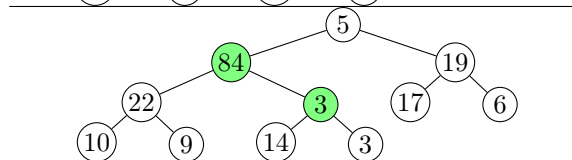
{5, 3, 17, 22, 84, 19, 6, 10, 9, 14, 3}
{5, 3, 17, 22, 84, 19, 6, 10, 9, 14, 3}



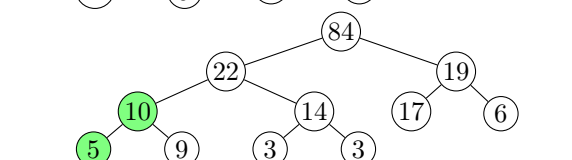
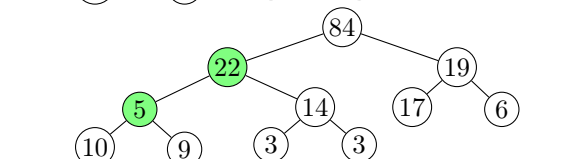
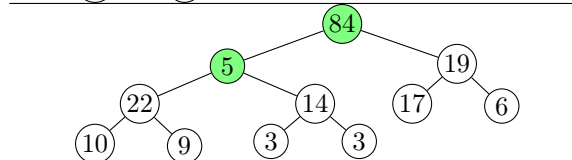
{5, 3, 19, 22, 84, 17, 6, 10, 9, 14, 3}
{5, 3, 19, 22, 84, 17, 6, 10, 9, 14, 3}



{5, 84, 19, 22, 3, 17, 6, 10, 9, 14, 3}
{5, 84, 19, 22, 14, 17, 6, 10, 9, 3, 3}
{5, 84, 19, 22, 14, 17, 6, 10, 9, 3, 3}



{84, 5, 19, 22, 14, 17, 6, 10, 9, 3, 3}
{84, 22, 19, 5, 14, 17, 6, 10, 9, 3, 3}
{84, 22, 19, 10, 14, 17, 6, 5, 9, 3, 3}
{84, 22, 19, 10, 14, 17, 6, 5, 9, 3, 3}



Zadanie 13

Zasymuluj działanie polifazowego mergesorta dla tablicy {9, 22, 6, 19, 14, 10, 17, 3, 5}. Na każdym etapie sortowania scala się sąsiadujące listy rosnące.

```
{9,22|6,19,21|14|10,17|3,5,60|30|29|1,8|7|6,15|12}
{6,9,19,21,22|10,14,17|3,5,30,60|1,8,29|6,7,15|12}
{6,9,10,14,17,19,21,22|1,3,5,8,29,30,60|6,7,12,15}
{1,3,5,6,8,9,10,14,17,19,21,22,29,30,60|6,7,12,15}
{1,3,5,6,6,7,8,9,10,12,14,15,17,19,21,22,29,30,60}
```

Zadanie 14

Zasymuluj działanie mergesort(t2).

Rekurencyjny podział	Merge
{7,6,5,4,3,2,1}	{7 6 5 4 3 2 1}
{7,6,5 4,3,2,1}	{7 5,6 3,4 1,2}
{7 6,5 4,3 2,1}	{5,6,7 1,2,3,4}
{7 6 5 4 3 2 1}	{1,2,3,4,5,6,7}

Zadanie 15

Zasymuluj działanie partition(t2, 7).

pivot = t2[7 / 2] = t[3] = 4

Tablica	k	n
{7,6,5,4,3,2,1}	-1	7
{1,6,5,4,3,2,7}	0	6
{1,2,5,4,3,6,7}	1	5
{1,2,3,4,5,6,7}	2	4
{1,2,3,4,5,6,7}	3	3

return 3

Zadanie 16

Zasymuluj działanie partition(t2, 7) w przypadku gdyby piwołem zamiast t[n/2] było t[0].

pivot = t2[0] = 7

Tablica	k	n
{7,6,5,4,3,2,1}	-1	7
{1,6,5,4,3,2,7}	0	6
{1,6,5,4,3,2,7}	6	5

return 6

Zadanie 17

Wykaż, że pesymistyczna złożoność quicksort wynosi $O(n^2)$.

$$T(n) = T(n-1) + n + 1 \implies \sum_{i=1}^n i + 1 = \frac{n(2+n+1)}{2} = O(n^2)$$

Zadanie 18

Napisz wzór na numer kubelka, do którego należy wrzucić liczbę x w sortowaniu kubelkowym, jeśli kubków jest n , a elementy tablicy mieszczą się przedziale (a, b) . Numeracja zaczyna się od 0.

$$k = \left\lfloor \frac{x - a}{b - a} \cdot n \right\rfloor$$

Zadanie 19

Jak obliczyć k -tą od końca cyfrę w liczby x ? Jak obliczyć ilość cyfr liczby x ? Przyjmujemy układ dziesiętny. Jak wyniki zmieniają się w układzie pozycyjnym o 1000 cyfr?

$$\begin{array}{ll} x_k = \left\lfloor \frac{x}{m^k} \right\rfloor \bmod m & n = \lceil \log_m x \rceil \\ x_k = \left\lfloor \frac{x}{10^k} \right\rfloor \bmod 10 & n = \lceil \log_{10} x \rceil \\ x_k = \left\lfloor \frac{x}{1000^k} \right\rfloor \bmod 1000 & n = \lceil \log_{1000} x \rceil \end{array}$$