Řezy, akumulátory, tail-rekurze

IB015 Neimperativní programování

Kolektiv cvičících IB015

Fakulta informatiky, Masarykova univerzita

podzim 2018

Opakování

Napište predikát `sorted(XS)`, který uspěje, pokud je `XS` vzestupně uspořádaný seznam.

Operátor řezu: !

- podcíl, který vždy uspěje
- eliminuje další volby ve výpočetním stromu: od okamžiku unifikace hlavy klauzule po výskyt !

```
1 ?- member(X, [1,2,3]).
2 X = 1 ;
3 X = 2 ;
4 X = 3.
```

```
1 ?- member(X, [1,2,3]), ! .
2 X = 1.
3 % zadna dalsi reseni
```

Použití:

- zefektivnění výpočtu
- omezení duplicitních řešení
- negace

Operátor řezu: příklad

Odstranění zbytečné možnosti dotazu na další řešení:

```
1 powertwo(1) :- ! .
2 powertwo(X) :- X mod 2 =:= 0,
3                Y is X div 2,
4                powertwo(Y).
```

Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

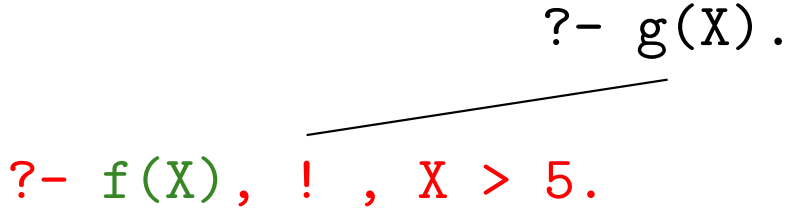
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```

```
?- g(X).
```

Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

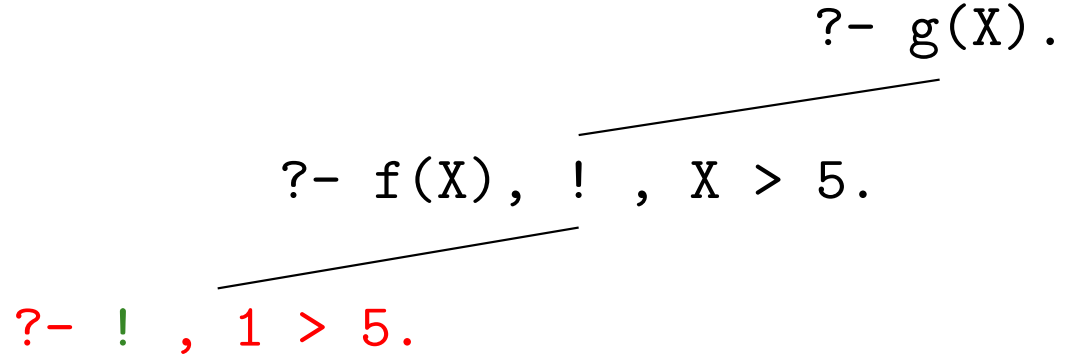
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

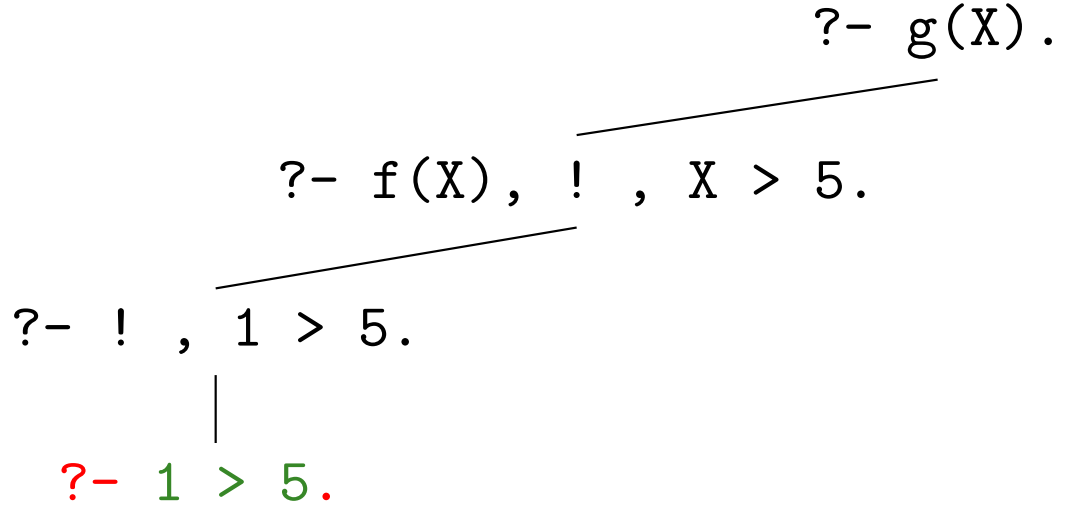
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

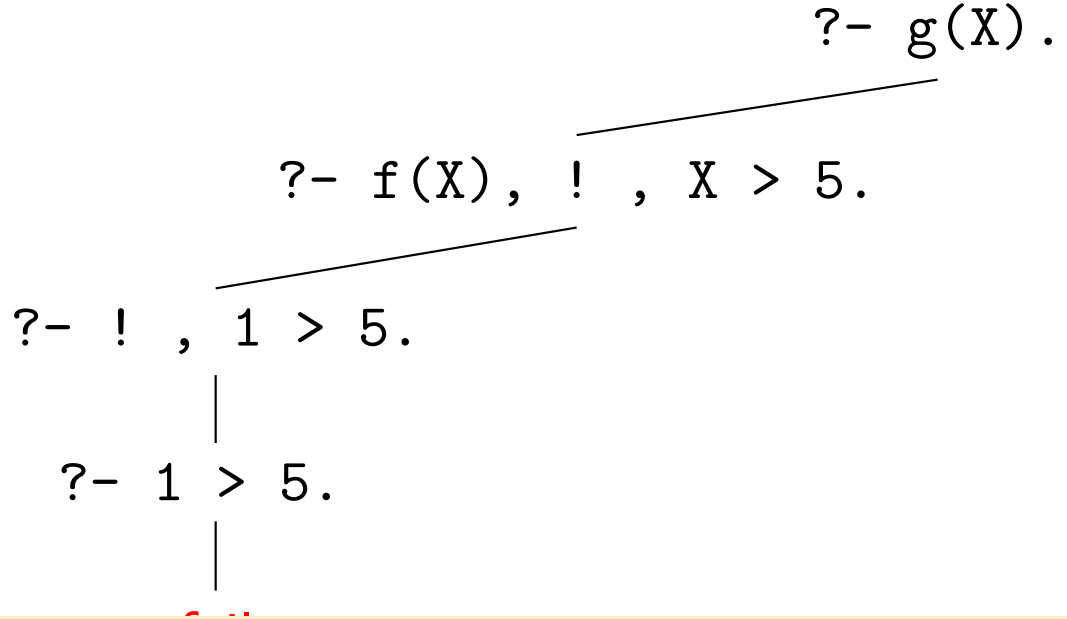
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

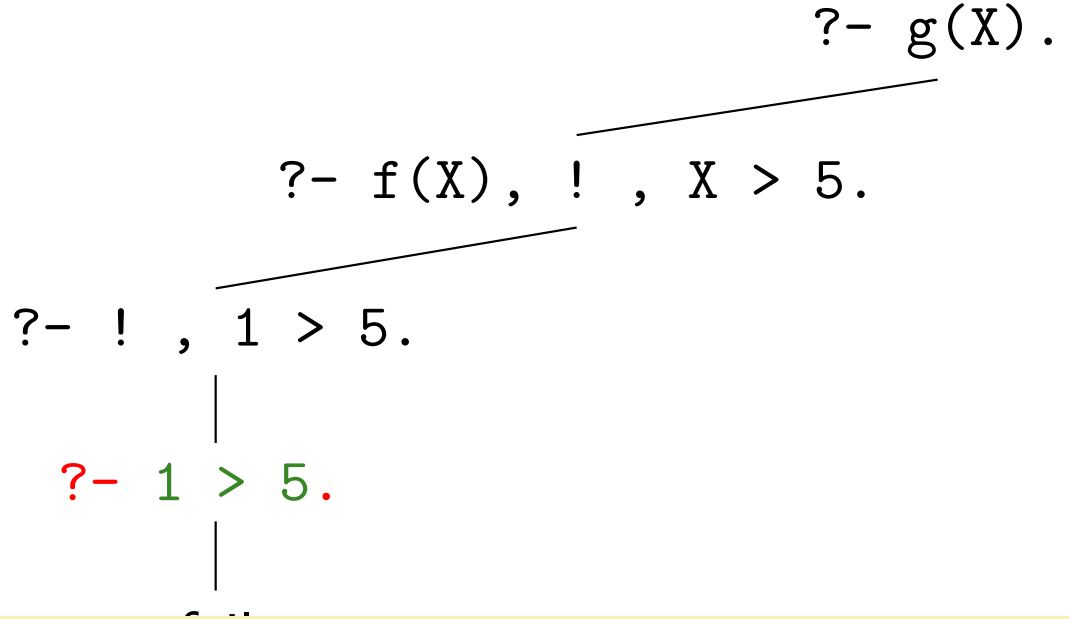
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

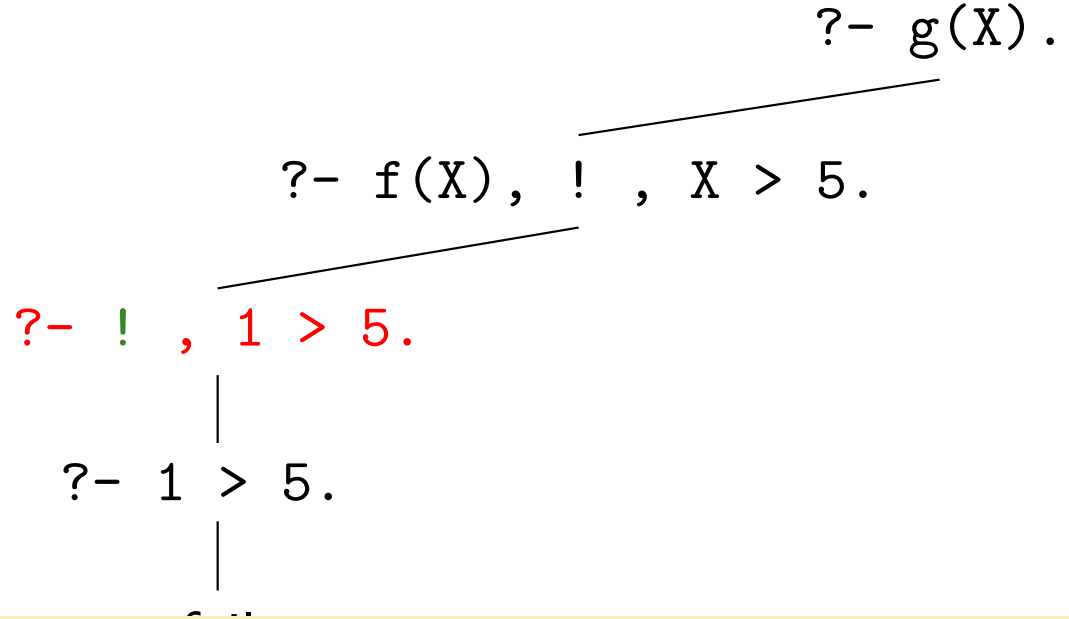
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

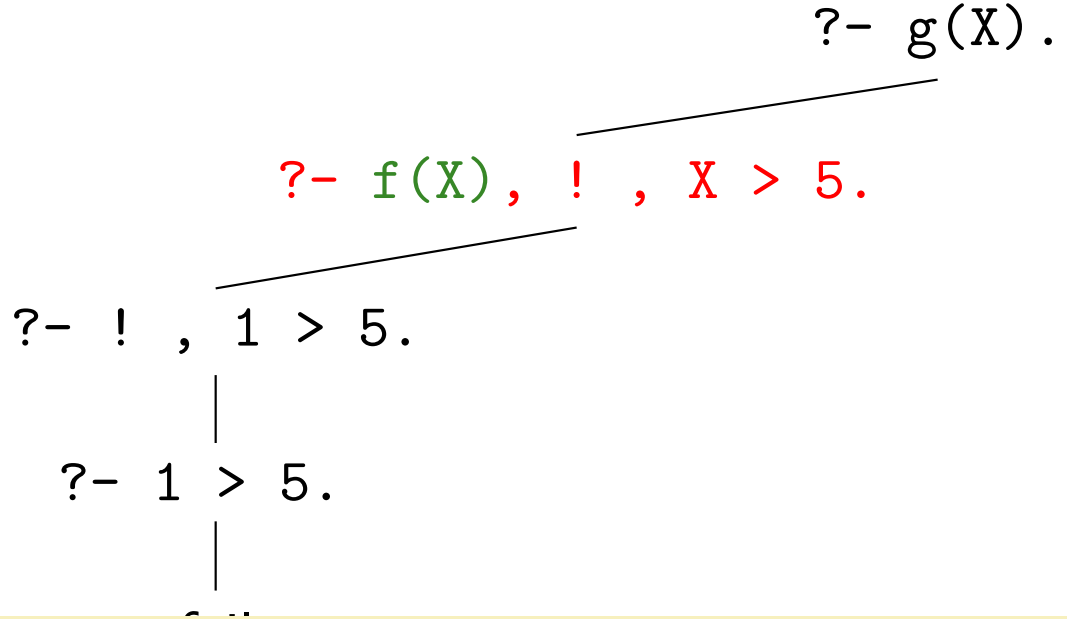
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

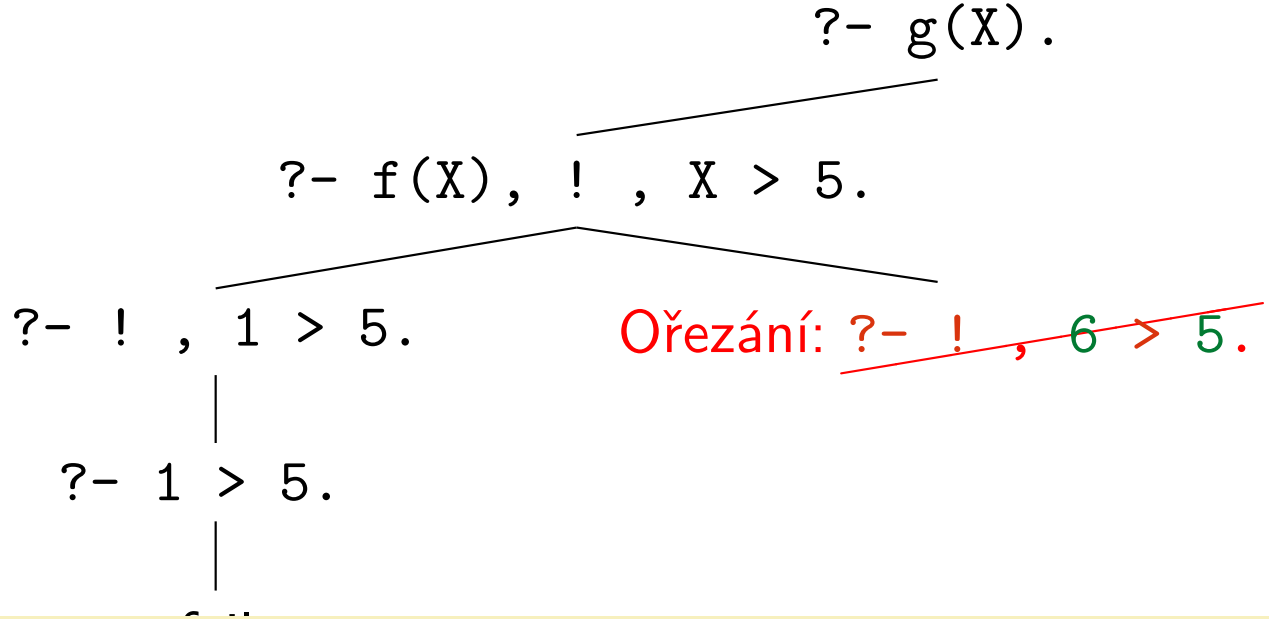
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

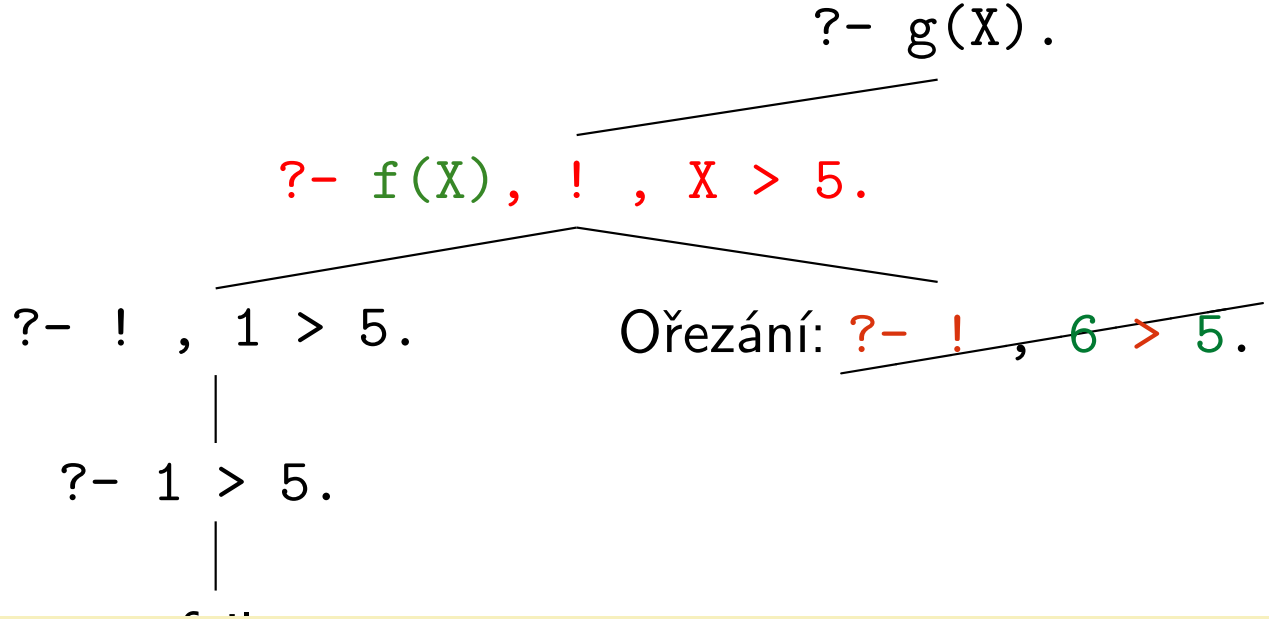
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

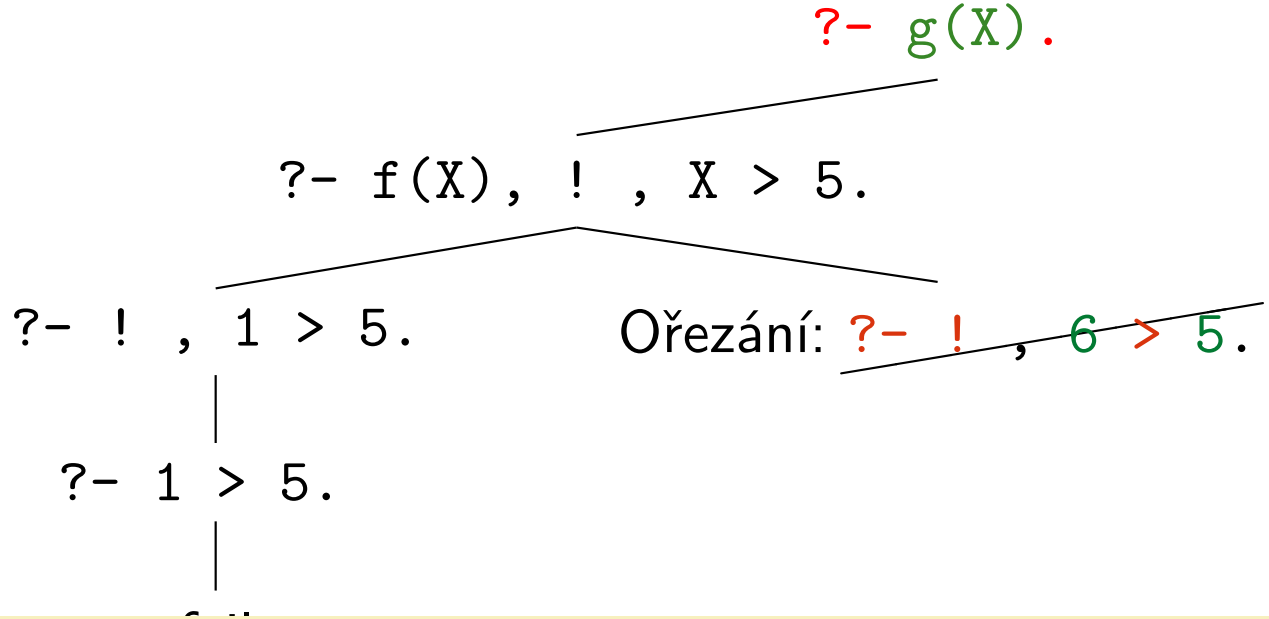
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

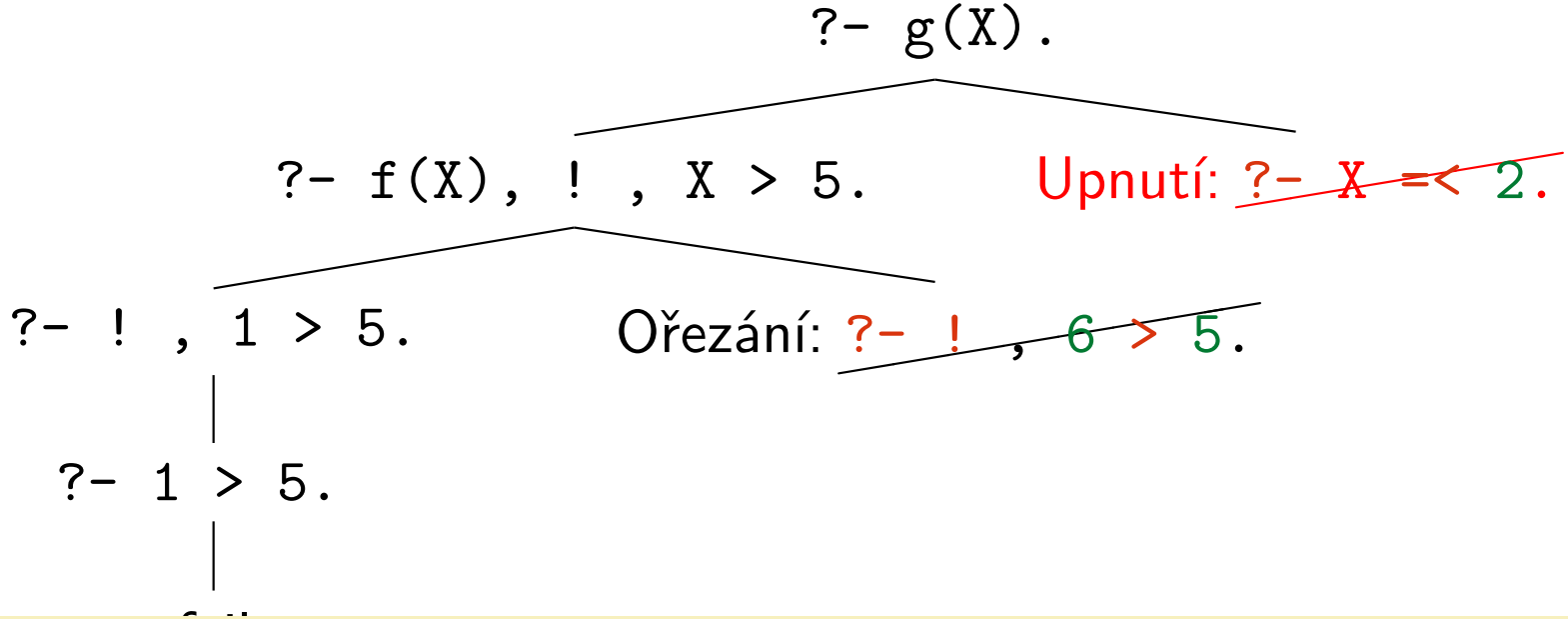
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

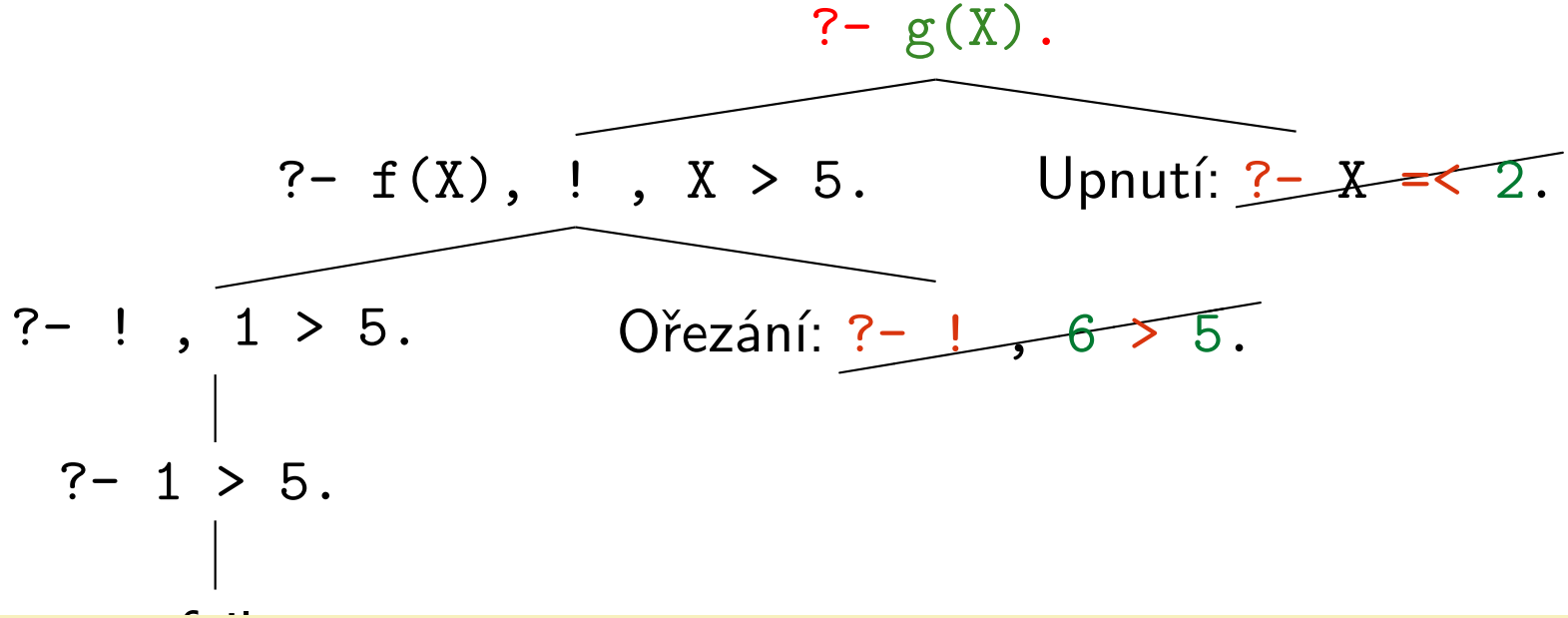
```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Efekty řezu na výpočetní strom

Upnutí: Další pravidla a fakta pro aktuální cíl se ignorují.
Ořezání: Fixování voleb provedených při vyhodnocování těla pravidla až po operátor řezu.

```
1 f(1).
2 f(6).
3 g(X) :- f(X), ! , X > 5.
4 g(X) :- X =< 2.
```



Řezy v programu

Příklad 11.1.9: Uvažte následující program:

```
1 f(X) :- g(X), h(X).
2 f(3).
3 g(0).
4 g(1).
5 g(2).
6 h(1).
7 h(2).
```

Vyhodnoťte dotaz `?- f(X).` pro výše uvedený program a pro jeho 4 variace, které vzniknou výměnou příslušného pravidla za verzi s řezem uvedenou níže. Pro každý nakreslete kompletní SLD strom výpočtu se všemi řešeními.

a) `f(X) :- ! , g(X), h(X).`
b) `f(X) :- g(X), h(X), ! .`
c) `f(X) :- g(X), ! , h(X).`
d) `g(1) :- ! .`

Příklady: řez

Příklad 11.1.2: Jaký je rozdíl mezi následujícími definicemi predikátů `member/2`? Ve kterých odpovědích se budou lišit?

a)

```
1 mem1(H, [H|_]).
2 mem1(H, [_|T]) :- mem1(H, T).
```

b)

```
1 mem2(H, [H|_]) :- !.
2 mem2(H, [_|T]) :- mem2(H, T).
```

c)

```
1 mem3(H, [K|_]) :- H == K.
2 mem3(H, [K|T]) :- H \== K, mem3(H, T).
```

Příklady: řez

Příklad 11.1.1: Navrhněte predikát `max/3`, který uspěje, jestliže je číslo ve třetím argumentu maximem čísel z prvních dvou argumentů. Uveďte řešení bez použití řezu i s ním.

Příklad 11.1.5: Napište predikát `remove/3`, který odstraní všechny výskyty prvního argumentu ze seznamu ve druhém argumentu a výsledný seznam unifikuje do třetího argumentu.

Koncová rekurze: akumulátory

Při použití rekurze si musíme pamatovat všechen kontext volání „nad námi“:

```
length [] = 0
length (_:xs) = 1 + length xs
```

```
length [1,2,3] ⇝ 1 + length [2,3] ⇝
  1 + (1 + length [3]) ⇝
  1 + (1 + (1 + length []))
  ⇝* 3
```

Koncová rekurze: akumulátory

Výpočet lze zrychlit, pokud je nejvýše jedno rekurzivní volání, a to je poslední operací výpočtu v tomto zanoření:

- při výpočtu můžeme předešlé záznamy na zásobníku volání (*call stack*) rovnou smazat
- typicky pomocná funkce s **akumulátorem** (extra parametr, v němž střádáme mezivýsledek)

Koncová rekurze: akumulátory

Výpočet lze zrychlit, pokud je nejvýše jedno rekurzivní volání, a to je poslední operací výpočtu v tomto zanoření:

- při výpočtu můžeme předešlé záznamy na zásobníku volání (*call stack*) rovnou smazat
- typicky pomocná funkce s **akumulátorem** (extra parametr, v němž střádáme mezivýsledek)

```
1 lengthAcc xs = lengthAcc2 xs 0
2   where lengthAcc2 [] len = len
3         lengthAcc2 (_:xs) a = lengthAcc2 xs (1 + a)
```

```
1 lengthAcc [1,2,3] ⇝ lengthAcc2 [1,2,3] 0 ⇝
    lengthAcc2 [2,3] 1 ⇝ lengthAcc2 [3] 2 ⇝
    lengthAcc2 [] 3 ⇝ 3
```

Koncová rekurze: akumulátory (porovnání)

Délka výpočtu délky seznamu s 7 000 000 prvky:

- klasická rekurzivní definice funkce `length` – 224 ms
- pomocí akumulátoru – 165 ms
- pomocí akumulátoru se striktním vyhodnocováním – 18 ms

Koncová rekurze: akumulátory

Situace v Prologu je stejná:

```
1 myLength([], 0).
2 myLength([_|XS], L) :- myLength(XS, L1), L is L1 + 1.
```

```
1 lengthAcc(XS, L) :- lengthAcc2(XS, 0, L).
2
3 lengthAcc2([], Len, Len).
4 lengthAcc2([_|XS], Acc, Len) :-
5         Acc2 is Acc + 1,
6         lengthAcc2(XS, Acc2, Len).
```

Koncová rekurze: akumulátory

Příklad 10.2.12: Definujte následující predikáty s pomocí akumulátoru:

a) `listSum/2`, který sečte seznam čísel a na nečíselném seznamu neuspěje (použijte `number/1`),
b) `fact/2`, který spočítá faktoriál zadaného čísla,
c) `fib/2`, který (efektivně) spočítá *n*-tý člen Fibonacciho posloupnosti,
d) `reverseAcc/2`, který obrátí pořadí prvků v seznamu.