

# O-notace ťahák

Bc. Katarína Olejková



KATEDRA INFORMATIKY  
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

# O-notace ťahák – Neostrá mez

- Horná mez -  $O(g)$
- Dolná mez -  $\Omega(g)$
- Obojstranná mez -  $\Theta(g)$

## $O(g)$ ... asymptotická horní mez (odhad)

**Definice** Pro funkci  $g(n)$  je

$$O(g(n)) = \{f(n) \mid \text{existuje } c > 0 \text{ a } n_0 \in \mathbb{N} \text{ tak,} \\ \text{že pro každé } n \geq n_0 \text{ je } 0 \leq f(n) \leq cg(n)\} \quad (\text{včetně})$$

## $\Omega(g)$ ... asymptotická dolní mez (odhad)

**Definice** Pro funkci  $g(n)$  je

$$\Omega(g(n)) = \{f(n) \mid \text{existuje } c > 0 \text{ a } n_0 \in \mathbb{N} \text{ tak,} \\ \text{že pro každé } n \geq n_0 \text{ je } 0 \leq cg(n) \leq f(n)\} \quad (\text{včetně})$$

## $\Theta(g)$ ... asymptotická oboustranná (těsná) mez (odhad)

**Definice** Pro funkci  $g(n)$  je


$$\Theta(g(n)) = \{f(n) \mid \text{existují } c_1 > 0, c_2 > 0 \text{ a } n_0 \in \mathbb{N} \text{ tak,} \\ \text{že pro každé } n \geq n_0 \text{ je } 0 \leq c_1g(n) \leq f(n) \leq c_2g(n)\}$$

# Neostrá mez

- časové zložitosti  $T(n)$ :
  - Faktoriál  $n!$
  - Exponenciální  $2^n$
  - Kubická  $n^3$
  - Kvadratická  $n^2$
  - Logaritmicko-lineárna  $n \log n$
  - Lineárna  $n$
  - Logaritmická  $\log n$
  - Konstantná  $1$



$O(g)$  včetně



$\Omega(g)$  včetně

# Horná mez $O(g)$

- časové zložitosti  $T(n)$ :
  - $n!$  =  $O(n!)$  (včetně)
  - $2^n$  =  $O(n!)$ ,  $O(2^n)$  (včetně)
  - $n^3$  =  $O(n!)$ ,  $O(2^n)$ ,  $O(n^3)$  (včetně)
  - $n^2$  =  $O(n!)$ ,  $O(2^n)$ ,  $O(n^3)$ ,  $O(n^2)$  (včetně)
  - $n \log n$  =  $O(n!)$ ,  $O(2^n)$ ,  $O(n^3)$ ,  $O(n^2)$ ,  $O(n \log n)$  (včetně)
  - $n$  =  $O(n!)$ ,  $O(2^n)$ ,  $O(n^3)$ ,  $O(n^2)$ ,  $O(n \log n)$ ,  $O(n)$  (včetně)
  - $\log n$  =  $O(n!)$ ,  $O(2^n)$ ,  $O(n^3)$ ,  $O(n^2)$ ,  $O(n \log n)$ ,  $O(n)$ ,  $O(\log n)$  (včetně)
  - $1$  =  $O(n!)$ ,  $O(2^n)$ ,  $O(n^3)$ ,  $O(n^2)$ ,  $O(n \log n)$ ,  $O(n)$ ,  $O(\log n)$ ,  $O(1)$  (včetně)

# Dolná mez $\Omega(g)$

- časové zložitosti  $T(n)$ :
  - $n!$  =  $\Omega(1), \Omega(\log n), \Omega(n), \Omega(n \log n), \Omega(n^2), \Omega(n^3), \Omega(2^n), \Omega(n!)$  (včetně)
  - $2^n$  =  $\Omega(1), \Omega(\log n), \Omega(n), \Omega(n \log n), \Omega(n^2), \Omega(n^3), \Omega(2^n)$  (včetně)
  - $n^3$  =  $\Omega(1), \Omega(\log n), \Omega(n), \Omega(n \log n), \Omega(n^2), \Omega(n^3)$  (včetně)
  - $n^2$  =  $\Omega(1), \Omega(\log n), \Omega(n), \Omega(n \log n), \Omega(n^2)$  (včetně)
  - $n \log n$  =  $\Omega(1), \Omega(\log n), \Omega(n), \Omega(n \log n)$  (včetně)
  - $n$  =  $\Omega(1), \Omega(\log n), \Omega(n)$  (včetně)
  - $\log n$  =  $\Omega(1), \Omega(\log n)$  (včetně)
  - $1$  =  $\Omega(1)$  (včetně)

# Obojstranná mez $\Theta(g)$

- časové zložitosti  $T(n)$ :
  - $n!$  =  $\Theta(n!)$
  - $2^n$  =  $\Theta(2^n)$
  - $n^3$  =  $\Theta(n^3)$
  - $n^2$  =  $\Theta(n^2)$
  - $n \log n$  =  $\Theta(n \log n)$
  - $n$  =  $\Theta(n)$
  - $\log n$  =  $\Theta(\log n)$
  - $1$  =  $\Theta(1)$

# O-notace ťahák – Ostrá mez

- Ostrá horná mez -  $o(g)$
- Ostrá dolná mez -  $\omega(g)$

$o(g)$  ... asymptotická ostrá (netěsná) horní mez (odhad)

**Definice** Pro funkci  $g(n)$  je

$$o(g(n)) = \{f(n) \mid \text{pro každou } c > 0 \text{ existuje } n_0 > 0 \text{ tak,} \\ \text{že pro každé } n \geq n_0 \text{ je } 0 \leq f(n) < cg(n)\} \quad (\text{nie je včetně})$$

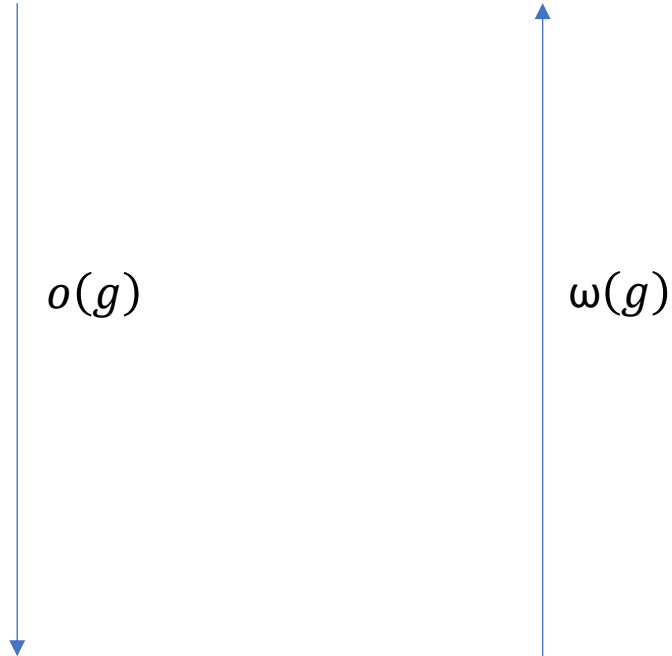
$\omega(g)$  ... asymptotická ostrá dolní mez (odhad)

**Definice** Pro funkci  $g(n)$  je

$$\omega(g(n)) = \{f(n) \mid \text{pro každou } c > 0 \text{ existuje } n_0 > 0 \text{ tak,} \\ \text{že pro každé } n \geq n_0 \text{ je } 0 \leq cg(n) < f(n)\} \quad (\text{nie je včetně})$$

# Ostrá mez

- časové zložitosti  $T(n)$ :
  - Faktoriál  $n!$
  - Exponenciálna  $2^n$
  - Kubická  $n^3$
  - Kvadratická  $n^2$
  - Logaritmicko-lineárna  $n \log n$
  - Lineárna  $n$
  - Logaritmická  $\log n$
  - Konštantná  $1$



$o(g)$

$\omega(g)$



# Ostrá horná mez $o(g)$

- časové zložitosti  $T(n)$ :

- $n!$  =
- $2^n$  =  $o(n!)$
- $n^3$  =  $o(n!)$ ,  $o(2^n)$
- $n^2$  =  $o(n!)$ ,  $o(2^n)$ ,  $o(n^3)$
- $n \log n$  =  $o(n!)$ ,  $o(2^n)$ ,  $o(n^3)$ ,  $o(n^2)$
- $n$  =  $o(n!)$ ,  $o(2^n)$ ,  $o(n^3)$ ,  $o(n^2)$ ,  $o(n \log n)$
- $\log n$  =  $o(n!)$ ,  $o(2^n)$ ,  $o(n^3)$ ,  $o(n^2)$ ,  $o(n \log n)$ ,  $o(n)$
- $1$  =  $o(n!)$ ,  $o(2^n)$ ,  $o(n^3)$ ,  $o(n^2)$ ,  $o(n \log n)$ ,  $o(n)$ ,  $o(\log n)$

# Ostrá dolná mez $\omega(g)$

- časové zložitosti  $T(n)$ :

- $n!$              $= \omega(1), \omega(\log n), \omega(n), \omega(n \log n), \omega(n^2), \omega(n^3), \omega(2^n)$
- $2^n$              $= \omega(1), \omega(\log n), \omega(n), \omega(n \log n), \omega(n^2), \omega(n^3)$
- $n^3$              $= \omega(1), \omega(\log n), \omega(n), \omega(n \log n), \omega(n^2)$
- $n^2$              $= \omega(1), \omega(\log n), \omega(n), \omega(n \log n)$
- $n \log n$        $= \omega(1), \omega(\log n), \omega(n)$
- $n$               $= \omega(1), \omega(\log n)$
- $\log n$          $= \omega(1)$
- $1$               $=$