

Seznamy

(pokračování)

Optimalizace posledního volání

● Last Call Optimization (LCO)

● Implementační technika snižující nároky na paměť

● Mnoho vnořených rekurzivních volání je náročné na paměť

● Použití LCO umožňuje vnořenou rekurzi s konstantními paměťovými nároky

● Typický příklad, kdy je možné použití LCO:

● procedura musí mít pouze jedno rekurzivní volání: **v posledním cíli poslední klauzule**

● cíle předcházející tomuto rekurzivnímu volání musí být **deterministické**

● `p(...) :- ...` % žádné rekurzivní volání v těle klauzule

`p(...) :- ...` % žádné rekurzivní volání v těle klauzule

...

`p(...) :- ..., !, p(...).` % řez zajišťuje determinismus

● Tento typ **rekurze lze převést na iteraci**

LCO a akumulátor

- Reformulace rekurzivní procedury, aby umožnila LCO
- Výpočet délky seznamu `length(Seznam, Deřka)`

`length([], 0)`.

`length([H | T], Deřka) :- length(T, Deřka0), Deřka is 1 + Deřka0.`

LCO a akumulátor

- Reformulace rekurzivní procedury, aby umožnila LCO
- Výpočet délky seznamu `length(Seznam, Délka)`

`length([], 0).`

`length([H | T], Délka) :- length(T, Délka0), Délka is 1 + Délka0.`

- Upravená procedura, tak aby umožnila LCO:

```
% length( Seznam, ZapocitanaDélka, CelkovaDélka ):
```

```
%           CelkovaDélka = ZapocitanaDélka + „počet prvků v Seznam“
```

LCO a akumulátor

- Reformulace rekurzivní procedury, aby umožnila LCO
- Výpočet délky seznamu `length(Seznam, Delka)`

```
length( [], 0 ).
```

```
length( [ H | T ], Delka ) :- length( T, Delka0 ), Delka is 1 + Delka0.
```

- Upravená procedura, tak aby umožnila LCO:

```
% length( Seznam, ZapocitanaDelka, CelkovaDelka ):
```

```
%           CelkovaDelka = ZapocitanaDelka + „počet prvků v Seznam“
```

```
length( Seznam, Delka ) :- length( Seznam, 0, Delka ). % pomocný predikát
```

```
length( [], Delka, Delka ). % celková délka = započítaná délka
```

```
length( [ H | T ], A, Delka ) :- A0 is A + 1, length( T, A0, Delka ).
```

- Příkladový argument se nazývá **akumulátor**

max_list s akumulátorem

Výpočet největšího prvku v seznamu `max_list(Seznam, Max)`

```
max_list([X], X).
```

```
max_list([X|T], Max) :-
```

```
    max_list(T,MaxT),
```

```
    ( MaxT >= X, !, Max = MaxT
```

```
    ;
```

```
    Max = X ).
```

max_list s akumulátorem

Výpočet největšího prvku v seznamu `max_list(Seznam, Max)`

```
max_list([X], X).
```

```
max_list([X|T], Max) :-  
    max_list(T,MaxT),  
    ( MaxT >= X, !, Max = MaxT  
    ;  
      Max = X ).
```

```
max_list([H|T],Max) :- max_list(T,H,Max).
```

```
max_list([], Max, Max).
```

```
max_list([H|T], CastecnyMax, Max) :-  
    ( H > CastecnyMax, !,  
      max_list(T, H, Max )  
    ;  
      max_list(T, CastecnyMax, Max) ).
```

Akumulátor jako seznam

- Nalezení seznamu, ve kterém jsou prvky v opačném pořadí
`reverse(Seznam, OpacnySeznam)`
- `reverse([], [])`.
`reverse([H | T], Opacny) :-`

Akumulátor jako seznam

- Nalezení seznamu, ve kterém jsou prvky v opačném pořadí
`reverse(Seznam, OpacnySeznam)`
- `reverse([], [])`.
`reverse([H | T], Opacny) :-`
 `reverse(T, OpacnyT),`
 `append(OpacnyT, [H], Opacny)`.
- naivní reverse s kvadratickou složitostí

Akumulátor jako seznam

- Nalezení seznamu, ve kterém jsou prvky v opačném pořadí
`reverse(Seznam, OpacnySeznam)`

- `reverse([], [])`.

- `reverse([H | T], Opacny) :-`

- `reverse(T, OpacnyT),`

- `append(OpacnyT, [H], Opacny)`.

- naivní reverse s kvadratickou složitostí

- reverse pomocí akumulátoru s lineární složitostí

- `% reverse(Seznam, Akumulator, Opacny):`

- `% Opacny obdržíme přidáním prvků ze Seznam do Akumulator v opacnem poradi`

Akumulátor jako seznam

- Nalezení seznamu, ve kterém jsou prvky v opačném pořadí
`reverse(Seznam, OpacnySeznam)`

- `reverse([], [])`.

- `reverse([H | T], Opacny) :-`

- `reverse(T, OpacnyT),`

- `append(OpacnyT, [H], Opacny)`.

- naivní reverse s kvadratickou složitostí

- reverse pomocí akumulátoru s lineární složitostí

- `% reverse(Seznam, Akumulator, Opacny):`

- `% Opacny obdržíme přidáním prvků ze Seznam do Akumulator v opacnem poradi`

- `reverse(Seznam, OpacnySeznam) :- reverse(Seznam, [], OpacnySeznam)`.

- `reverse([], S, S)`.

- `reverse([H | T], A, Opacny) :-`

- `reverse(T, [H | A], Opacny)`.

- `% přidání H do akumulátoru`

Akumulátor jako seznam

- Nalezení seznamu, ve kterém jsou prvky v opačném pořadí
`reverse(Seznam, OpacnySeznam)`

- `reverse([], [])`.

- `reverse([H | T], Opacny) :-`

- `reverse(T, OpacnyT),`

- `append(OpacnyT, [H], Opacny)`.

- naivní reverse s kvadratickou složitostí

- reverse pomocí akumulátoru s lineární složitostí

- `% reverse(Seznam, Akumulator, Opacny):`

- `% Opacny obdržíme přidáním prvků ze Seznam do Akumulator v opacnem poradi`

- `reverse(Seznam, OpacnySeznam) :- reverse(Seznam, [], OpacnySeznam)`.

- `reverse([], S, S)`.

- `reverse([H | T], A, Opacny) :-`

- `reverse(T, [H | A], Opacny)`.

- `% přidání H do akumulátoru`

- zpětná konstrukce seznamu (srovnej s předchozí dopřednou konstrukcí, např. `append`)

reverse/2: cvičení

```
reverse( Seznam, OpacnySeznam ) :-                % (1)  
    reverse( Seznam, [], OpacnySeznam).
```

```
reverse( [], S, S ).                               % (2)
```

```
reverse( [ H | T ], A, Opacny ) :-                % (3)  
    reverse( T, [ H | A ], Opacny ).
```

? - reverse([1,2,3],0).

reverse([1,2,3],0) →

reverse/2: cvičení

```
reverse( Seznam, OpacnySeznam ) :-                % (1)  
    reverse( Seznam, [], OpacnySeznam ).
```

```
reverse( [], S, S ).                               % (2)
```

```
reverse( [ H | T ], A, Opacny ) :-                % (3)  
    reverse( T, [ H | A ], Opacny ).
```

? - reverse([1,2,3],0).

reverse([1,2,3],0) → (1)

reverse([1,2,3], [], 0) →

reverse/2: cvičení

```
reverse( Seznam, OpacnySeznam ) :-                % (1)
    reverse( Seznam, [], OpacnySeznam).
```

```
reverse( [], S, S ).                               % (2)
```

```
reverse( [ H | T ], A, Opacny ) :-                % (3)
    reverse( T, [ H | A ], Opacny ).
```

? - reverse([1,2,3],0).

reverse([1,2,3],0) → (1)

reverse([1,2,3], [], 0) → (3)

reverse([2,3], [1], 0) →

reverse/2: cvičení

```
reverse( Seznam, OpacnySeznam ) :-                % (1)
    reverse( Seznam, [], OpacnySeznam).
```

```
reverse( [], S, S ).                               % (2)
```

```
reverse( [ H | T ], A, Opacny ) :-                % (3)
    reverse( T, [ H | A ], Opacny ).
```

? - reverse([1,2,3],0).

reverse([1,2,3],0) → (1)

reverse([1,2,3], [], 0) → (3)

reverse([2,3], [1], 0) → (3)

reverse([3], [2,1], 0) →

reverse/2: cvičení

```
reverse( Seznam, OpacnySeznam ) :-                % (1)  
    reverse( Seznam, [], OpacnySeznam).
```

```
reverse( [], S, S ).                               % (2)
```

```
reverse( [ H | T ], A, Opacny ) :-                % (3)  
    reverse( T, [ H | A ], Opacny ).
```

? - reverse([1,2,3],0).

reverse([1,2,3],0) → (1)

reverse([1,2,3], [], 0) → (3)

reverse([2,3], [1], 0) → (3)

reverse([3], [2,1], 0) → (3)

reverse([], [3,2,1], 0) →

reverse/2: cvičení

```
reverse( Seznam, OpacnySeznam ) :-                % (1)
```

```
    reverse( Seznam, [], OpacnySeznam ).
```

```
reverse( [], S, S ).                               % (2)
```

```
reverse( [ H | T ], A, Opacny ) :-                % (3)
```

```
    reverse( T, [ H | A ], Opacny ).
```

? - reverse([1,2,3],0).

reverse([1,2,3],0) → (1)

reverse([1,2,3], [], 0) → (3)

reverse([2,3], [1], 0) → (3)

reverse([3], [2,1], 0) → (3)

reverse([], [3,2,1], 0) → (2)

yes 0=[3,2,1]

Neefektivita při spojování seznamů

- Sjednocení dvou seznamů

- `append([], S, S)`.

- `append([X|S1], S2, [X|S3]) :- append(S1, S2, S3)`.

Neefektivita při spojování seznamů

- Sjednocení dvou seznamů

- `append([], S, S).`

- `append([X|S1], S2, [X|S3]) :- append(S1, S2, S3).`

- `?- append([2,3], [1], S).`

Neefektivita při spojování seznamů

- Sjednocení dvou seznamů

- `append([], S, S)`.

- `append([X|S1], S2, [X|S3]) :- append(S1, S2, S3)`.

- `?- append([2,3], [1], S)`.

postupné volání cílů:

`append([2,3], [1], S) → append([3], [1], S') → append([], [1], S'')`

Neefektivita při spojování seznamů

- Sjednocení dvou seznamů

- `append([], S, S)`.

- `append([X|S1], S2, [X|S3]) :- append(S1, S2, S3)`.

- `?- append([2,3], [1], S)`.

postupné volání cílů:

`append([2,3], [1], S) → append([3], [1], S') → append([], [1], S'')`

- Vždy je nutné projít celý první seznam

Rozdílové seznamy

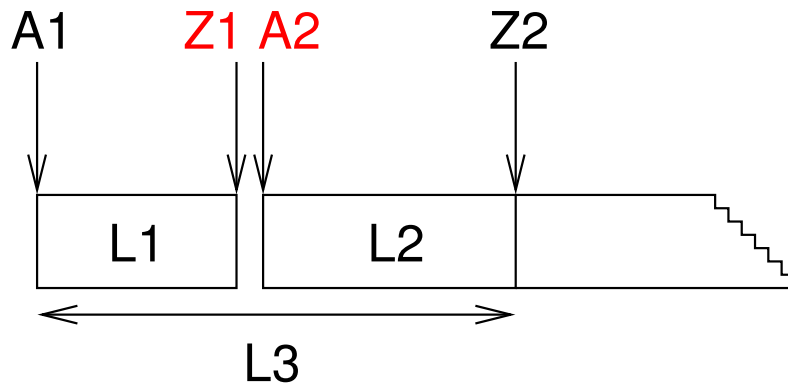
- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**

Rozdílové seznamy

- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1-L2 = [a, b|T]-T = [a, b, c|S]-[c|S] = [a, b, c]-[c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L-L$

Rozdílové seznamy

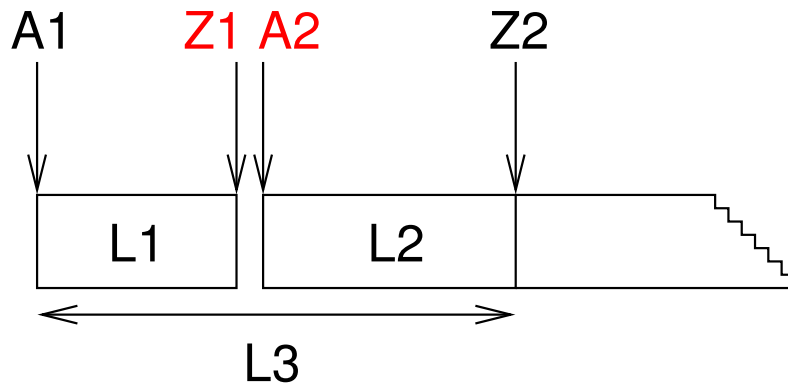
- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1 - L2 = [a, b | T] - T = [a, b, c | S] - [c | S] = [a, b, c] - [c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L - L$



`append(A1-Z1, Z1-Z2, A1-Z2).`
L1 L2 L3

Rozdílové seznamy

- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1 - L2 = [a, b | T] - T = [a, b, c | S] - [c | S] = [a, b, c] - [c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L - L$

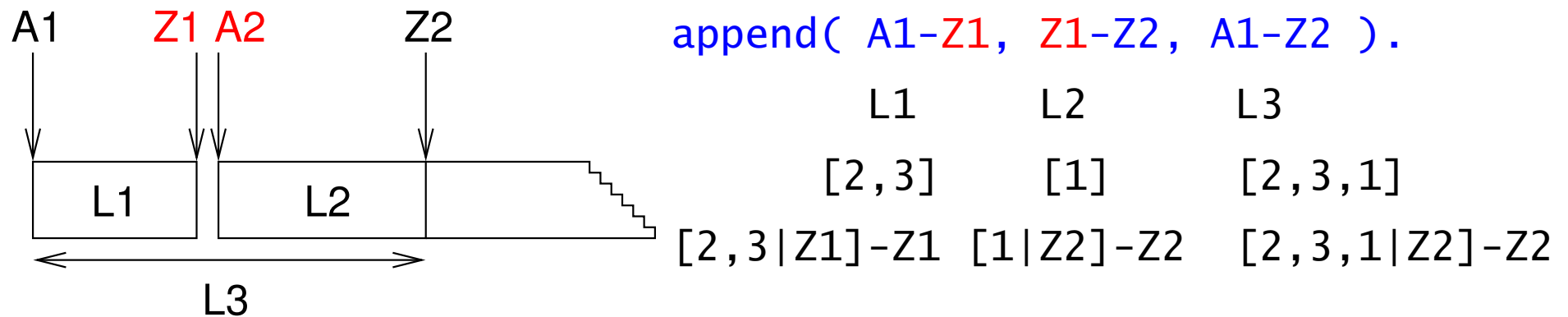


`append(A1-Z1, Z1-Z2, A1-Z2).`

L1	L2	L3
[2, 3]	[1]	[2, 3, 1]
$[2, 3 Z1] - Z1$	$[1 Z2] - Z2$	$[2, 3, 1 Z2] - Z2$

Rozdílové seznamy

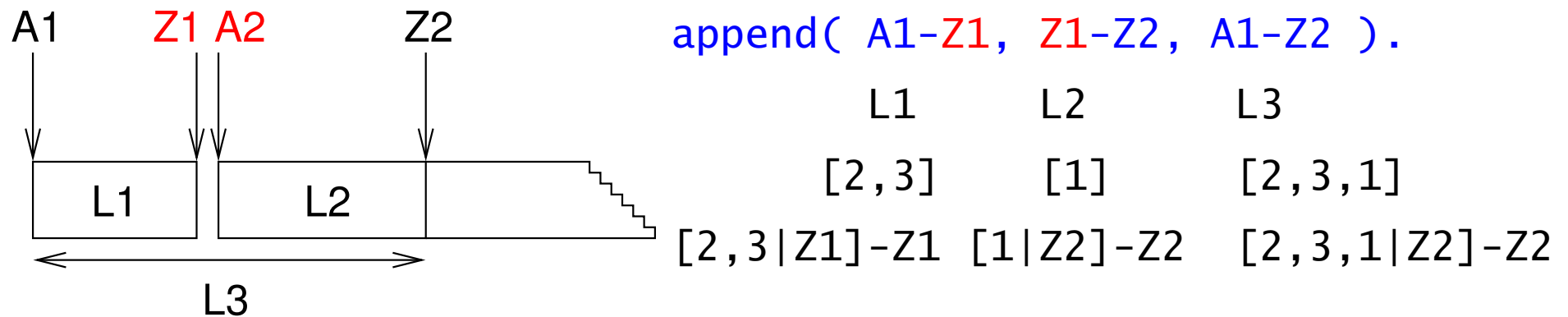
- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1 - L2 = [a, b | T] - T = [a, b, c | S] - [c | S] = [a, b, c] - [c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L - L$



- ?- append([2, 3 | Z1] - Z1, [1 | Z2] - Z2, S).
S =

Rozdílové seznamy

- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1 - L2 = [a, b | T] - T = [a, b, c | S] - [c | S] = [a, b, c] - [c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L - L$



`append(A1-Z1, Z1-Z2, A1-Z2).`

L1 L2 L3

$[2, 3]$ $[1]$ $[2, 3, 1]$

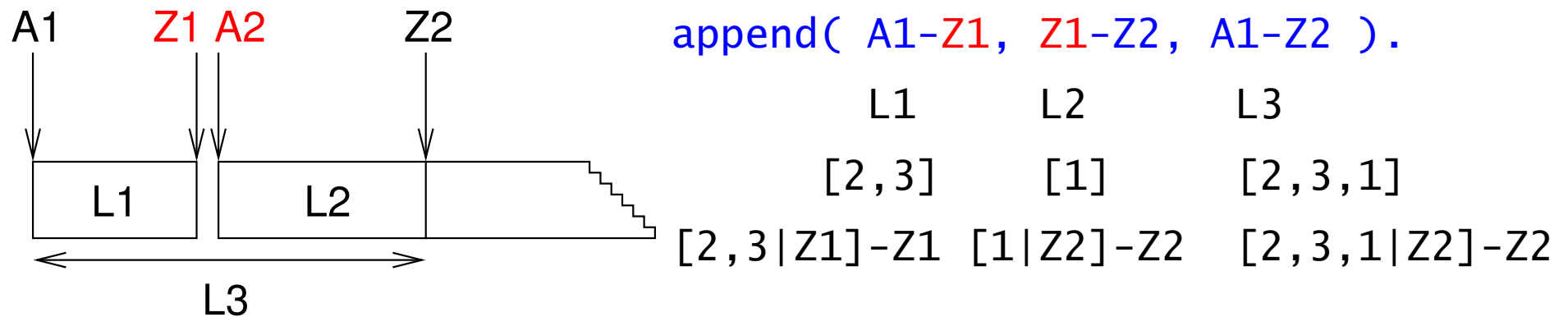
$[2, 3 | Z1] - Z1$ $[1 | Z2] - Z2$ $[2, 3, 1 | Z2] - Z2$

- ?- `append([2, 3 | Z1] - Z1, [1 | Z2] - Z2, S).`

$S = A1 - Z2 =$

Rozdílové seznamy

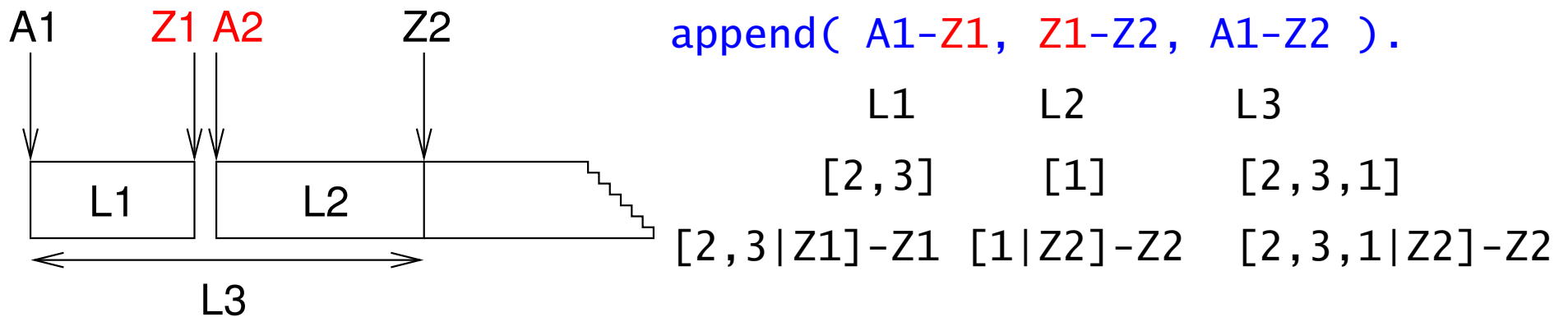
- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1 - L2 = [a, b | T] - T = [a, b, c | S] - [c | S] = [a, b, c] - [c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L - L$



- ?- $\text{append}([2, 3 | Z1] - Z1, [1 | Z2] - Z2, S)$.
 $S = A1 - Z2 = [2, 3 | Z1] - Z2 =$

Rozdílové seznamy

- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1 - L2 = [a, b | T] - T = [a, b, c | S] - [c | S] = [a, b, c] - [c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L - L$

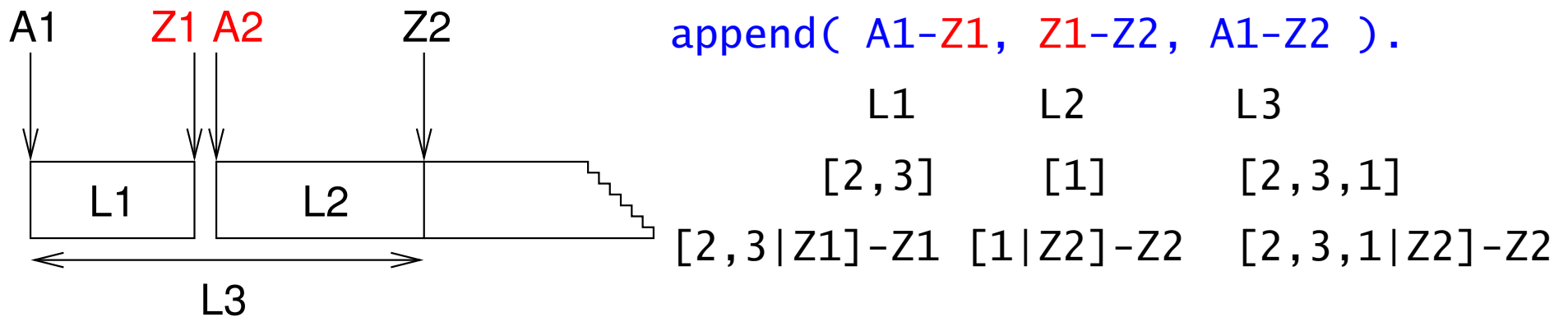


- ?- $\text{append}([2, 3 | Z1] - Z1, [1 | Z2] - Z2, S)$.

$$S = A1 - Z2 = [2, 3 | Z1] - Z2 = [2, 3 | [1 | Z2]] - Z2$$

Rozdílové seznamy

- Zapamatování konce a připojení na konec: **rozdílové seznamy**
- $[a, b] = L1 - L2 = [a, b | T] - T = [a, b, c | S] - [c | S] = [a, b, c] - [c]$
- Reprezentace prázdného seznamu: $L - L$



- ?- append($[2, 3 | Z1] - Z1$, $[1 | Z2] - Z2$, S).
 $S = A1 - Z2 = [2, 3 | Z1] - Z2 = [2, 3 | [1 | Z2]] - Z2$
 $Z1 = [1 | Z2] \quad S = [2, 3, 1 | Z2] - Z2$

- Jednotková složitost, oblíbená technika ale není tak flexibilní

Akumulátor vs. rozdílové seznamy: reverse

```
reverse( [], [] ).
```

```
reverse( [ H | T ], Opacny ) :-
```

```
    reverse( T, OpacnyT ),
```

```
    append( OpacnyT, [ H ], Opacny ).
```

kvadratická složitost

```
reverse( Seznam, Opacny ) :- reverse0( Seznam, [], Opacny ).
```

```
reverse0( [], S, S ).
```

```
reverse0( [ H | T ], A, Opacny ) :-
```

```
    reverse0( T, [ H | A ], Opacny ).
```

akumulátor (lineární)

Akumulátor vs. rozdílové seznamy: reverse

```
reverse( [], [] ).
```

```
reverse( [ H | T ], Opacny ) :-  
    reverse( T, OpacnyT ),  
    append( OpacnyT, [ H ], Opacny ).
```

kvadratická složitost

```
reverse( Seznam, Opacny ) :- reverse0( Seznam, [], Opacny ).
```

```
reverse0( [], S, S ).
```

```
reverse0( [ H | T ], A, Opacny ) :-  
    reverse0( T, [ H | A ], Opacny ).
```

akumulátor (lineární)

```
reverse( Seznam, Opacny ) :- reverse0( Seznam, Opacny-[] ).
```

```
reverse0( [], S-S ).
```

```
reverse0( [ H | T ], Opacny-OpacnyKonec ) :-  
    reverse0( T, Opacny-[ H | OpacnyKonec] ).
```

rozdílové seznamy
(lineární)

Akumulátor vs. rozdílové seznamy: reverse

```
reverse( [], [] ).
```

```
reverse( [ H | T ], Opacny ) :-  
    reverse( T, OpacnyT ),  
    append( OpacnyT, [ H ], Opacny ).
```

kvadratická složitost

```
reverse( Seznam, Opacny ) :- reverse0( Seznam, [], Opacny ).
```

```
reverse0( [], S, S ).
```

```
reverse0( [ H | T ], A, Opacny ) :-  
    reverse0( T, [ H | A ], Opacny ).
```

akumulátor (lineární)

```
reverse( Seznam, Opacny ) :- reverse0( Seznam, Opacny-[] ).
```

```
reverse0( [], S-S ).
```

```
reverse0( [ H | T ], Opacny-OpacnyKonec ) :-  
    reverse0( T, Opacny-[ H | OpacnyKonec] ).
```

rozdílové seznamy
(lineární)

Příklad: operace pro manipulaci s frontou

● test na prázdnotu, přidání na konec, odebrání ze začátku

Vestavěné predikáty

Vestavěné predikáty

- Predikáty pro řízení běhu programu
 - fail, true, ...
- Různé typy rovností
 - unifikace, aritmetická rovnost, ...
- Databázové operace
 - změna programu (programové databáze) za jeho běhu
- Vstup a výstup
- Všechna řešení programu
- Testování typu termu
 - proměnná?, konstanta?, struktura?, ...
- Konstrukce a dekompozice termu
 - argumenty?, funktor?, ...

Databázové operace

- Databáze: specifikace množiny relací
- Prologovský program: **programová databáze**, kde jsou relace specifikovány explicitně (fakty) i implicitně (pravidly)
- Vestavěné predikáty pro změnu databáze během provádění programu:

`assert(Klauzule)` přidání Klauzule do programu

`asserta(Klauzule)` přidání na začátek

`assertz(Klauzule)` přidání na konec

`retract(Klauzule)` smazání klauzule unifikovatelné s Klauzule

- Pozor: nadměrné použití těchto operací snižuje srozumitelnost programu

Příklad: databázové operace

- *Caching*: odpovědi na dotazy jsou přidány do programové databáze

Příklad: databázové operace

- **Caching**: odpovědi na dotazy jsou přidány do programové databáze
 - `?- solve(problem, Solution),
asserta(solve(problem, Solution)).`
 - `:- dynamic solve/2. % nezbytné při použití v SICStus Prologu`

Příklad: databázové operace

● **Caching**: odpovědi na dotazy jsou přidány do programové databáze

● ?- solve(problem, Solution),
 asserta(solve(problem, Solution)).

● :- dynamic solve/2. % nezbytné při použití v SICStus Prologu

● Příklad:

```
uloz_trojice( Seznam1, Seznam2 ) :-  
    member( X1, Seznam1 ),  
    member( X2, Seznam2 ),  
    spocitej_treti( X1, X2, X3 ),  
    assertz( trojice( X1, X2, X3 ) ),  
    fail.
```


Příklad: databázové operace

● **Caching**: odpovědi na dotazy jsou přidány do programové databáze

● `?- solve(problem, Solution),
asserta(solve(problem, Solution)).`

● `:- dynamic solve/2. % nezbytné při použití v SICStus Prologu`

● Příklad:

```
uloz_trojice( Seznam1, Seznam2 ) :-  
    member( X1, Seznam1 ),  
    member( X2, Seznam2 ),  
    spocitej_treti( X1, X2, X3 ),  
    assertz( trojice( X1, X2, X3 ) ),  
    fail.
```

```
uloz_trojice( _, _ ) :- !.
```

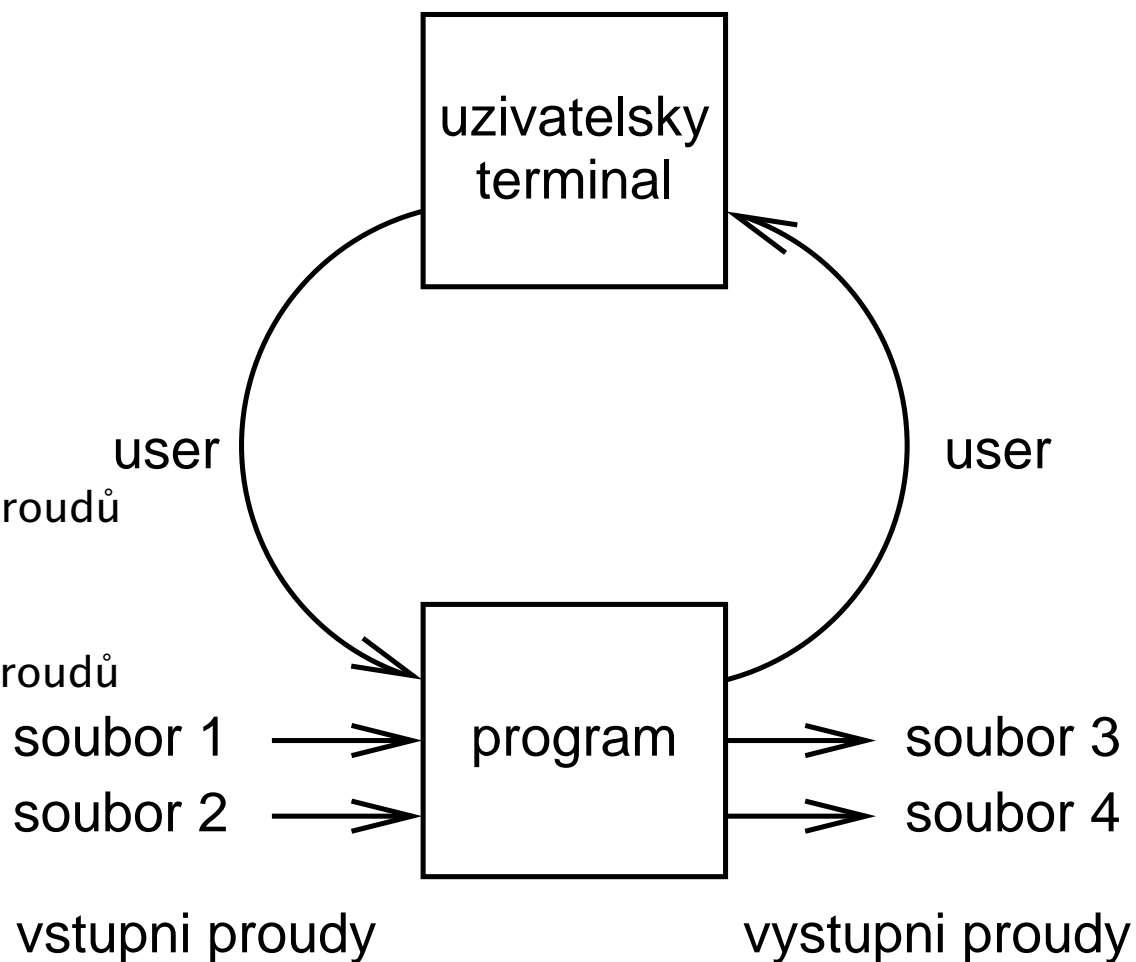
Vstup a výstup

- program může číst data ze **vstupního proudu** (*input stream*)
- program může zapisovat data do **výstupního proudu** (*output stream*)
- dva **aktivní proudy**

- aktivní vstupní proud
- aktivní výstupní proud

uživatelský terminál – user

- datový vstup z terminálu
chápán jako jeden ze vstupních proudů
- datový výstup na terminál
chápán jako jeden z výstupních proudů



Vstupní a výstupní proudy: vestavěné predikáty

- změna (**otevření**) aktivního vstupního/výstupního proudu: `see(S)/tell(S)`

```
cteni( Soubor ) :- see( Soubor ),  
                  cteni_ze_souboru( Informace ),  
                  see( user ).
```

- **uzavření** aktivního vstupního/výstupního proudu: `seen/told`

Vstupní a výstupní proudy: vestavěné predikáty

- změna (**otevření**) aktivního vstupního/výstupního proudu: `see(S)/tell(S)`

```
cteni( Soubor ) :- see( Soubor ),  
                  cteni_ze_souboru( Informace ),  
                  see( user ).
```

- **uzavření** aktivního vstupního/výstupního proudu: `seen/told`

- **zjištění** aktivního vstupního/výstupního proudu: `seeing(S)/telling(S)`

```
cteni( Soubor ) :- seeing( StarySoubor ),  
                  see( Soubor ),  
                  cteni_ze_souboru( Informace ),  
                  seen,  
                  see( StarySoubor ).
```

Sekvenční přístup k textovým souborům

- **čtení** dalšího **termu**: `read(Term)`

- při čtení jsou termy odděleny tečkou

- | `?- read(A), read(ahoj(B)), read([C,D]).`

Sekvenční přístup k textovým souborům

- **čtení** dalšího **termu**: `read(Term)`

- při čtení jsou termy odděleny tečkou

```
| ?- read(A), read( ahoj(B) ), read( [C,D] ).
```

```
|: ahoj. ahoj( petre ). [ ahoj( 'Petre!' ), jdeme ].
```

```
A = ahoj, B = petre, C = ahoj('Petre!'), D = jdeme
```

Sekvenční přístup k textovým souborům

● čtení dalšího **termu**: `read(Term)`

- při čtení jsou termy odděleny tečkou

```
| ?- read(A), read( ahoj(B) ), read( [C,D] ).
```

```
|: ahoj. ahoj( petre ). [ ahoj( 'Petre!' ), jdeme ].
```

A = ahoj, B = petre, C = ahoj('Petre!'), D = jdeme

- po dosažení konce souboru je vrácen atom `end_of_file`

● zápis dalšího **termu**: `write(Term)`

```
?- write( ahoj ).      ?- write( 'Ahoj Petre!' ).
```

nový řádek na výstup: `n\`

N mezer na výstup: `tab(N)`

Sekvenční přístup k textovým souborům

● **čtení** dalšího **termu**: `read(Term)`

- při čtení jsou termy odděleny tečkou

```
| ?- read(A), read( ahoj(B) ), read( [C,D] ).
```

```
|: ahoj. ahoj( petre ). [ ahoj( 'Petre!' ), jdeme ].
```

A = ahoj, B = petre, C = ahoj('Petre!'), D = jdeme

- po dosažení konce souboru je vrácen atom `end_of_file`

● **zápis** dalšího **termu**: `write(Term)`

```
?- write( ahoj ).      ?- write( 'Ahoj Petre!' ).
```

nový řádek na výstup: `nl`

N mezer na výstup: `tab(N)`

● **čtení/zápis** dalšího **znaku**: `get0(Znak)`, `get(NeprazdnyZnak)/put(Znak)`

- po dosažení konce souboru je vrácena `-1`

Příklad čtení ze souboru

```
process_file( Soubor ) :-  
    seeing( StarySoubor ),           % zjištění aktivního proudu  
    see( Soubor ),                  % otevření souboru Soubor  
    repeat,  
        read( Term ),              % čtení termu Term  
        process_term( Term ),      % manipulace s termem  
        Term == end_of_file,       % je konec souboru?  
    !,  
    seen,                            % uzavření souboru  
    see( StarySoubor ).             % aktivace původního proudu  
  
repeat.                              % opakování  
repeat :- repeat.
```

Čtení programu ze souboru

● Interpretování kódu programu

- `?- consult(program).`
- `?- consult('program.pl').`
- `?- consult([program1, 'program2.pl']).`

● Kompilace kódu programu

- `?- compile([program1, 'program2.pl']).`
- `?- [program].`
- `?- [user].` **zadávání kódu ze vstupu** ukončené CTRL+D
- další varianty podobně jako u interpretování
- typické zrychlení: 5 až 10 krát

Všetchna řešení

- Backtracking vrací pouze jedno řešení po druhém
- Všetchna řešení dostupná najednou: `bagof/3`, `setof/3`, `findall/3`
- `bagof(X, P, S)`: vrátí seznam S, všech objektů X takových, že P je splněno

`vek(petr, 7)`.

`vek(anna, 5)`.

`vek(tomas, 5)`.

?- `bagof(Dite, vek(Dite, 5), Seznam)`.

Všechna řešení

- Backtracking vrací pouze jedno řešení po druhém
- Všechna řešení dostupná najednou: [bagof/3](#), [setof/3](#), [findall/3](#)
- [bagof\(X, P, S \)](#): vrátí seznam S, všech objektů X takových, že P je splněno

`vek(petr, 7).`

`vek(anna, 5).`

`vek(tomas, 5).`

?- `bagof(Dite, vek(Dite, 5), Seznam).`

`Seznam = [anna, tomas]`

Všechna řešení

- Backtracking vrací pouze jedno řešení po druhém
- Všechna řešení dostupná najednou: `bagof/3`, `setof/3`, `findall/3`
- `bagof(X, P, S)`: vrátí seznam S, všech objektů X takových, že P je splněno

`vek(petr, 7)`.

`vek(anna, 5)`.

`vek(tomas, 5)`.

?- `bagof(Dite, vek(Dite, 5), Seznam)`.

`Seznam = [anna, tomas]`

- Volné proměnné v cíli P jsou **všeobecně kvantifikovány**

?- `bagof(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

Všechna řešení

- Backtracking vrací pouze jedno řešení po druhém
- Všechna řešení dostupná najednou: `bagof/3`, `setof/3`, `findall/3`
- `bagof(X, P, S)`: vrátí seznam S, všech objektů X takových, že P je splněno

`vek(petr, 7).`

`vek(anna, 5).`

`vek(tomas, 5).`

?- `bagof(Dite, vek(Dite, 5), Seznam).`

`Seznam = [anna, tomas]`

- Volné proměnné v cíli P jsou **všeobecně kvantifikovány**

?- `bagof(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam).`

`Vek = 7, Seznam = [petr];`

`Vek = 5, Seznam = [anna, tomas]`

Všetchna řešení II.

- Pokud neexistuje řešení `bagof(X,P,S)` neuspěje
- `bagof`: pokud nějaké řešení existuje několikrát, pak `S` obsahuje duplicity
- `bagof`, `setof`, `findall`:
P je libovolný cíl

```
vek( petr, 7 ).
```

```
vek( anna, 5 ).
```

```
vek( tomas, 5 ).
```

```
?- bagof( Dite, ( vek( Dite, 5 ), Dite \= anna ), Seznam ).
```

```
Seznam = [ tomas ]
```

Všetchna řešení II.

- Pokud neexistuje řešení `bagof(X,P,S)` neuspěje
- `bagof`: pokud nějaké řešení existuje několikrát, pak `S` obsahuje duplicity
- `bagof`, `setof`, `findall`:

`P` je libovolný cíl

```
vek( petr, 7 ).
```

```
vek( anna, 5 ).
```

```
vek( tomas, 5 ).
```

```
?- bagof( Dite, ( vek( Dite, 5 ), Dite \= anna ), Seznam ).
```

```
Seznam = [ tomas ]
```

- `bagof`, `setof`, `findall`:

na objekty shromažďované v `X` nejsou žádná omezení: `X` je term

```
?- bagof( Dite-Vek, vek( Dite, Vek ), Seznam ).
```

```
Seznam = [petr-7,anna-5,tomas-5]
```


Existenční kvantifikátor „ \exists ”

- Přidání **existenčního kvantifikátoru** „ \exists ” \Rightarrow hodnota proměnné nemá význam

?- bagof(Dite, Vek \exists vek(Dite, Vek), Seznam).

Existenční kvantifikátor „ \exists ”

- Přidání **existenčního kvantifikátoru** „ \exists ” \Rightarrow hodnota proměnné nemá význam

?- bagof(Dite, Vek \exists vek(Dite, Vek), Seznam).

Seznam = [petr,anna,tomas]

Existenční kvantifikátor „ \exists ”

- Přidání **existenčního kvantifikátoru** „ \exists ” \Rightarrow hodnota proměnné nemá význam

?- bagof(Dite, Vek \exists vek(Dite, Vek), Seznam).

Seznam = [petr,anna,tomas]

- Anonymní proměnné jsou všeobecně kvantifikovány, i když jejich hodnota není (jako vždy) vracena na výstup

?- bagof(Dite, vek(Dite, _Vek), Seznam).

Seznam = [petr] ;

Seznam = [anna,tomas]

Existenční kvantifikátor „ \wedge ”

- Přidání **existenčního kvantifikátoru** „ \wedge ” \Rightarrow hodnota proměnné nemá význam

?- bagof(Dite, Vek \wedge vek(Dite, Vek), Seznam).

Seznam = [petr,anna,tomas]

- Anonymní proměnné jsou všeobecně kvantifikovány, i když jejich hodnota není (jako vždy) vracena na výstup

?- bagof(Dite, vek(Dite, _Vek), Seznam).

Seznam = [petr] ;

Seznam = [anna,tomas]

- Před operátorem „ \wedge ” může být i seznam

?- bagof(Vek , [Jmeno,Prijmeni] \wedge vek(Jmeno, Prijmeni, Vek), Seznam).

Seznam = [7,5,5]

Všetchna řešení III.

- `setof(X, P, S)`: rozdíly od `bagof`
 - S je uspořádaný podle $@<$
 - případné duplicity v S jsou eliminovány

Všechna řešení III.

● `setof(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- S je uspořádaný podle $@<$

- případné duplicity v S jsou eliminovány

● `findall(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- všechny proměnné jsou existenčně kvantifikovány

?- `findall(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

Všechna řešení III.

● `setof(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

● S je uspořádaný podle $@<$

● případné duplicity v S jsou eliminovány

● `findall(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

● všechny proměnné jsou existenčně kvantifikovány

?- `findall(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

⇒ v S jsou shromažďovány všechny možnosti i pro různá řešení

⇒ `findall` uspěje přesně jednou

Všetchna řešení III.

● `setof(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- S je uspořádaný podle $@<$
- případné duplicity v S jsou eliminovány

● `findall(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- všechny proměnné jsou existenčně kvantifikovány

?- `findall(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

⇒ v S jsou shromažďovány všechny možnosti i pro různá řešení

⇒ `findall` uspěje přesně jednou

- výsledný seznam může být prázdný ⇒ pokud neexistuje řešení, uspěje a vrátí `S = []`

Všechna řešení III.

● `setof(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- S je uspořádaný podle $@<$
- případné duplicity v S jsou eliminovány

● `findall(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- všechny proměnné jsou existenčně kvantifikovány

?- `findall(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

⇒ v S jsou shromažďovány všechny možnosti i pro různá řešení

⇒ `findall` uspěje přesně jednou

- výsledný seznam může být prázdný ⇒ pokud neexistuje řešení, uspěje a vrátí `S = []`

- ?- `bagof(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

Vek = 7, Seznam = [petr];

Vek = 5, Seznam = [anna, tomas]

?- `findall(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

Všechna řešení III.

● `setof(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- S je uspořádaný podle $@<$
- případné duplicity v S jsou eliminovány

● `findall(X, P, S)`: rozdíl od `bagof`

- všechny proměnné jsou existenčně kvantifikovány

?- `findall(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

⇒ v S jsou shromažďovány všechny možnosti i pro různá řešení

⇒ `findall` uspěje přesně jednou

- výsledný seznam může být prázdný ⇒ pokud neexistuje řešení, uspěje a vrátí `S = []`

- ?- `bagof(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

Vek = 7, Seznam = [petr];

Vek = 5, Seznam = [anna, tomas]

?- `findall(Dite, vek(Dite, Vek), Seznam)`.

Seznam = [petr,anna,tomas]