

## Přidání prvku do ČČ stromu

Přidání probíhá standardním způsobem jako v běžném binárním vyhledávacím stromu.

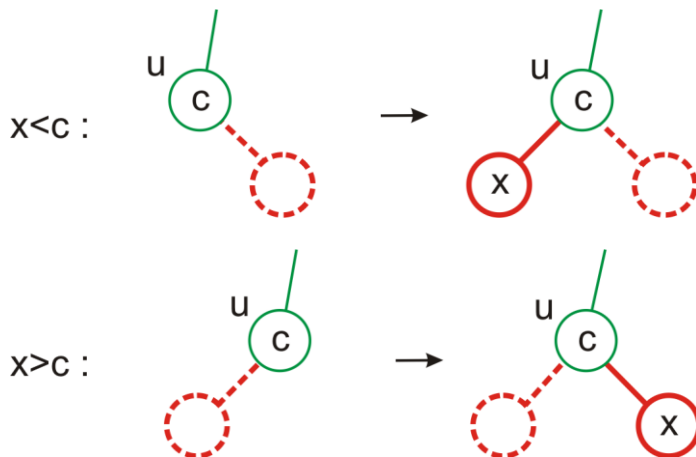
Označení:

$x$  - přidávaný prvek

Vyhledáme prvek  $x$  ve stromu. Vyhledání může skončit třemi způsoby:

- Prvek  $x$  byl ve stromu nalezen – nelze ho znovu přidat a přidávání tím končí.
- Vyhledávání skončilo v uzlu  $u$ , ve kterém je uložen prvek  $c$ , dále platí  $x < c$  a přitom uzel  $u$  nemá levého následovníka. Vytvoříme nový uzel jako levého následovníka uzlu  $u$  a do něho dáme přidávaný prvek  $x$ .
- Vyhledávání skončilo v uzlu  $u$  s prvkem  $c$ , přičemž platí  $x > c$  a přitom uzel  $u$  nemá pravého následovníka. Vytvoříme pravého následovníka uzlu  $u$  a do něho dáme přidávaný prvek  $x$ .

Přidávání je tedy realizováno vytvořením nového uzlu a jeho spojením hranou s uzlem  $u$ , ve kterém skončilo vyhledávání. Vytvořený uzel bude novým listem stromu. Aby zůstala zachována podmínka, že mezi kořenem a libovolným listem je stejný počet černých hran, musíme nový uzel spojit s uzlem  $u$  červenou hranou a nový uzel bude tedy červený uzel.



Pokud uzel  $u$ , který je předchůdce přidaného uzlu, je černý uzel, operace přidání je ukončena.

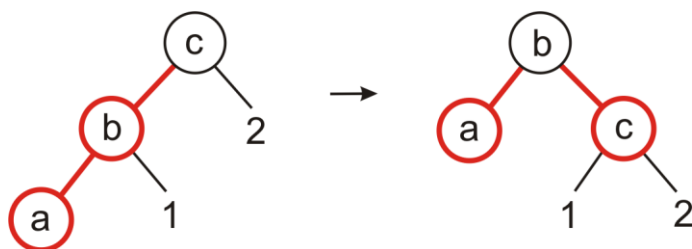
Je-li ale uzel  $u$  červený uzel, jsou nyní ve stromu dvě červené hrany po sobě (a tím i dva červené uzly po sobě).

## Odstranění dvou červených uzlů (červených hran) po sobě

K tomu používáme podle situace dva typy transformací:

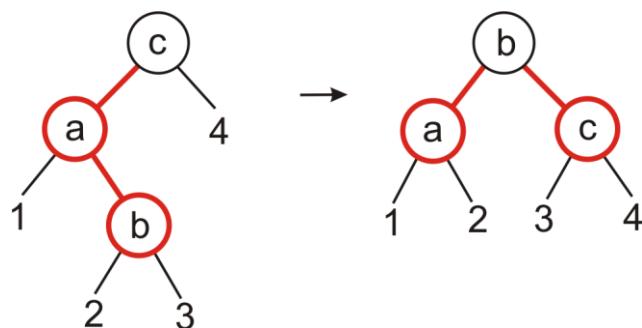
- rotace
  - výměna barev
- Horní z dvojice po sobě následujících červených uzlů nemá červeného sourozence – jednoduchá nebo dvojitá rotace.

Jednoduchá rotace:



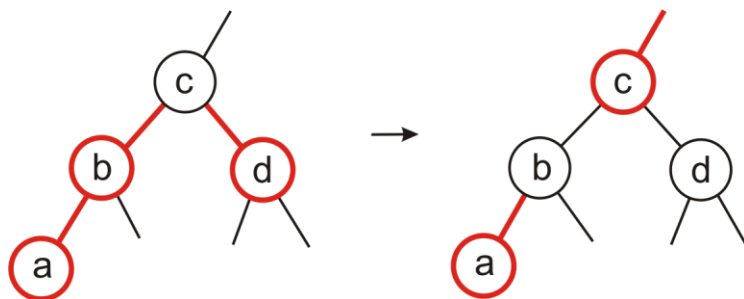
+ symetrický případ

Dvojitá rotace:

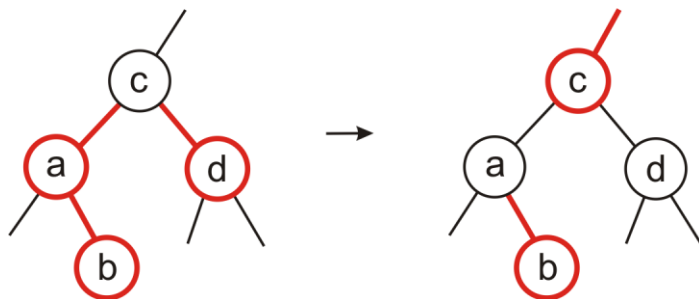


+ symetrický případ

- Horní z dvojice červených uzlů má červeného sourozence. Změníme obarvení obou uzlů na černou barvu a barvu jejich předchůdce, pokud to není kořen, změníme na červenou barvu.



+ symetrický případ



+ symetrický případ

Je zřejmé, že při změně barvy předchůdce (uzlu  $c$ ) na červenou, může nastat situace, kdy předchůdce tohoto uzlu má rovněž červenou barvu a musíme dál řešit případ dvou červených hran po sobě.

## Příklady

