

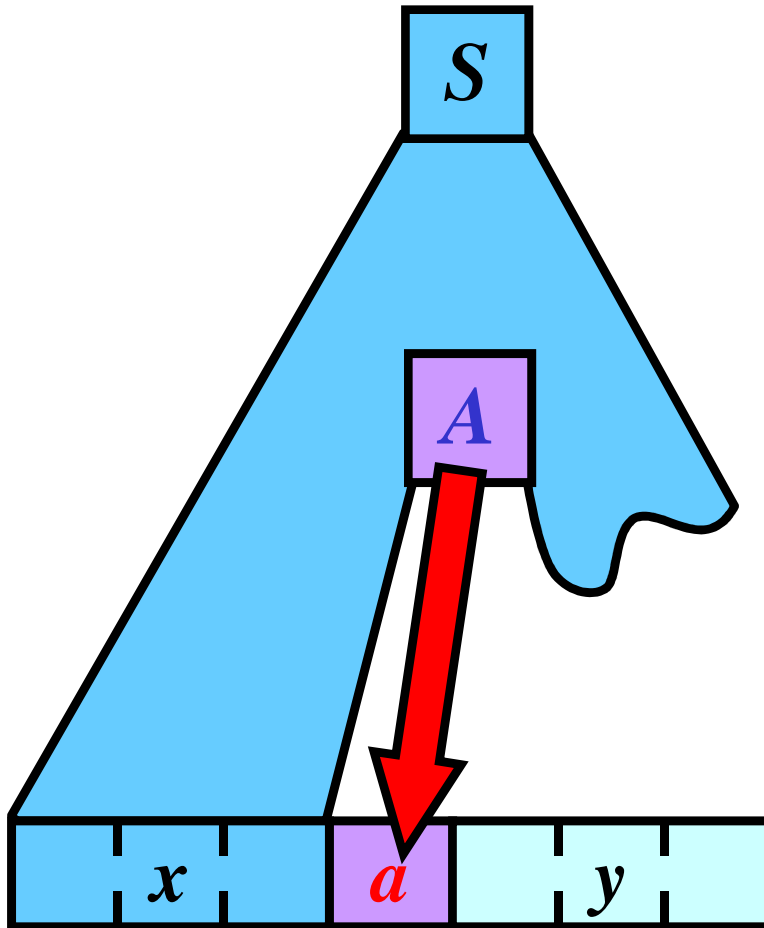
Kapitola VII.

Syntaktická analýza

shora dolů

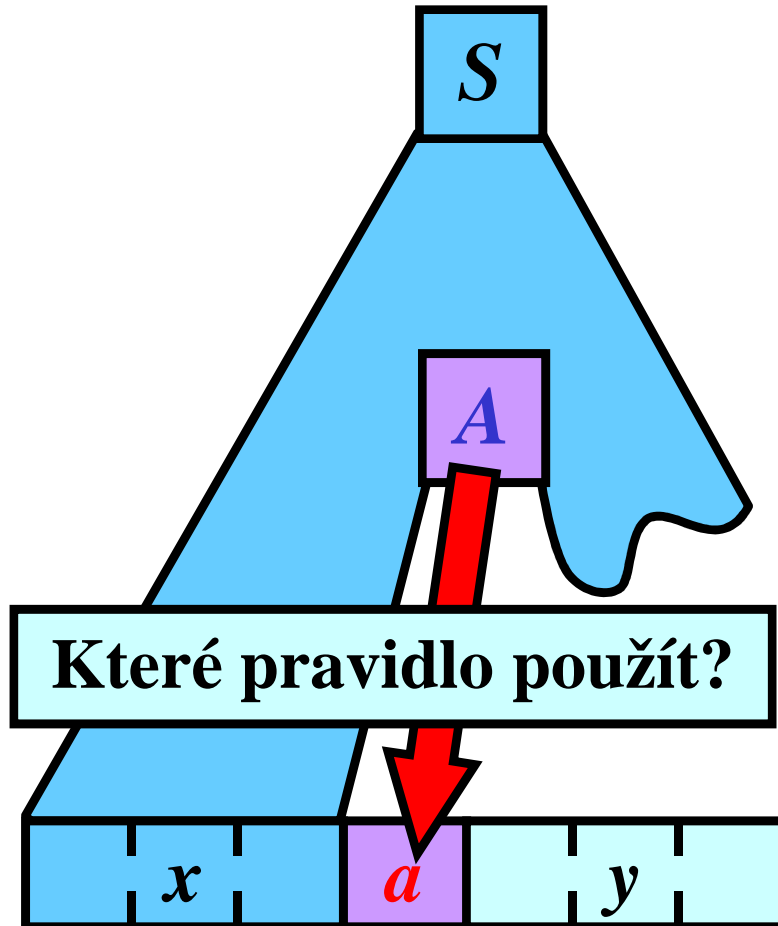
SA shora dolů: Úvod

Problém:



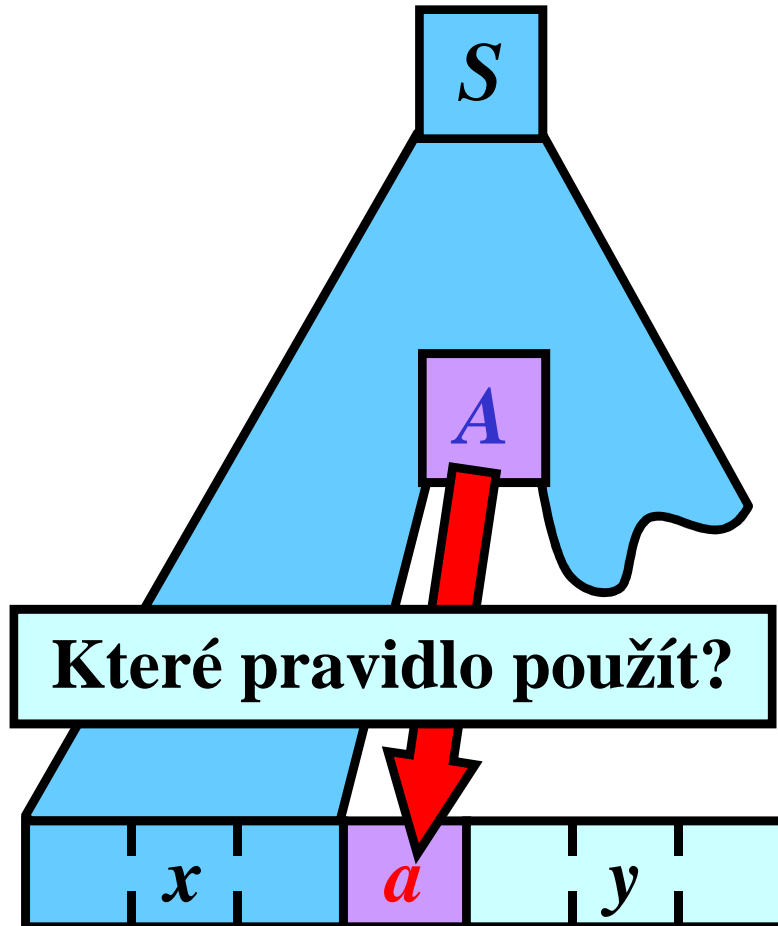
SA shora dolů: Úvod

Problém:



SA shora dolů: Úvod

Problém:



Myšlenka:

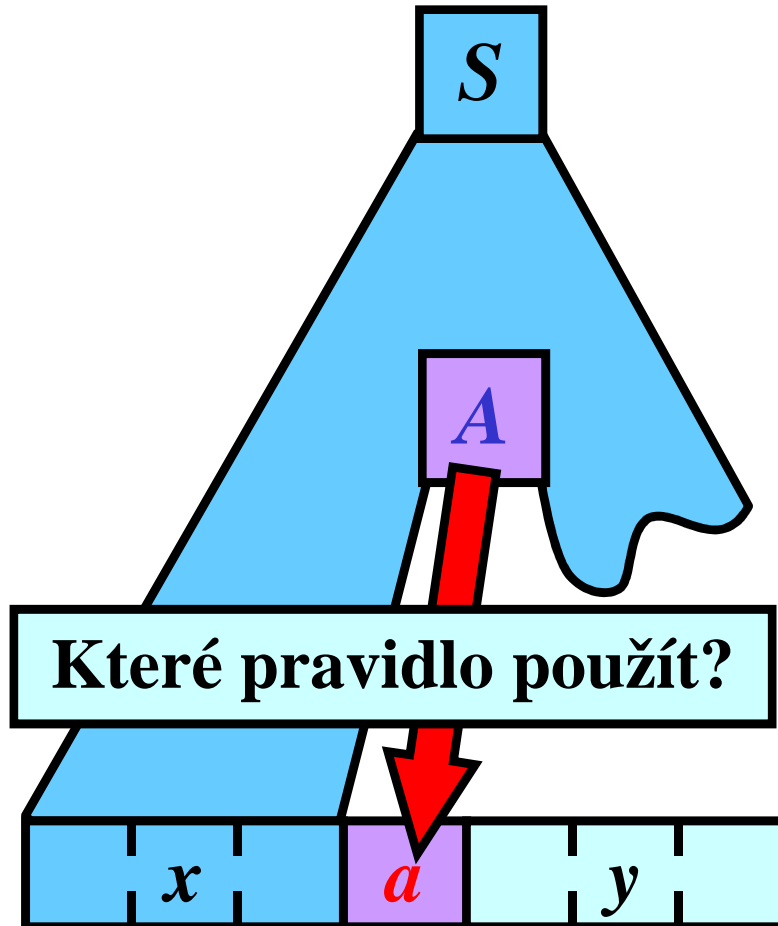
Tabulka:

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

Použij: $r: A \rightarrow x$

SA shora dolů: Úvod

Problém:



Myšlenka:

Tabulka:

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

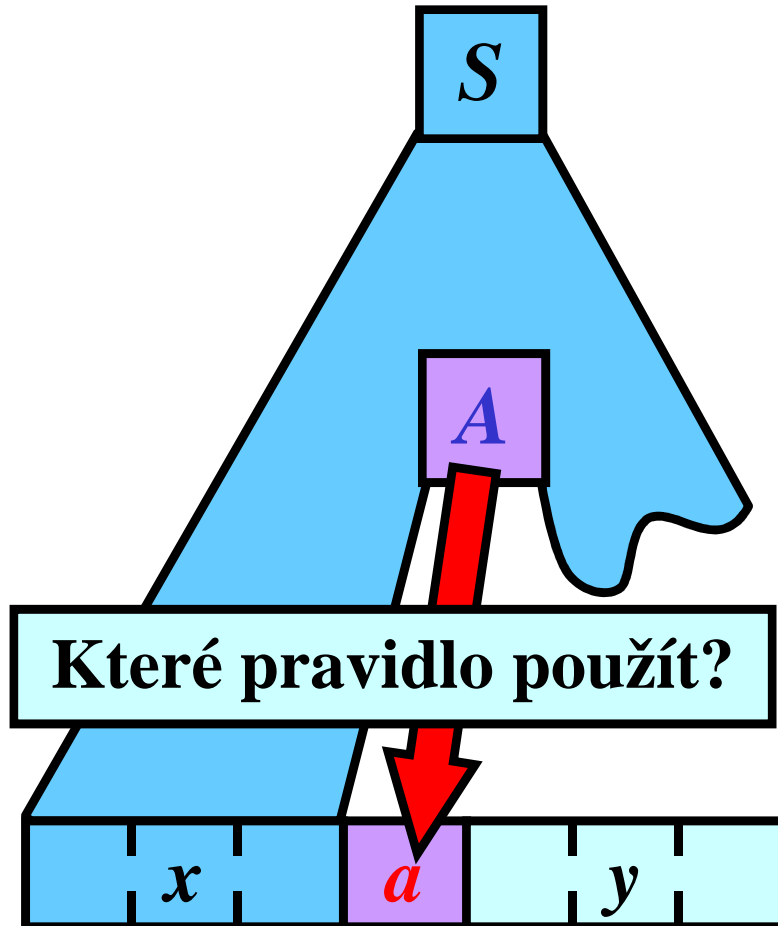


Použij: $r: A \rightarrow x$

Otázka: Je možné sestavit tuto tabulku pro **libovolnou** BKG?

SA shora dolů: Úvod

Problém:



Myšlenka:

Tabulka:

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

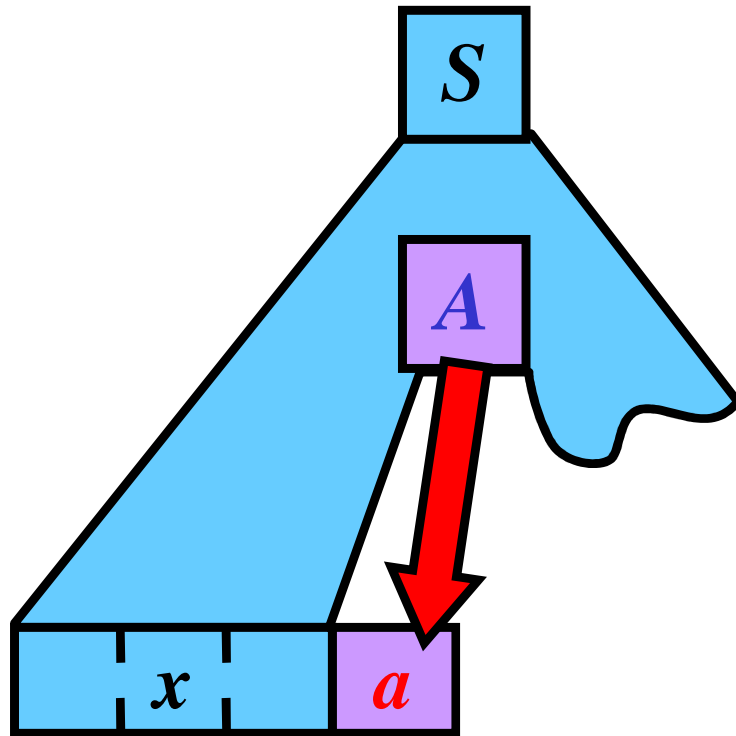


Použij: $r: A \rightarrow x$

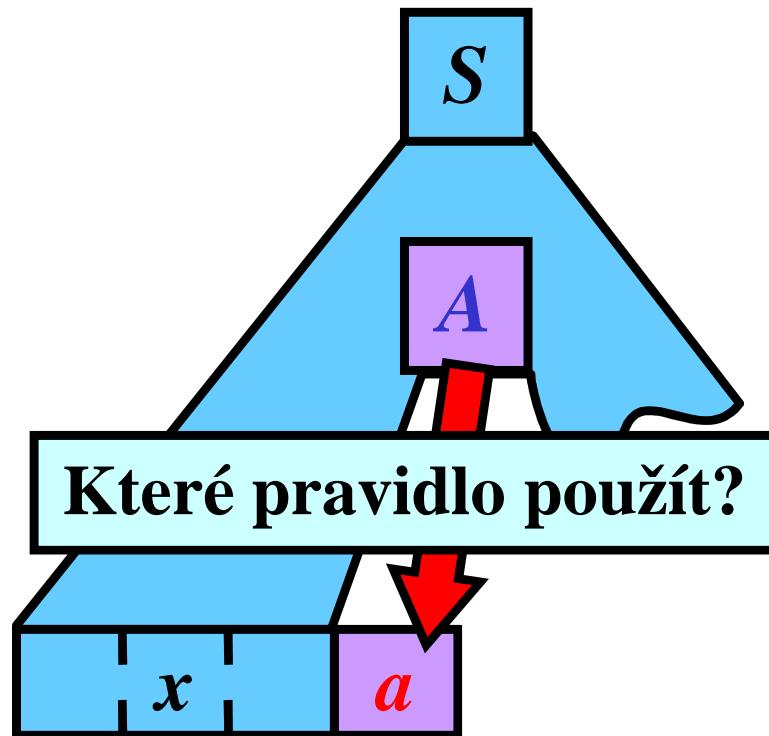
Otázka: Je možné sestrojit tuto tabulku pro **libovolnou** BKG?

Odpověď: **NE**

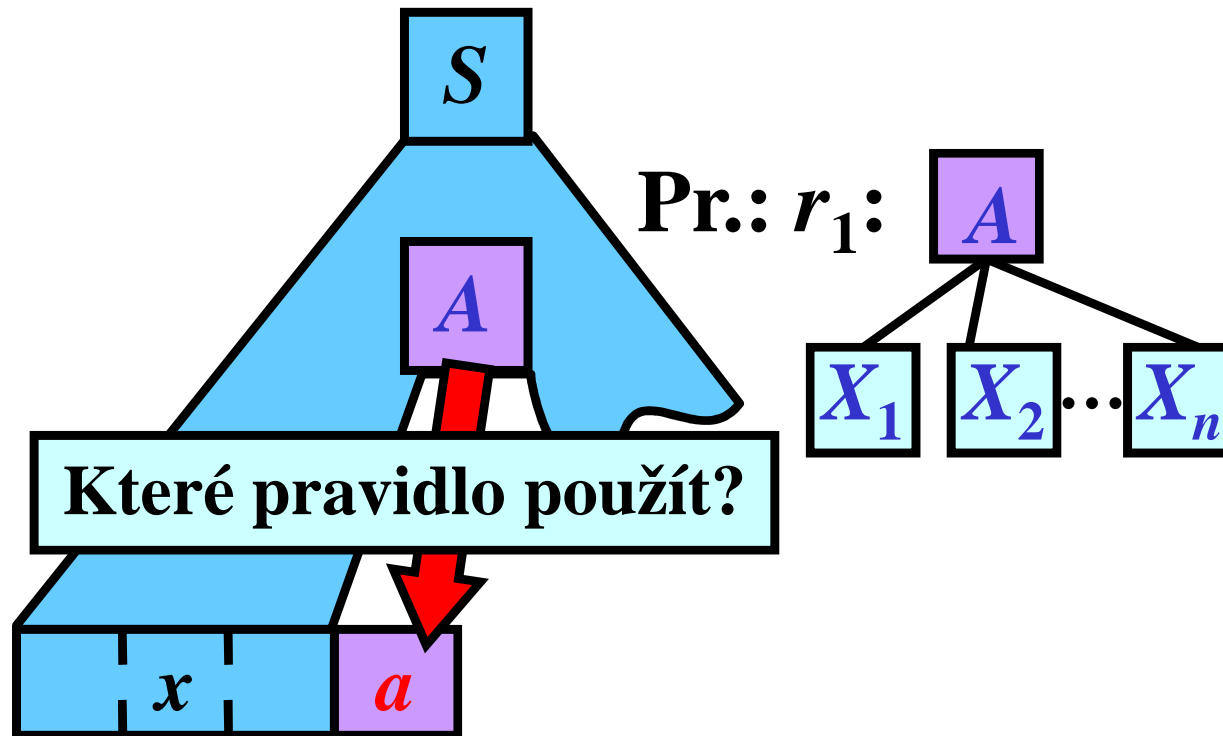
Výběr pravidla pomocí tabulky



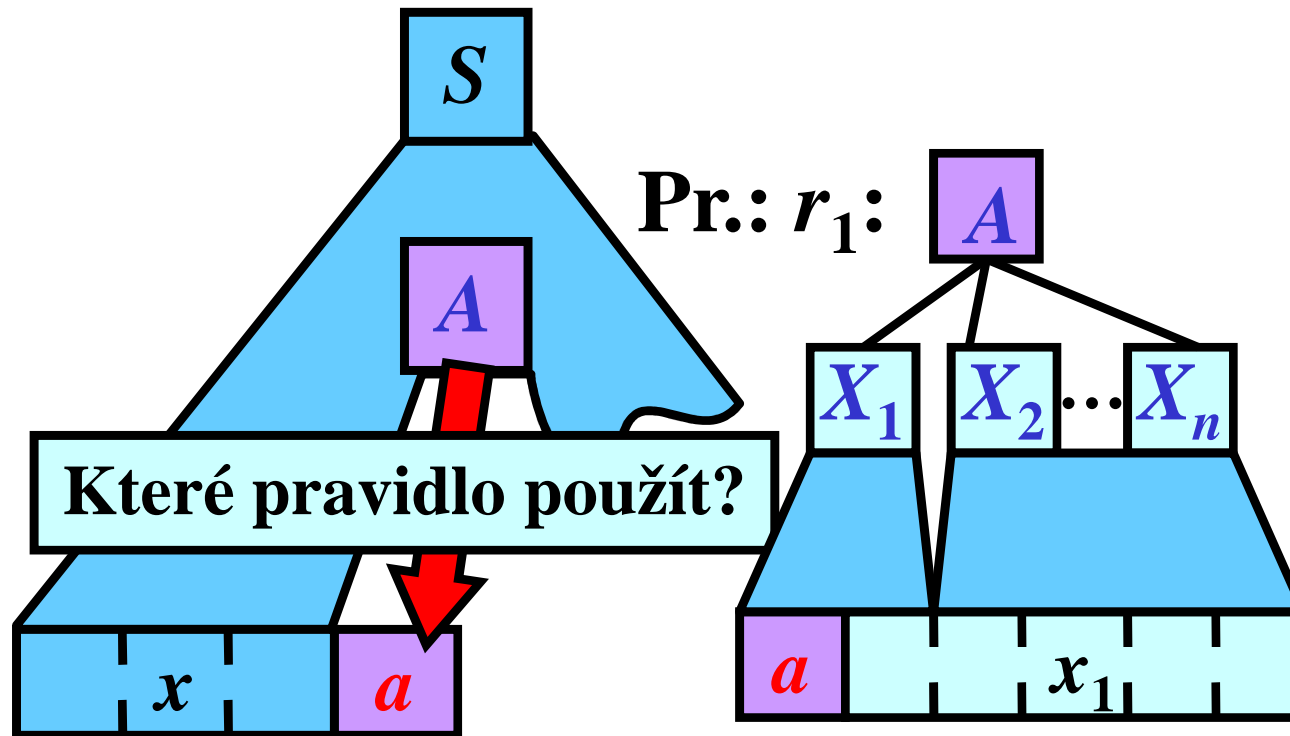
Výběr pravidla pomocí tabulky



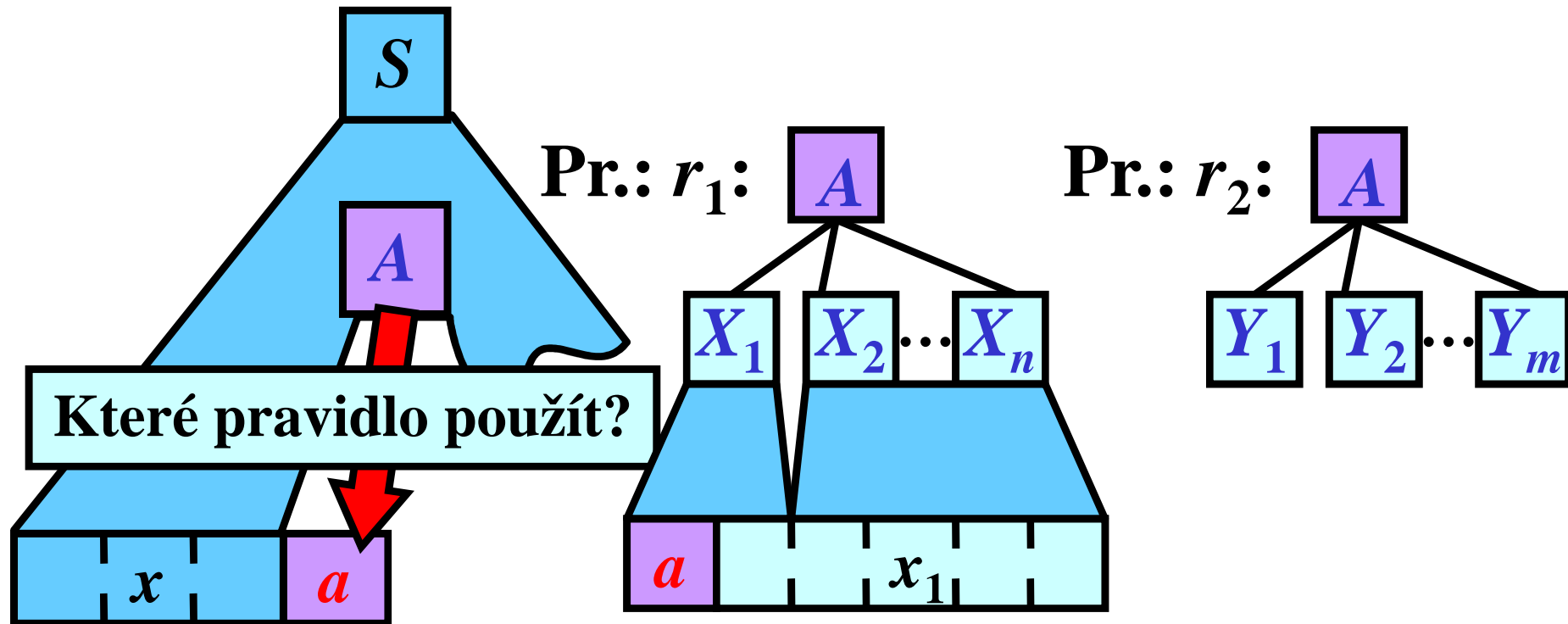
Výběr pravidla pomocí tabulky



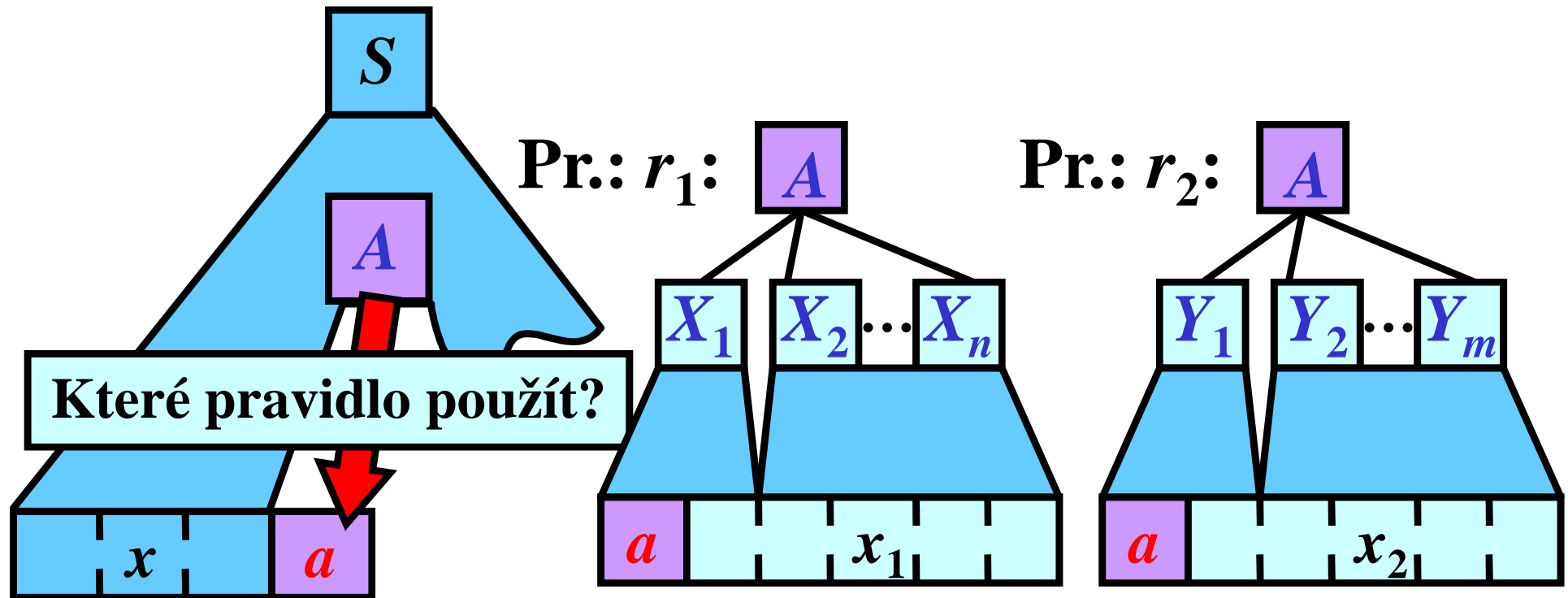
Výběr pravidla pomocí tabulky



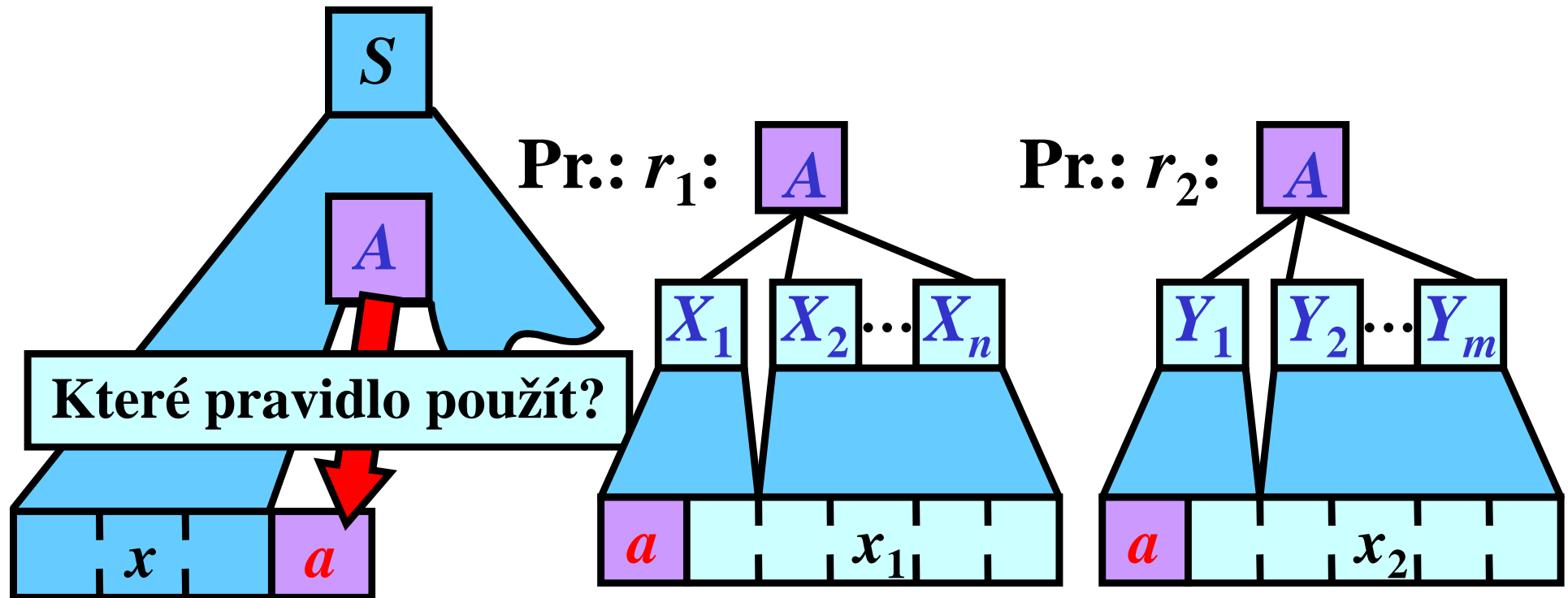
Výběr pravidla pomocí tabulky



Výběr pravidla pomocí tabulky



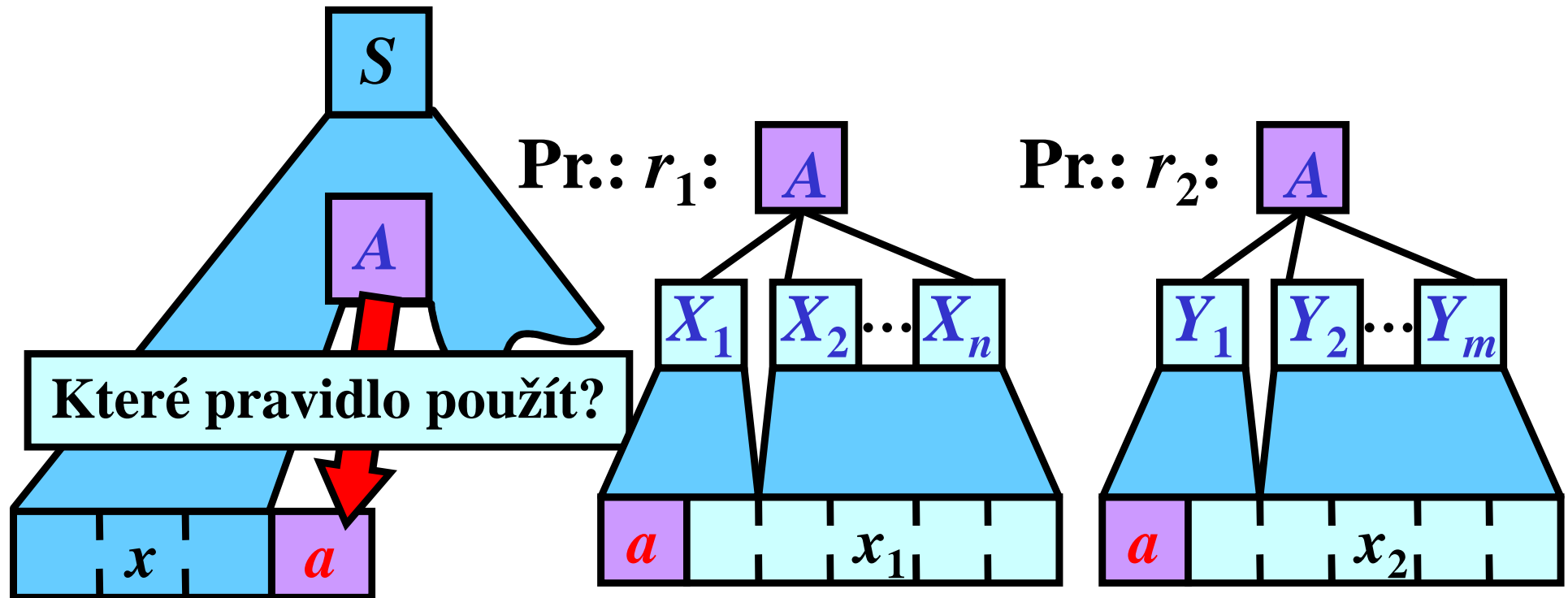
Výběr pravidla pomocí tabulky



Tabulka:

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

Výběr pravidla pomocí tabulky

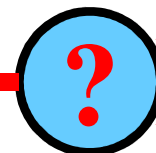


Tabulka:

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

Použij $r_1: A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$

Použij $r_2: A \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_m$



Množina *First*

Myšlenka: $First(x)$ je množina všech terminálů, kterými může začínat řetězec derivovatelný z x

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro každé $x \in (N \cup T)^*$ je definováno $First(x)$ jako:
 $First(x) = \{a: a \in T, x \Rightarrow^* ay; y \in (N \cup T)^*\}.$

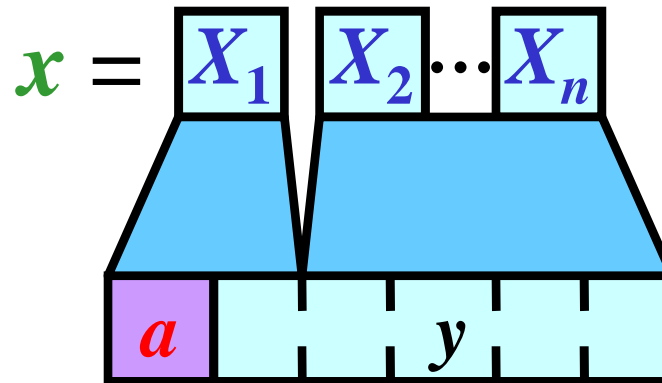
Ilustrace: $x = \boxed{X_1} \boxed{X_2} \cdots \boxed{X_n}$

Množina *First*

Myšlenka: $First(x)$ je množina všech terminálů, kterými může začínat řetězec derivovatelný z x

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro každé $x \in (N \cup T)^*$ je definováno $First(x)$ jako:
 $First(x) = \{a: a \in T, x \Rightarrow^* ay; y \in (N \cup T)^*\}.$

Ilustrace:

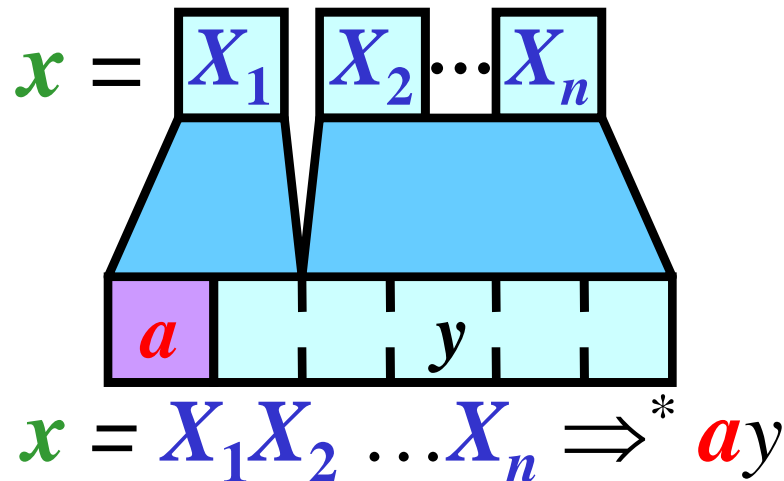


Množina *First*

Myšlenka: $First(x)$ je množina všech terminálů, kterými může začínat řetězec derivovatelný z x

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro každé $x \in (N \cup T)^*$ je definováno $First(x)$ jako:
 $First(x) = \{a: a \in T, x \Rightarrow^* ay; y \in (N \cup T)^*\}.$

Ilustrace:

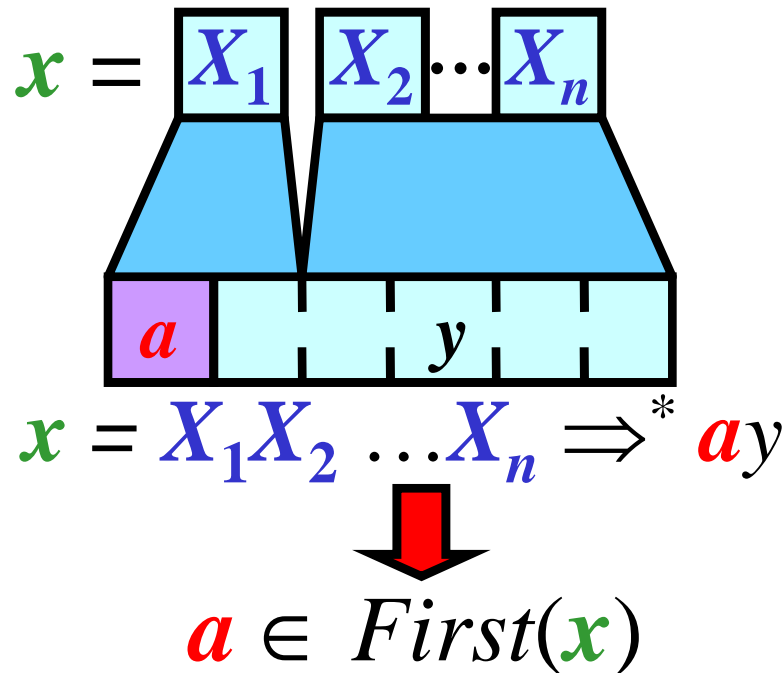


Množina *First*

Myšlenka: $First(x)$ je množina všech terminálů, kterými může začínat řetězec derivovatelný z x

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro každé $x \in (N \cup T)^*$ je definováno $First(x)$ jako:
 $First(x) = \{a: a \in T, x \Rightarrow^* ay; y \in (N \cup T)^*\}.$

Ilustrace:



LL gramatika bez ε -pravidel

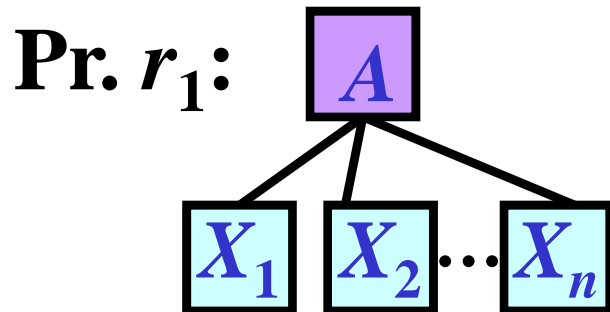
Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε -pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

LL gramatika bez ε -pravidel

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε -pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

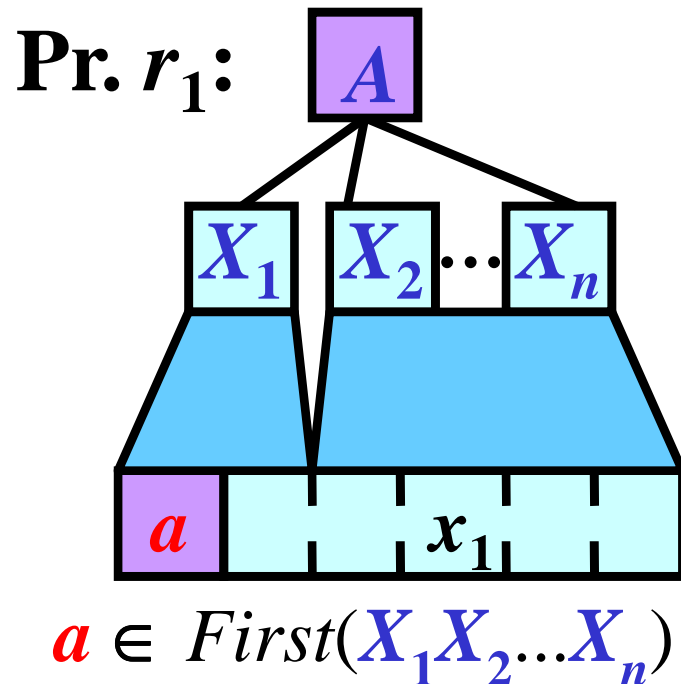
Ilustrace:



LL gramatika bez ε -pravidel

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε -pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

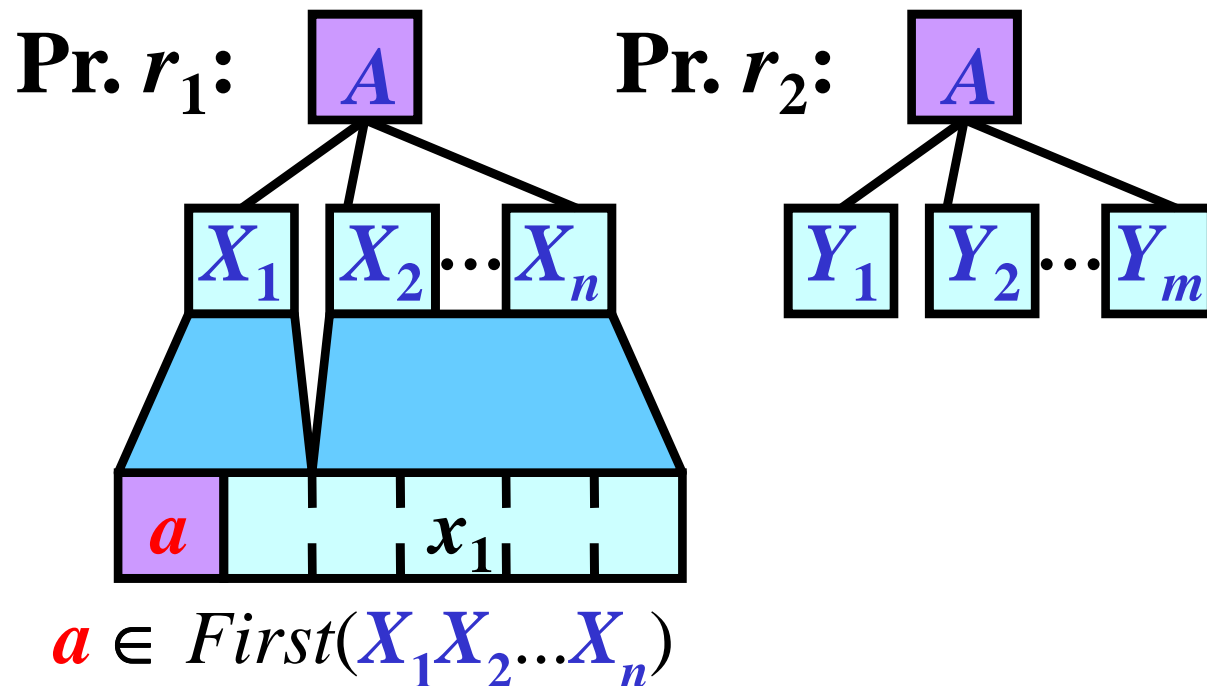
Ilustrace:



LL gramatika bez ε -pravidel

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε -pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

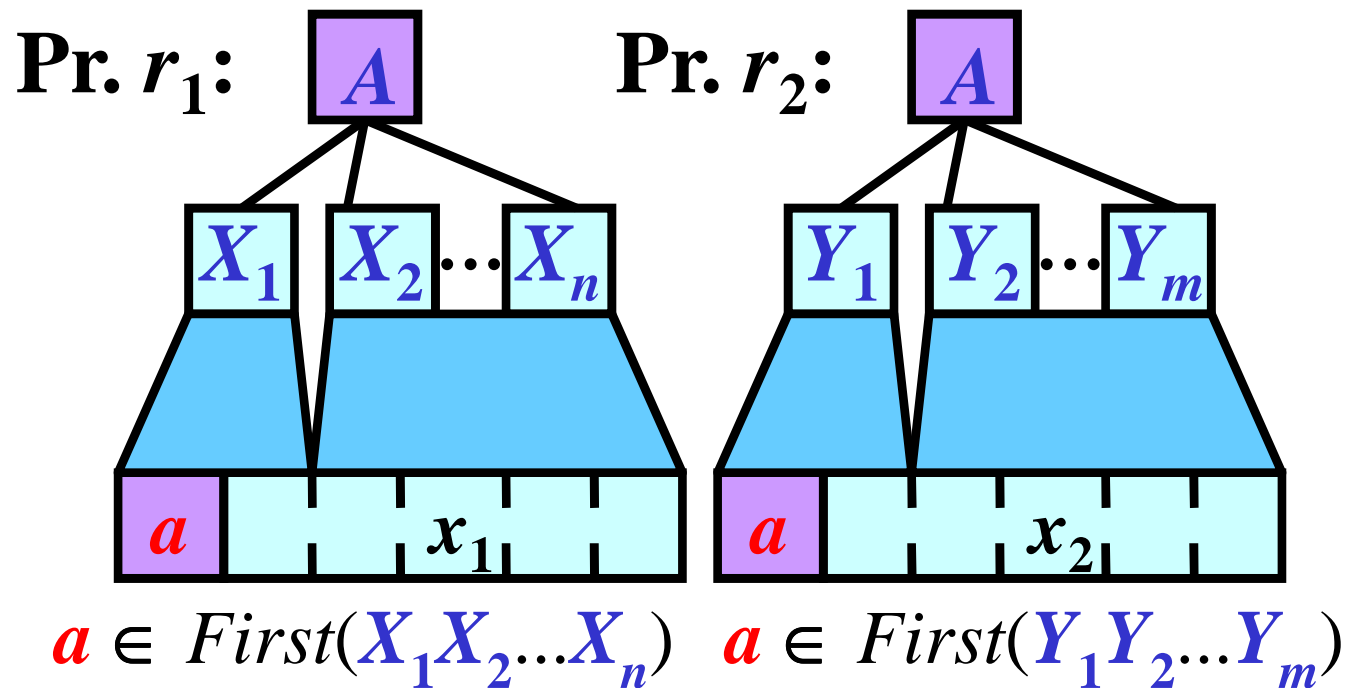
Ilustrace:



LL gramatika bez ε -pravidel

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε -pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

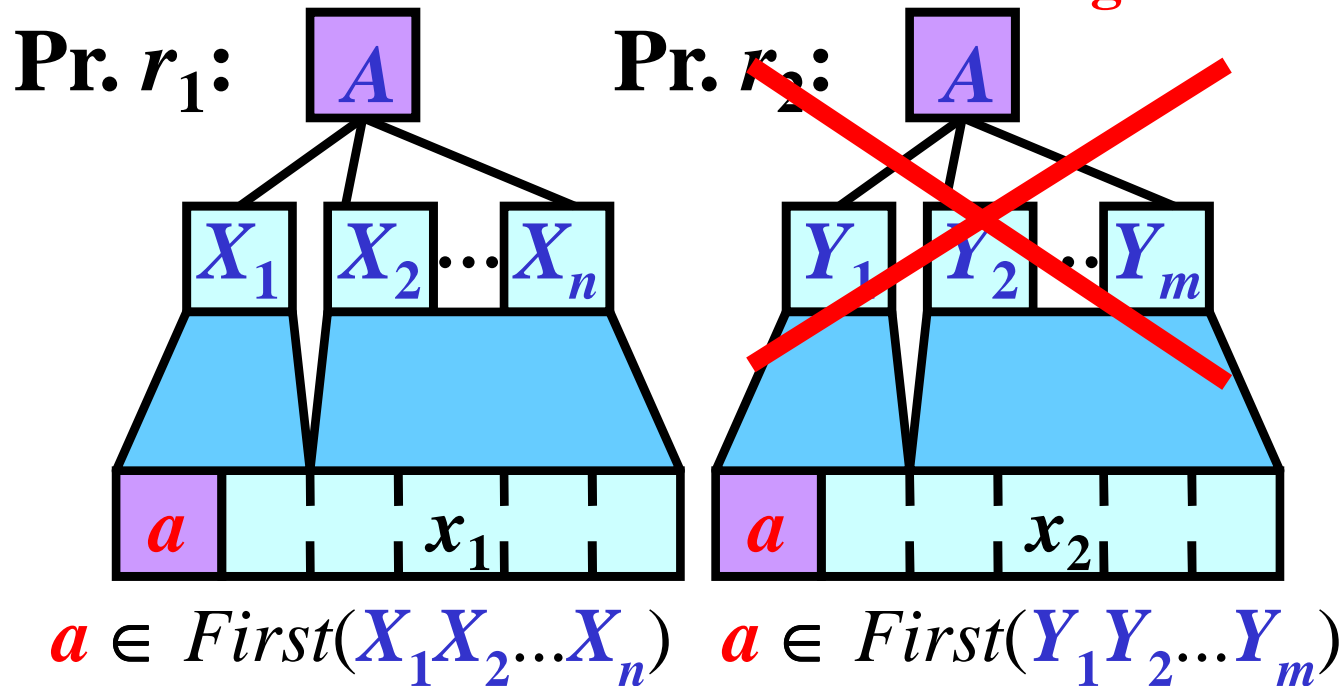


LL gramatika bez ε -pravidel

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε -pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

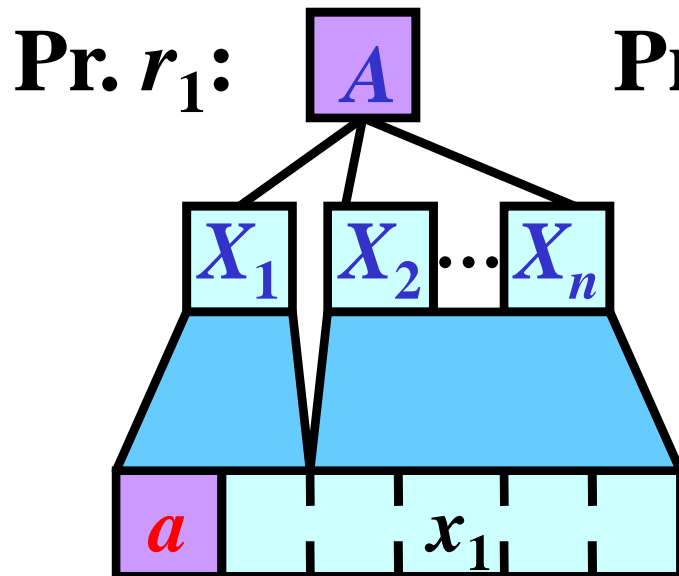
Nesmí nastat v LL-gramatice



LL gramatika bez ε -pravidel

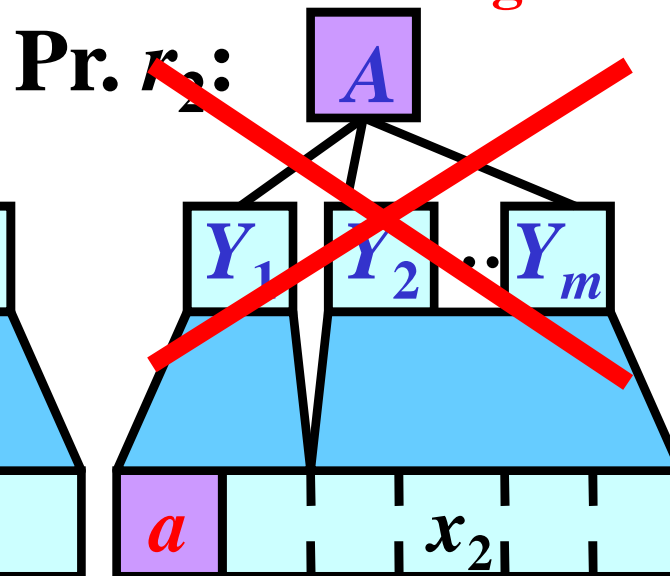
Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε -pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:



$a \in First(X_1X_2...X_n)$

Nesmí nastat v LL-gramatice



$a \in First(Y_1Y_2...Y_m)$

Tabulka:

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

Pouze pravidlo:

$r_1: A \rightarrow X_1X_2...X_n$

Jednoduchý programovací jazyk (JPJ)

- 1: <prog> → begin <st-list>
- 2: <st-list> → <stat> ; <st-list>
- 3: <st-list> → end
- 4: <stat> → read id
- 5: <stat> → write <item>
- 6: <stat> → id := add (<item> <it-list>
- 7: <it-list> → , <item> <it-list>
- 8: <it-list> →)
- 9: <item> → int
- 10: <item> → id

Pozn.: G_{JPJ} je LL gramatika

Příklad:

```
begin
  read i;
  j := add(i, 1);
  write j;
end
```

∈ JPJ

Algoritmus: *First*(X)

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$ bez ε -pravidel
 - **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$
-
- **Metoda:**
 - pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:
 - if $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$, then přidej $First(X_1)$ do $First(A)$
-

Ilustrace:

Algoritmus: *First*(X)

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$ bez ε -pravidel
 - **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$
-
- **Metoda:**
 - pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:
 - if $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$, then přidej $First(X_1)$ do $First(A)$
-

Ilustrace:

- 1) pro každé $a \in T$:
 $First(a) := \{a\}$,
 protože $a \Rightarrow^0 a$

Algoritmus: *First*(X)

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$ bez ε -pravidel
 - **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$
-
- **Metoda:**
 - pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:
 - if $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$, then přidej $First(X_1)$ do $First(A)$
-

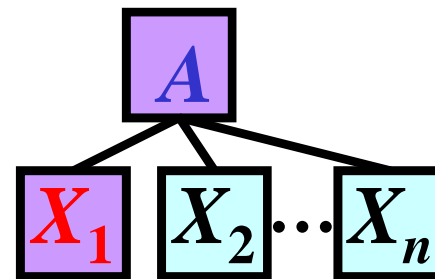
Ilustrace:

1) pro každé $a \in T$:

$$First(a) := \{a\},$$

protože $a \Rightarrow^0 a$

2)



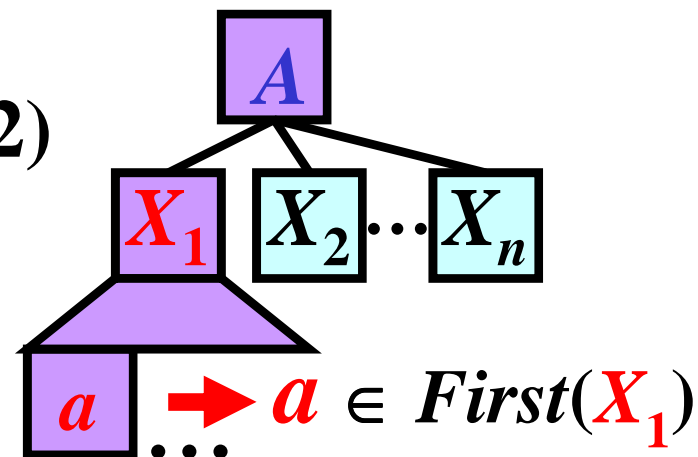
Algoritmus: *First*(X)

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$ bez ε -pravidel
 - **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$
-
- **Metoda:**
 - pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:
 - if $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$, then přidej $First(X_1)$ do $First(A)$
-

Ilustrace:

- 1) pro každé $a \in T$:
 $First(a) := \{a\}$,
 protože $a \Rightarrow^0 a$

2)

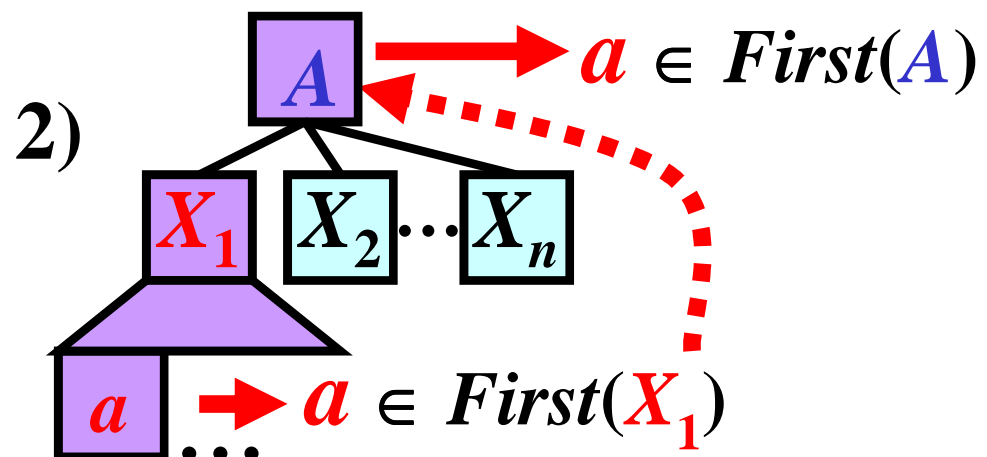


Algoritmus: $First(X)$

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$ bez ε -pravidel
 - **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$
-
- **Metoda:**
 - pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:
 - if $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$, then přidej $First(X_1)$ do $First(A)$
-

Ilustrace:

- 1) pro každé $a \in T$:
 $First(a) := \{a\}$,
 protože $a \Rightarrow^0 a$



First(X) pro JPJ: Příklad

$First(\underline{\text{begin}}) := \{\underline{\text{begin}}\}$	$First(\underline{\text{id}}) := \{\underline{\text{id}}\}$	$First(\underline{,}) := \{\underline{,}\}$
$First(\underline{\text{end}}) := \{\underline{\text{end}}\}$	$First(\underline{\text{int}}) := \{\underline{\text{int}}\}$	$First(\underline{(}) := \{\underline{(}\}$
$First(\underline{\text{read}}) := \{\underline{\text{read}}\}$	$First(\underline{:=}) := \{\underline{:=}\}$	$First(\underline{)}) := \{\underline{)}\}$
$First(\underline{\text{write}}) := \{\underline{\text{write}}\}$	$First(\underline{\text{add}}) := \{\underline{\text{add}}\}$	$First(\underline{;}) := \{\underline{;}\}$

First(X) pro JPJ: Příklad

$First(\underline{\text{begin}}) := \{\underline{\text{begin}}\}$	$First(\underline{\text{id}}) := \{\underline{\text{id}}\}$	$First(\underline{,}) := \{\underline{,}\}$
$First(\underline{\text{end}}) := \{\underline{\text{end}}\}$	$First(\underline{\text{int}}) := \{\underline{\text{int}}\}$	$First(\underline{(}) := \{\underline{(}\}$
$First(\underline{\text{read}}) := \{\underline{\text{read}}\}$	$First(\underline{:=}) := \{\underline{:=}\}$	$First(\underline{)}) := \{\underline{)}\}$
$First(\underline{\text{write}}) := \{\underline{\text{write}}\}$	$First(\underline{\text{add}}) := \{\underline{\text{add}}\}$	$First(\underline{;}) := \{\underline{;}\}$

$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \in P:$

$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{int}} \in P:$

Celkově: $First(\langle \text{item} \rangle)$

přidej $First(\underline{\text{id}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$

přidej $First(\underline{\text{int}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$

$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{int}}\}$

$First(X)$ pro JPJ: Příklad

$First(\underline{\text{begin}}) := \{\underline{\text{begin}}\}$	$First(\underline{\text{id}}) := \{\underline{\text{id}}\}$	$First(\underline{,}) := \{\underline{,}\}$
$First(\underline{\text{end}}) := \{\underline{\text{end}}\}$	$First(\underline{\text{int}}) := \{\underline{\text{int}}\}$	$First(\underline{(}) := \{\underline{(}\}$
$First(\underline{\text{read}}) := \{\underline{\text{read}}\}$	$First(\underline{:=}) := \{\underline{:=}\}$	$First(\underline{)}) := \{\underline{)}\}$
$First(\underline{\text{write}}) := \{\underline{\text{write}}\}$	$First(\underline{\text{add}}) := \{\underline{\text{add}}\}$	$First(\underline{;}) := \{\underline{;}\}$

$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{id}})$	do $First(\langle \text{item} \rangle)$
$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{int}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{int}})$	do $First(\langle \text{item} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{item} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{int}}\}$	

$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{,} \in P:$	přidej $First(\underline{,})$	do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{,} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{,})$	do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{it-list} \rangle)$	$= \{\underline{,}, \underline{,}\}$	

$First(X)$ pro JPJ: Příklad

$First(\underline{\text{begin}}) := \{\underline{\text{begin}}\}$	$First(\underline{\text{id}}) := \{\underline{\text{id}}\}$	$First(\underline{,}) := \{\underline{,}\}$
$First(\underline{\text{end}}) := \{\underline{\text{end}}\}$	$First(\underline{\text{int}}) := \{\underline{\text{int}}\}$	$First(\underline{(}) := \{\underline{(}\}$
$First(\underline{\text{read}}) := \{\underline{\text{read}}\}$	$First(\underline{:=}) := \{\underline{:=}\}$	$First(\underline{)}) := \{\underline{)}\}$
$First(\underline{\text{write}}) := \{\underline{\text{write}}\}$	$First(\underline{\text{add}}) := \{\underline{\text{add}}\}$	$First(\underline{;}) := \{\underline{;}\}$

$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{id}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$
$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{int}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{int}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{item} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{int}}\}$

$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{,} \in P:$	přidej $First(\underline{,})$ do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{,} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{,})$ do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{it-list} \rangle)$	$= \{\underline{,}, \underline{,}\}$

$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{id}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{write}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{write}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{read}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{read}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{stat} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{write}}, \underline{\text{read}}\}$

$First(X)$ pro JPJ: Příklad

$First(\underline{\text{begin}}) := \{\underline{\text{begin}}\}$	$First(\underline{\text{id}}) := \{\underline{\text{id}}\}$	$First(\underline{,}) := \{\underline{,}\}$
$First(\underline{\text{end}}) := \{\underline{\text{end}}\}$	$First(\underline{\text{int}}) := \{\underline{\text{int}}\}$	$First(\underline{(}) := \{\underline{(}\}$
$First(\underline{\text{read}}) := \{\underline{\text{read}}\}$	$First(\underline{:=}) := \{\underline{:=}\}$	$First(\underline{)}) := \{\underline{)}\}$
$First(\underline{\text{write}}) := \{\underline{\text{write}}\}$	$First(\underline{\text{add}}) := \{\underline{\text{add}}\}$	$First(\underline{;}) := \{\underline{;}\}$

$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{id}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$
$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{int}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{int}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{item} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{int}}\}$

$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{,} \in P:$	přidej $First(\underline{,})$ do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{,} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{,})$ do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{it-list} \rangle)$	$= \{\underline{,}, \underline{,}\}$

$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{id}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{write}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{write}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{read}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{read}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{stat} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{write}}, \underline{\text{read}}\}$

$\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \underline{\text{end}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{end}})$ do $First(\langle \text{st-list} \rangle)$
$\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \langle \text{stat} \rangle \dots \in P:$	přidej $First(\langle \text{stat} \rangle)$ do $First(\langle \text{st-list} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{st-list} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{write}}, \underline{\text{read}}, \underline{\text{end}}\}$

$First(X)$ pro JPJ: Příklad

$First(\underline{\text{begin}}) := \{\underline{\text{begin}}\}$	$First(\underline{\text{id}}) := \{\underline{\text{id}}\}$	$First(\underline{,}) := \{\underline{,}\}$
$First(\underline{\text{end}}) := \{\underline{\text{end}}\}$	$First(\underline{\text{int}}) := \{\underline{\text{int}}\}$	$First(\underline{(}) := \{\underline{(}\}$
$First(\underline{\text{read}}) := \{\underline{\text{read}}\}$	$First(\underline{:=}) := \{\underline{:=}\}$	$First(\underline{)}) := \{\underline{)}\}$
$First(\underline{\text{write}}) := \{\underline{\text{write}}\}$	$First(\underline{\text{add}}) := \{\underline{\text{add}}\}$	$First(\underline{;}) := \{\underline{;}\}$

$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{id}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$
$\langle \text{item} \rangle \rightarrow \underline{\text{int}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{int}})$ do $First(\langle \text{item} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{item} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{int}}\}$

$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{)} \in P:$	přidej $First(\underline{)})$ do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
$\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow \underline{,} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{,})$ do $First(\langle \text{it-list} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{it-list} \rangle)$	$= \{\underline{)}, \underline{,}\}$

$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{id}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{id}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{write}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{write}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{read}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{read}})$ do $First(\langle \text{stat} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{stat} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{write}}, \underline{\text{read}}\}$

$\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \underline{\text{end}} \in P:$	přidej $First(\underline{\text{end}})$ do $First(\langle \text{st-list} \rangle)$
$\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \langle \text{stat} \rangle \dots \in P:$	přidej $First(\langle \text{stat} \rangle)$ do $First(\langle \text{st-list} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{st-list} \rangle)$	$= \{\underline{\text{id}}, \underline{\text{write}}, \underline{\text{read}}, \underline{\text{end}}\}$

$\langle \text{prog} \rangle \rightarrow \underline{\text{begin}} \dots \in P:$	přidej $First(\underline{\text{begin}})$ do $First(\langle \text{prog} \rangle)$
Celkově: $First(\langle \text{prog} \rangle)$	$= \{\underline{\text{begin}}\}$

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$
 pokud $a \in \text{First}(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$
 a je prázdné \Rightarrow **CHYBA**

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$
 pokud $a \in \text{First}(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$
 a je prázdné \Rightarrow **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	:=	...
<prog>				
<st-list>				
<stat>				
<it-list>				
<item>				

Prav. $r: A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$	$\text{First}(X_1)$
1: <prog> \rightarrow begin ...	{ <u>begin</u> }
2: <st-list> \rightarrow <stat> ...	{ <u>id</u> , <u>write</u> , <u>read</u> }
3: <st-list> \rightarrow end	{ <u>end</u> }
4: <stat> \rightarrow read ...	{ <u>read</u> }
5: <stat> \rightarrow write ...	{ <u>write</u> }
6: <stat> \rightarrow id ...	{ <u>id</u> }
7: <it-list> \rightarrow , ...	{ <u>,</u> }
8: <it-list> \rightarrow)	{ <u>)</u> }
9: <item> \rightarrow int	{ <u>int</u> }
10: <item> \rightarrow id	{ <u>id</u> }

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$
 pokud $a \in \text{First}(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$
 a je prázdné \Rightarrow **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	$:=$...
$\langle \text{prog} \rangle$				
$\langle \text{st-list} \rangle$				
$\langle \text{stat} \rangle$				
$\langle \text{it-list} \rangle$				
$\langle \text{item} \rangle$				

$\text{id} \in$
 $\text{First}(\langle \text{stat} \rangle)$

Prav. $r: A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$	$\text{First}(X_1)$
1: $\langle \text{prog} \rangle \rightarrow \text{begin} \dots$	{ <u>begin</u> }
2: $\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \langle \text{stat} \rangle \dots$	{ <u>id</u> , <u>write</u> , <u>read</u> }
3: $\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \text{end}$	{ <u>end</u> }
4: $\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \text{read} \dots$	{ <u>read</u> }
5: $\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \text{write} \dots$	{ <u>write</u> }
6: $\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \text{id} \dots$	{ <u>id</u> }
7: $\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow , \dots$	{ <u>,</u> }
8: $\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow)$	{ <u>)</u> }
9: $\langle \text{item} \rangle \rightarrow \text{int}$	{ <u>int</u> }
10: $\langle \text{item} \rangle \rightarrow \text{id}$	{ <u>id</u> }

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$
 pokud $a \in \text{First}(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$
 a je prázdné \Rightarrow **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	$:=$...
$\langle \text{prog} \rangle$				
$\langle \text{st-list} \rangle$				
$\langle \text{stat} \rangle$				
$\langle \text{it-list} \rangle$				
$\langle \text{item} \rangle$				

$\text{id} \in \text{First}(\langle \text{stat} \rangle)$
 $\text{id} \in \text{First}(\text{id})$

Prav. $r: A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$	$\text{First}(X_1)$
1: $\langle \text{prog} \rangle \rightarrow \text{begin} \dots$	{ <u>begin</u> }
2: $\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \langle \text{stat} \rangle \dots$	{ <u>id</u> , <u>write</u> , <u>read</u> }
3: $\langle \text{st-list} \rangle \rightarrow \text{end}$	{ <u>end</u> }
4: $\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \text{read} \dots$	{ <u>read</u> }
5: $\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \text{write} \dots$	{ <u>write</u> }
6: $\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \text{id} \dots$	{ <u>id</u> }
7: $\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow , \dots$	{ <u>,</u> }
8: $\langle \text{it-list} \rangle \rightarrow)$	{ <u>)</u> }
9: $\langle \text{item} \rangle \rightarrow \text{int}$	{ <u>int</u> }
10: $\langle \text{item} \rangle \rightarrow \text{id}$	{ <u>id</u> }

Konstrukce LL-tabulky

α	...	<i>a</i>	...
...			
<i>A</i>		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$
 pokud $a \in \text{First}(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$
 a je prázdné \Rightarrow **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	<i>id</i>	<i>int</i>	<i>:=</i>	...
<prog>				
<st-list>	2	$\text{id} \in \text{First}(\text{<stat>})$		
<stat>	6	$\text{id} \in \text{First}(\text{id})$		
<it-list>				
<item>	10	$\text{id} \in \text{First}(\text{id})$		

Prav. $r: A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$	$\text{First}(X_1)$
1: <prog> \rightarrow begin ...	{ <u>begin</u> }
2: <st-list> \rightarrow <stat>...	{ <u>id</u> , <u>write</u> , <u>read</u> }
3: <st-list> \rightarrow end	{ <u>end</u> }
4: <stat> \rightarrow read ...	{ <u>read</u> }
5: <stat> \rightarrow write ...	{ <u>write</u> }
6: <stat> \rightarrow id ...	{ <u>id</u> }
7: <it-list> \rightarrow , ...	{ <u>,</u> }
8: <it-list> \rightarrow)	{ <u>)</u> }
9: <item> \rightarrow int	{ <u>int</u> }
10: <item> \rightarrow id	{ <u>id</u> }

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$
 pokud $a \in \text{First}(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$
 a je prázdné \Rightarrow **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	:=	...
<prog>				
<st-list>	2	$\text{id} \in \text{First}(\text{<stat>})$		
<stat>	6	$\text{id} \in \text{First}(\text{id})$		
<it-list>				
<item>	10	$\text{id} \in \text{First}(\text{id})$		

Zbytek vytvoříme
analogicky.

Prav. $r: A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$	$\text{First}(X_1)$
1: <prog> \rightarrow begin ...	{ <u>begin</u> }
2: <st-list> \rightarrow <stat>...	{ <u>id</u> , <u>write</u> , <u>read</u> }
3: <st-list> \rightarrow end	{ <u>end</u> }
4: <stat> \rightarrow read ...	{ <u>read</u> }
5: <stat> \rightarrow write ...	{ <u>write</u> }
6: <stat> \rightarrow id ...	{ <u>id</u> }
7: <it-list> \rightarrow , ...	{ <u>,</u> }
8: <it-list> \rightarrow)	{ <u>)</u> }
9: <item> \rightarrow int	{ <u>int</u> }
10: <item> \rightarrow id	{ <u>id</u> }

SA založená na LL-tabulce: Příklad

1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> , <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

<prog>

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**

SA založená na LL-tabulce: Příklad

1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> : <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

<prog>

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**

begin

SA založená na LL-tabulce: Příklad

1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> ; <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

<prog>

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**

begin

SA založená na LL-tabulce: Příklad

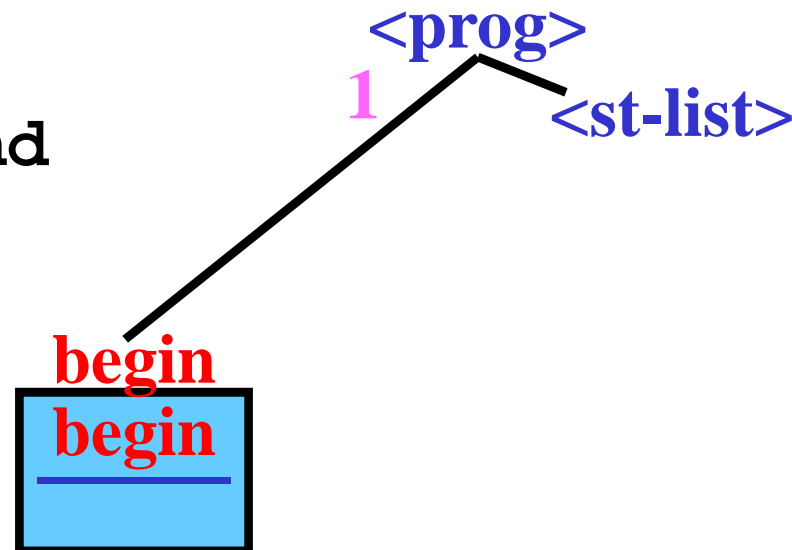
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> : <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



SA založená na LL-tabulce: Příklad

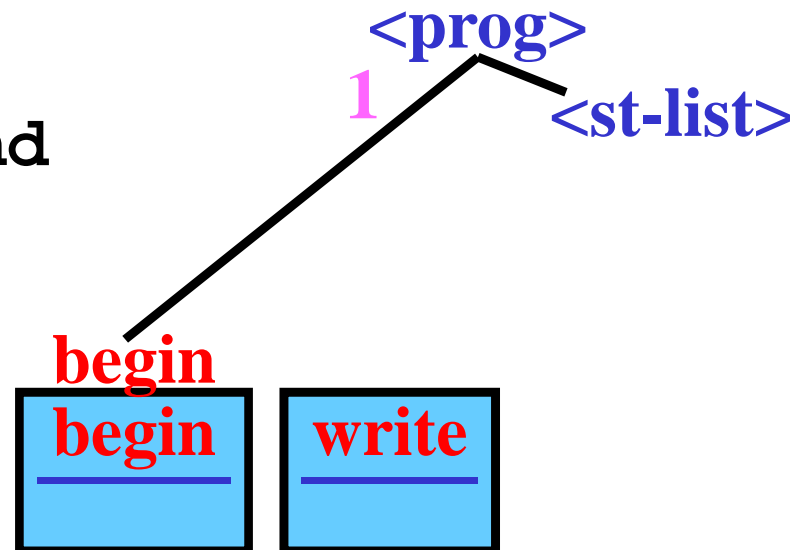
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> , <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



SA založená na LL-tabulce: Příklad

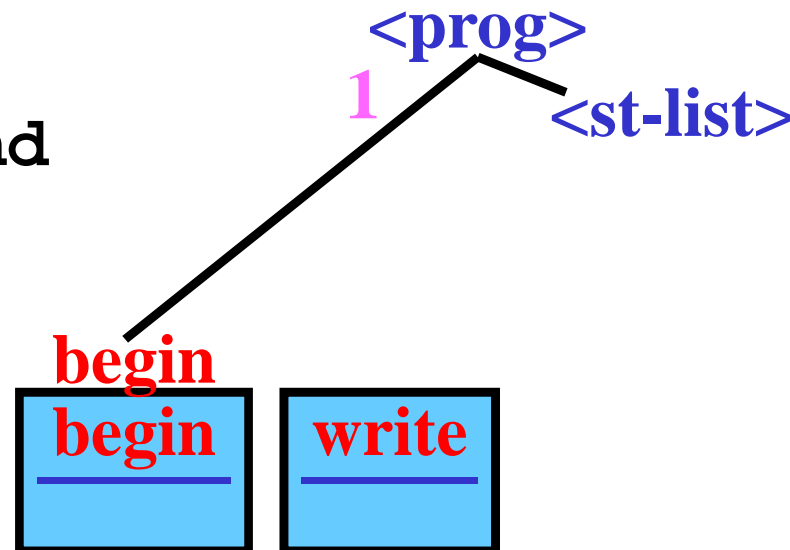
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> , <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



SA založená na LL-tabulce: Příklad

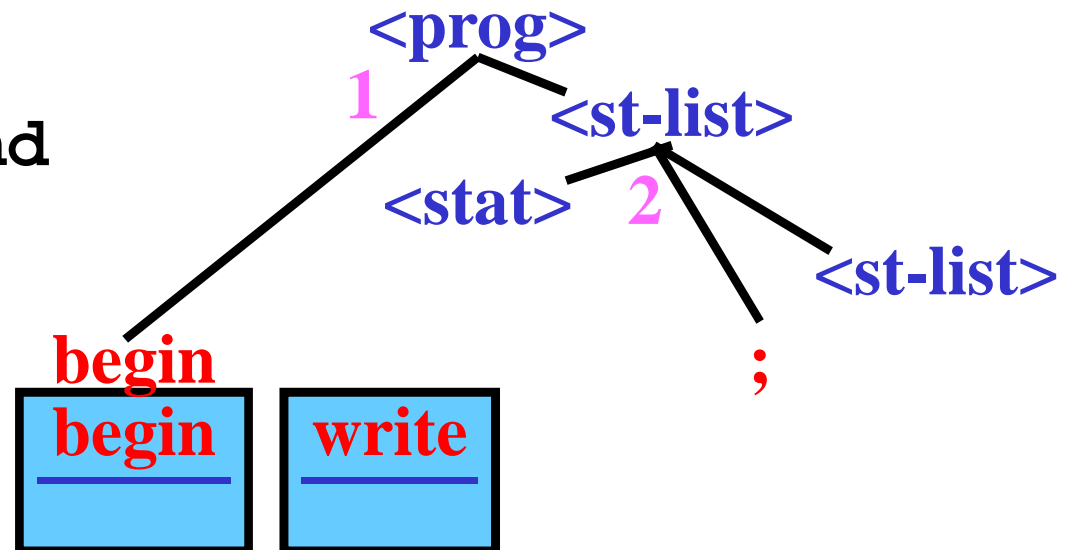
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> , <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



SA založená na LL-tabulce: Příklad

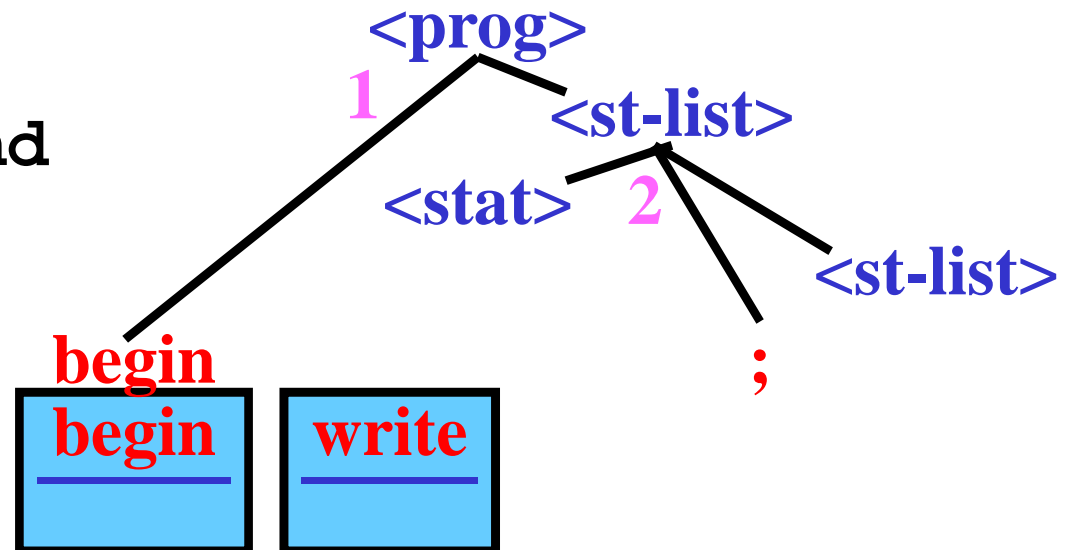
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> , <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



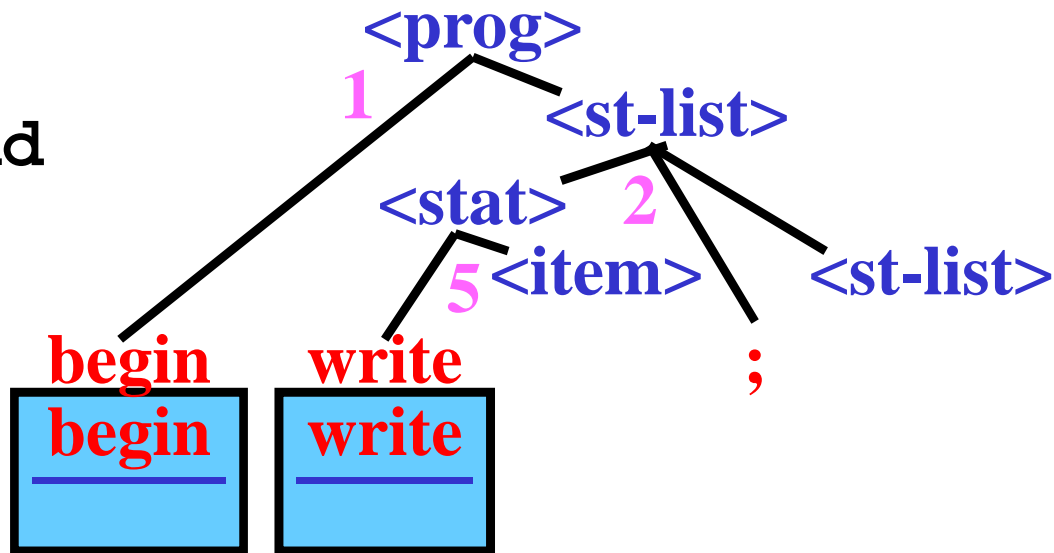
SA založená na LL-tabulce: Příklad

1: <prog>	→ <u>begin</u> <st-list>	6: <stat>	→ <u>id</u> <u>:=</u> <u>add</u> (...
2: <st-list>	→ <stat> ; <st-list>	7: <it-list>	→ <item> <it-list>
3: <st-list>	→ <u>end</u>	8: <it-list>	→)
4: <stat>	→ <u>read</u> <u>id</u>	9: <item>	→ <u>int</u>
5: <stat>	→ <u>write</u> <item>	10: <item>	→ <u>id</u>

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```



SA založená na LL-tabulce: Příklad

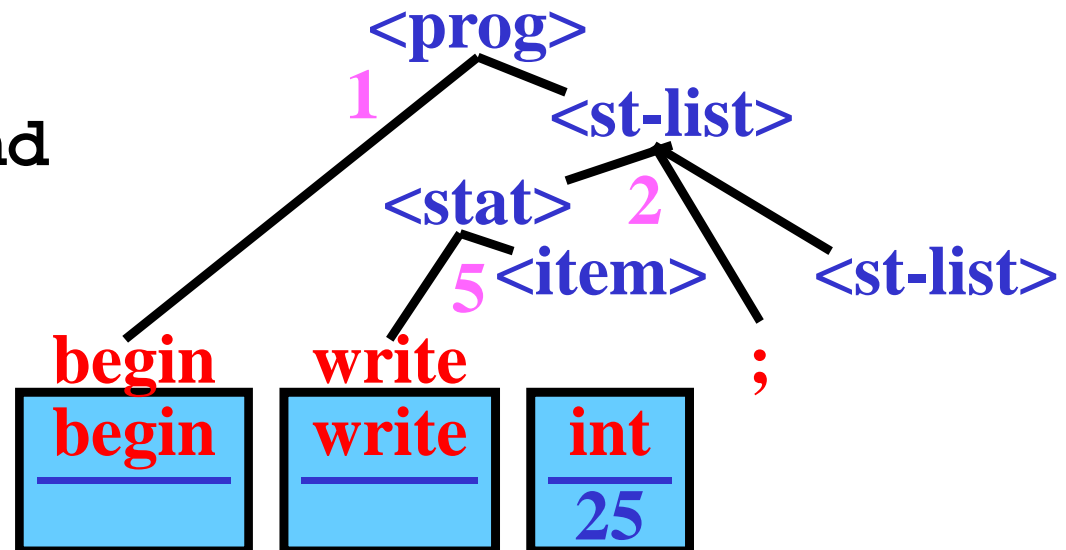
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> , <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



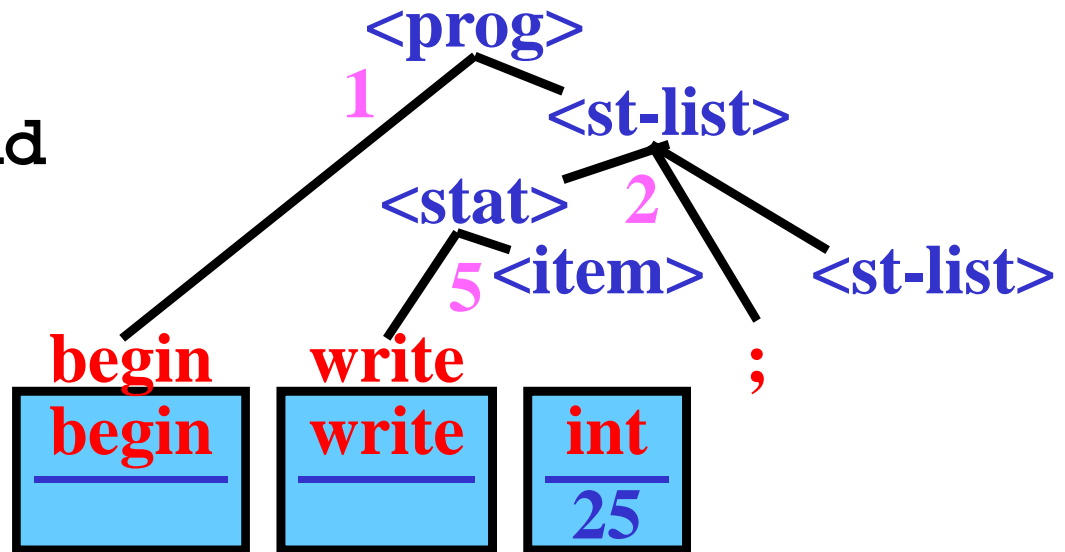
SA založená na LL-tabulce: Příklad

1: <prog>	→ <u>begin</u> <st-list>	6: <stat>	→ <u>id</u> <u>:=</u> <u>add</u> (...
2: <st-list>	→ <stat> <u>;</u> <st-list>	7: <it-list>	→ <u>,</u> <item> <it-list>
3: <st-list>	→ <u>end</u>	8: <it-list>	→ <u>)</u>
4: <stat>	→ <u>read</u> <u>id</u>	9: <item>	→ <u>int</u>
5: <stat>	→ <u>write</u> <item>	10: <item>	→ <u>id</u>

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```



SA založená na LL-tabulce: Příklad

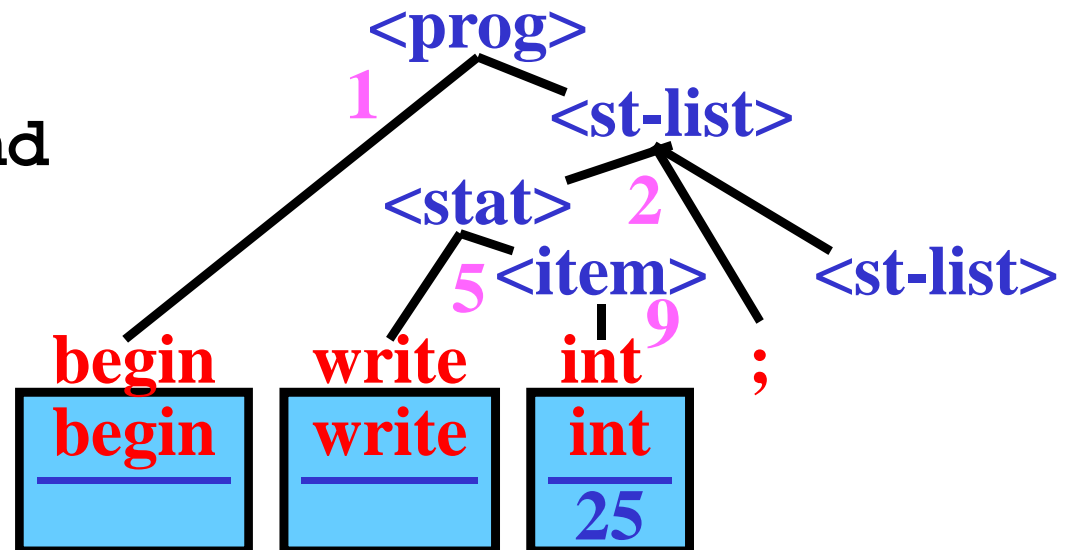
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> : <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



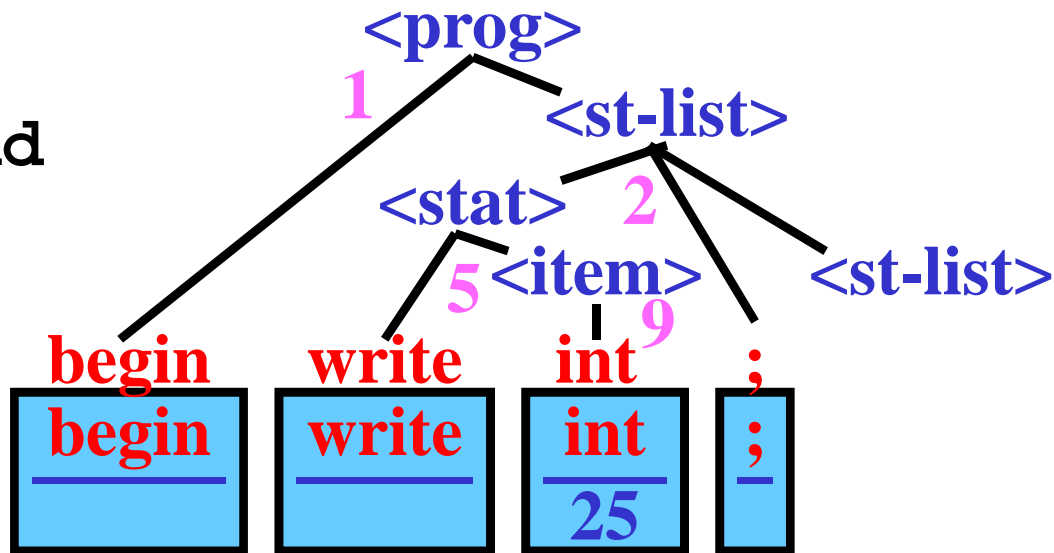
SA založená na LL-tabulce: Příklad

1: <prog>	→ <u>begin</u> <st-list>	6: <stat>	→ <u>id</u> <u>:=</u> <u>add</u> (...
2: <st-list>	→ <stat> <u>;</u> <st-list>	7: <it-list>	→ <u>,</u> <item> <it-list>
3: <st-list>	→ <u>end</u>	8: <it-list>	→ <u>)</u>
4: <stat>	→ <u>read</u> <u>id</u>	9: <item>	→ <u>int</u>
5: <stat>	→ <u>write</u> <item>	10: <item>	→ <u>id</u>

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```



SA založená na LL-tabulce: Příklad

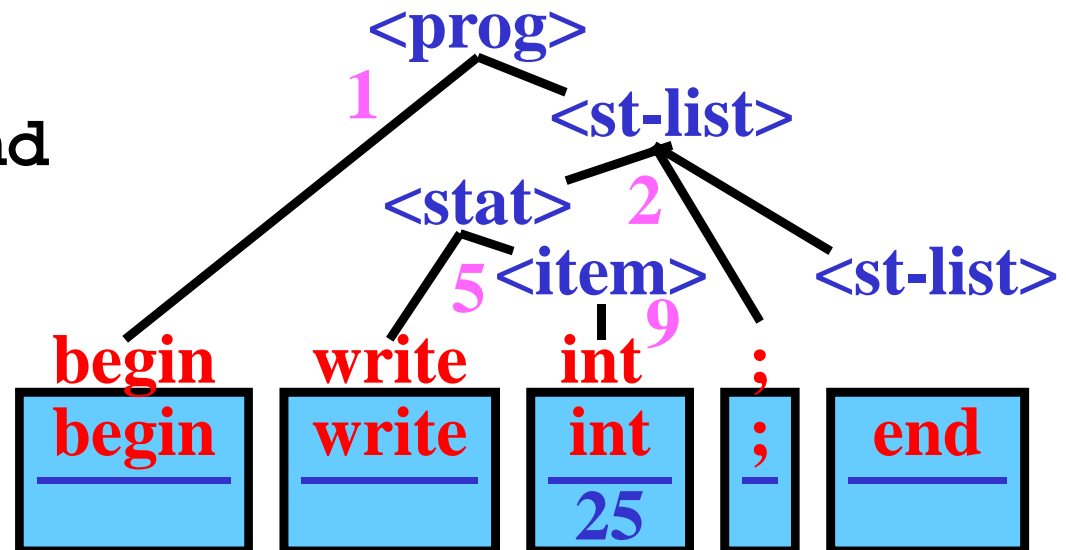
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> : <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



SA založená na LL-tabulce: Příklad

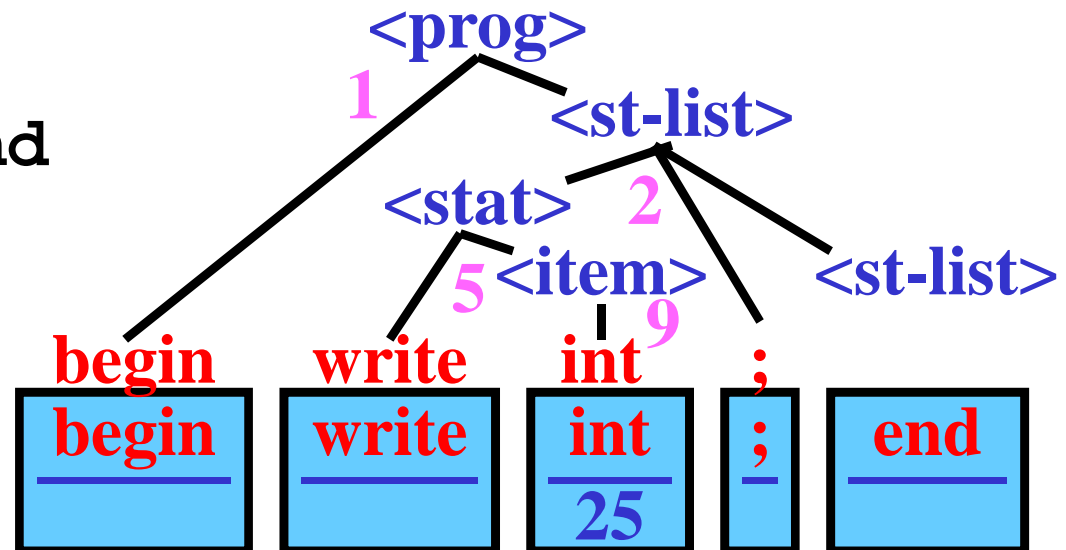
1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> ; <st-list> 7: <it-list> → <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

begin write 25; end

**Lexikální
analyzátor**



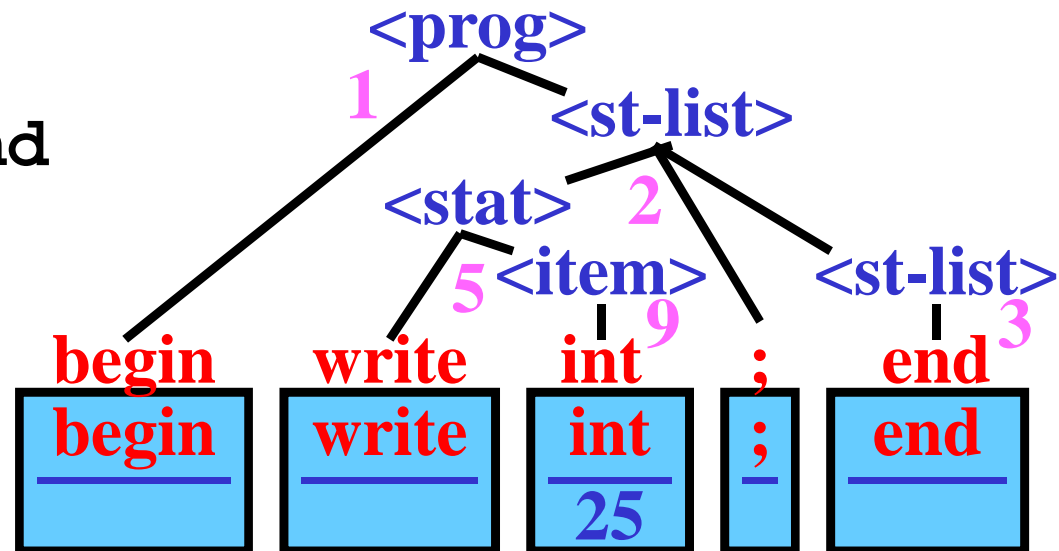
SA založená na LL-tabulce: Příklad

1: <prog> → begin <st-list> 6: <stat> → id := add (...
 2: <st-list> → <stat> ; <st-list> 7: <it-list> → , <item> <it-list>
 3: <st-list> → end 8: <it-list> →)
 4: <stat> → read id 9: <item> → int
 5: <stat> → write <item> 10: <item> → id

	beg	end	rd	wr	id	int	,	(	)	;	:=	add
<prog>	1											
<st-list>		3	2	2	2							
<stat>			4	5	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

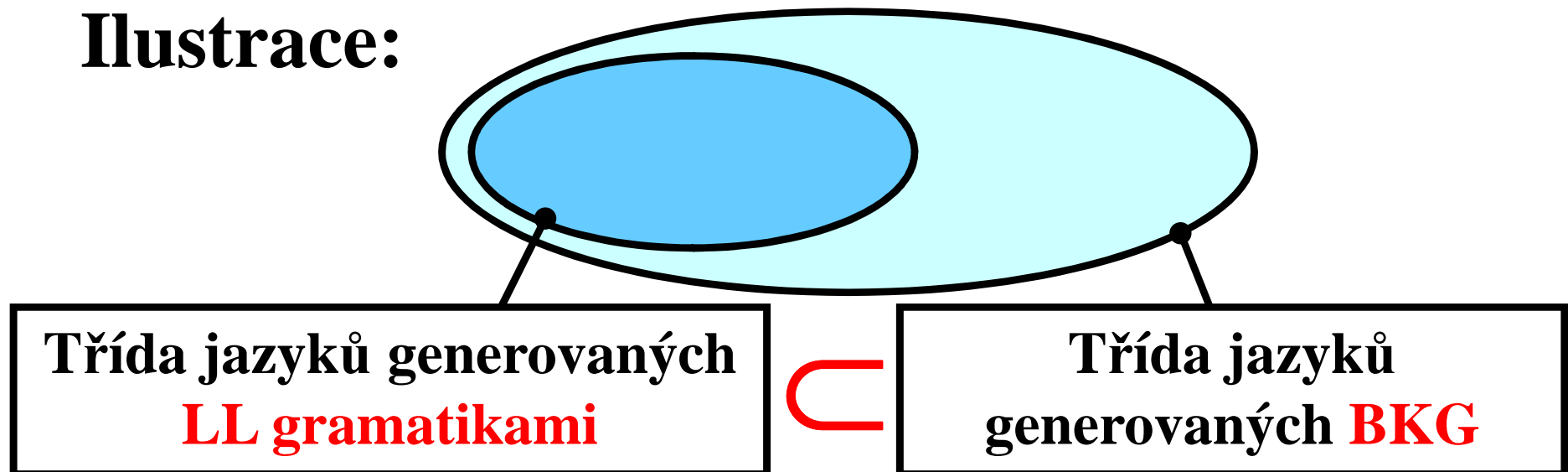
begin write 25; end



LL gramatiky: Úspěšné transformace

Obecně: BKG jsou silnější než LL-gramatiky

Ilustrace:



- **Některé** BKG mohou být převedeny na ekvivalentní LL gramatiky pomocí následujících transformací:

- 1) Faktorizace (vytýkání)
- 2) Odstranění levé rekurze

Pozn.: Pravidlo tvaru $A \rightarrow Ax$, kde $A \in N$, $x \in (N \cup T)^*$ se nazývá *levě rekurzivní pravidlo*.

FaktORIZACE (vytýkání)

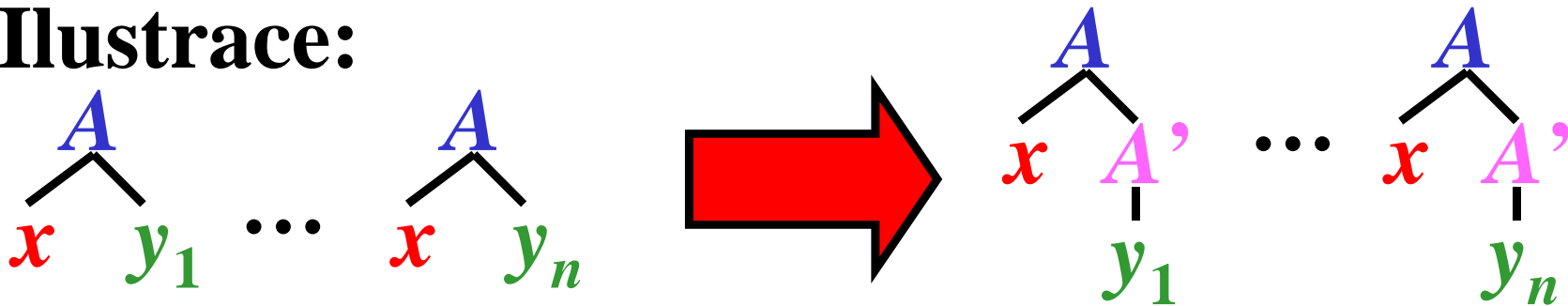
Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru:

$A \rightarrow xy_1, A \rightarrow xy_2, \dots, A \rightarrow xy_n$ na:

$A \rightarrow xA', A' \rightarrow y_1, A' \rightarrow y_2, \dots, A' \rightarrow y_n,$

kde A' je nový neterminál

Ilustrace:



FaktORIZACE (vytýkání)

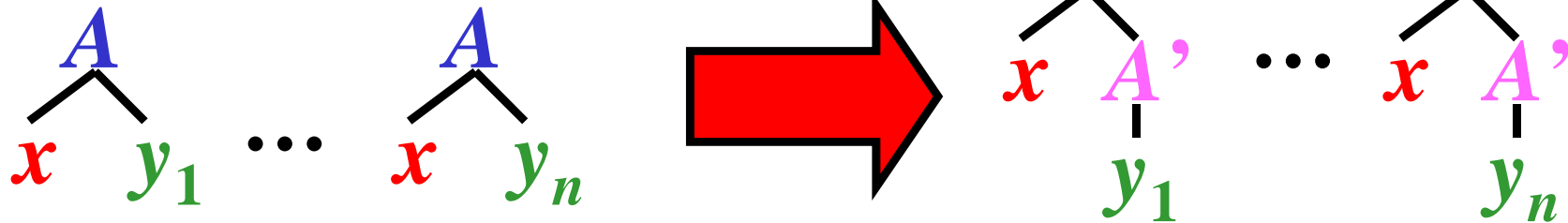
Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru:

$A \rightarrow xy_1, A \rightarrow xy_2, \dots, A \rightarrow xy_n$ na:

$A \rightarrow xA', A' \rightarrow y_1, A' \rightarrow y_2, \dots, A' \rightarrow y_n,$

kde A' je nový neterminál

Ilustrace:



Příklad:

$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{write}} \underline{\text{id}}$

$\langle \text{stat} \rangle \rightarrow \underline{\text{write}} \underline{\text{int}}$

FaktORIZACE (vytýkání)

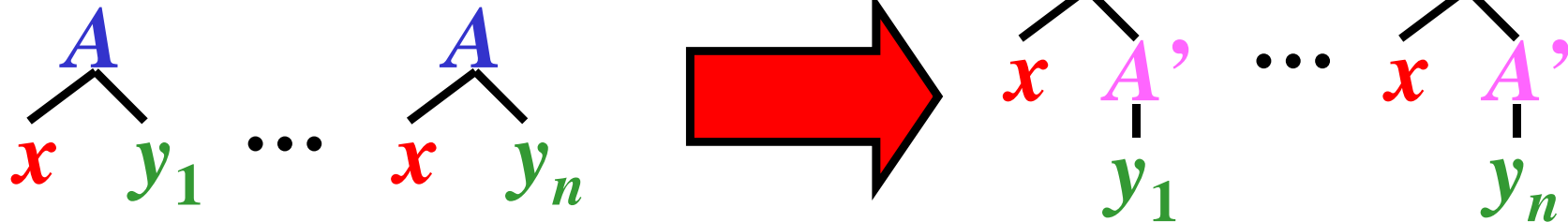
Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru:

$A \rightarrow xy_1, A \rightarrow xy_2, \dots, A \rightarrow xy_n$ na:

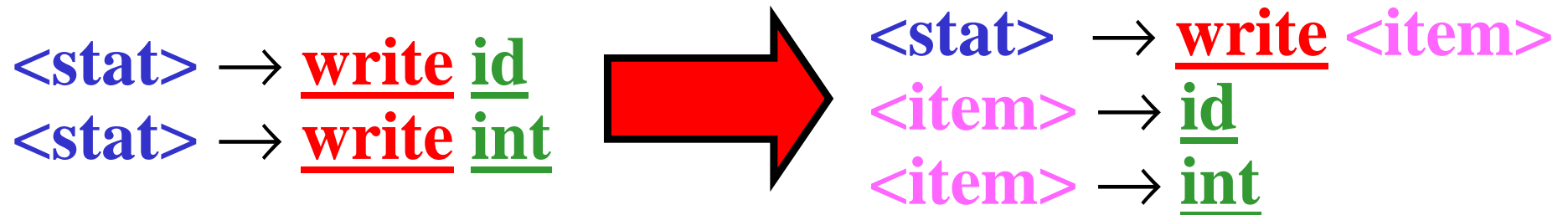
$A \rightarrow xA', A' \rightarrow y_1, A' \rightarrow y_2, \dots, A' \rightarrow y_n,$

kde A' je nový neterminál

Ilustrace:



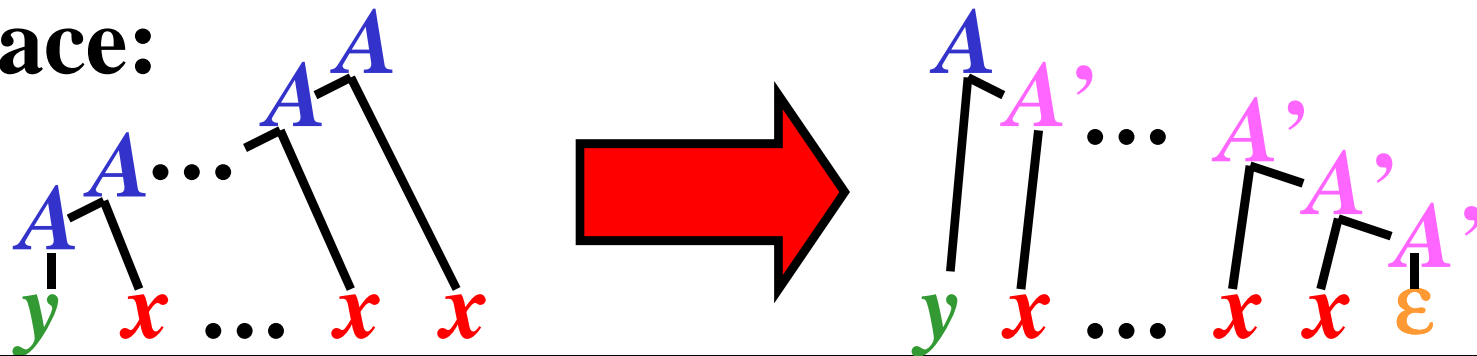
Příklad:



Odstranění levé rekurze

Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru: $A \rightarrow Ax$,
 $A \rightarrow y$ za: $A \rightarrow yA'$, $A' \rightarrow xA'$, $A' \rightarrow \varepsilon$, kde
 A' je nový neterminál.

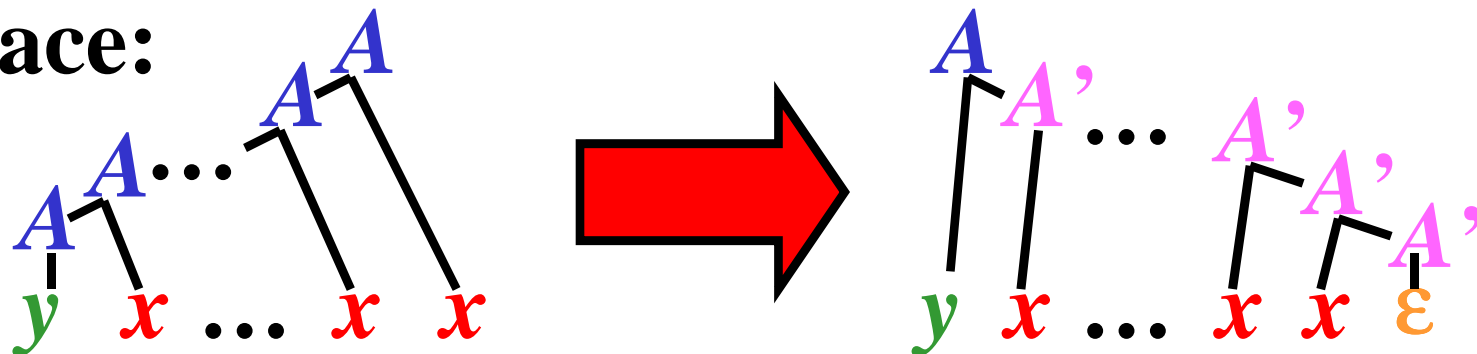
Ilustrace:



Odstranění levé rekurze

Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru: $A \rightarrow Ax$, $A \rightarrow y$ za: $A \rightarrow yA'$, $A' \rightarrow xA'$, $A' \rightarrow \varepsilon$, kde A' je nový neterminál.

Ilustrace:



Příklad:

$E \rightarrow E+T$

$E \rightarrow T$

$T \rightarrow T*F$

$T \rightarrow F$

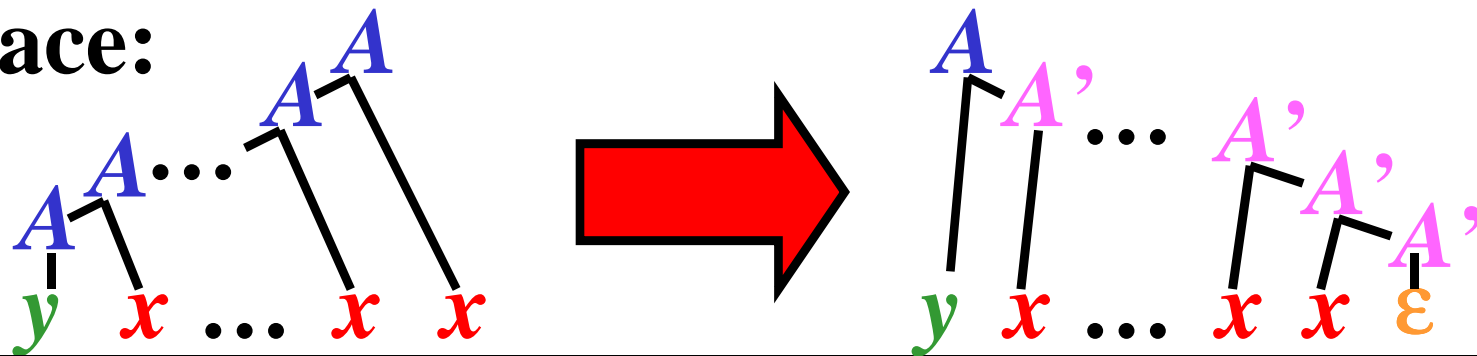
$F \rightarrow (E)$

$F \rightarrow i$

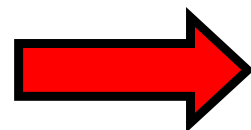
Odstranění levé rekurze

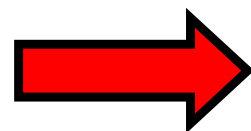
Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru: $A \rightarrow Ax$, $A \rightarrow y$ za: $A \rightarrow yA'$, $A' \rightarrow xA'$, $A' \rightarrow \epsilon$, kde A' je nový neterminál.

Ilustrace:



Příklad:

$$\left. \begin{array}{l} E \rightarrow E+T \\ E \rightarrow T \\ T \rightarrow T*F \\ T \rightarrow F \end{array} \right\}$$


$$E \rightarrow TE', E' \rightarrow +TE', E' \rightarrow \epsilon$$


$$T \rightarrow FT', T' \rightarrow *FT', T' \rightarrow \epsilon$$

$$F \rightarrow (E)$$

$$F \rightarrow (E)$$

$$F \rightarrow i$$

$$F \rightarrow i$$

LL-gramatiky s ϵ -pravidly: Úvod

Proč ϵ -pravidla?

- Odstranění levé rekurze vytvoří ϵ -pravidla
- ϵ -pravidla často udělají gramatiku „čistější“

Zjednodušení této části:

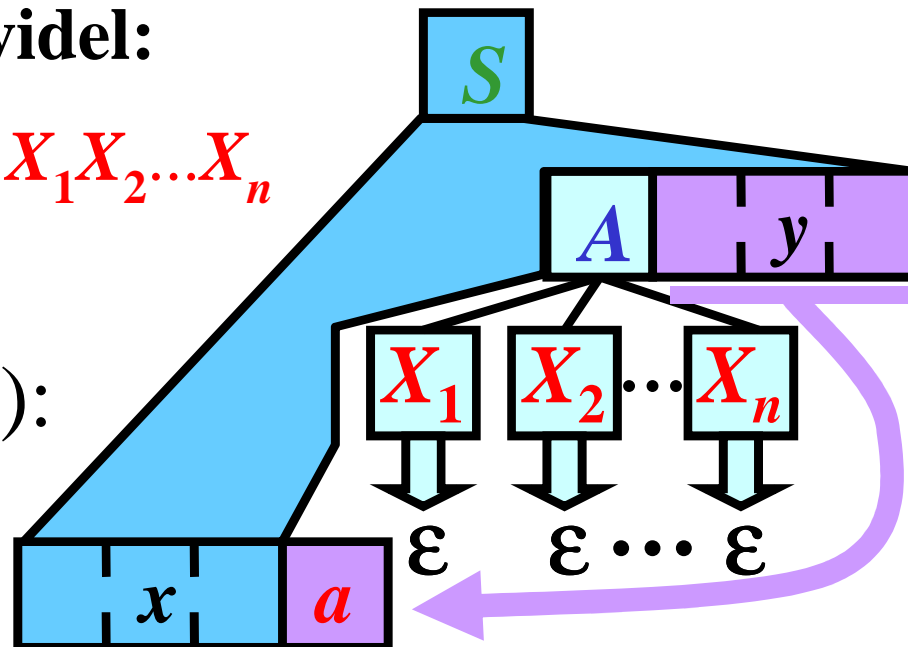
Budeme předpokládat, že každý vstupní řetězec je zakončen \$.

Pozn.: \$ značí „zakončovač“

Hlavní problém ϵ -pravidel:

Pravidlo $r: A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$

Možná: $a \notin \text{First}(A)$:



Pozn.: Musíme definovat další množiny: *Empty*, *Follow* a *Predict*.

Gramatika pro aritmetické výrazy

- $G_{expr3} = (N, T, P, \mathbf{E})$, kde
- $N = \{\mathbf{E}, \mathbf{E}', \mathbf{T}, \mathbf{T}', \mathbf{F}\}$,
- $T = \{\mathbf{i}, +, *, (,)\}$,
- $P = \{$

1: $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}'$,	2: $\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}'$,
3: $\mathbf{E}' \rightarrow \varepsilon$,	4: $\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}\mathbf{T}'$,
5: $\mathbf{T}' \rightarrow *\mathbf{F}\mathbf{T}'$,	6: $\mathbf{T}' \rightarrow \varepsilon$,
7: $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E})$,	8: $\mathbf{F} \rightarrow \mathbf{i}$ }

Příklad:

$$(\mathbf{i} + \mathbf{i}) * (\mathbf{i} + \mathbf{i}) \in L(G_{expr3})$$

Množina *Empty*

Myšlenka: $Empty(x)$ je množina, která obsahuje jediný prvek ε , pokud x derivuje ε , jinak je prázdná

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG.

$Empty(\mathbf{x}) = \{\varepsilon\}$ if $\mathbf{x} \Rightarrow^* \varepsilon$; jinak
 $Empty(\mathbf{x}) = \emptyset$, kde $x \in (N \cup T)^*$.

Ilustrace: $\mathbf{x} = \boxed{X_1} \boxed{X_2} \cdots \boxed{X_n}$

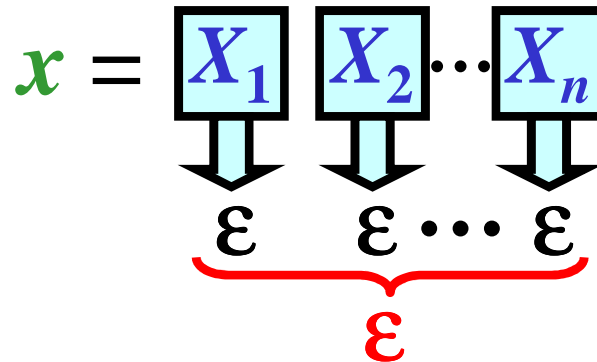
Množina *Empty*

Myšlenka: $Empty(x)$ je množina, která obsahuje jediný prvek ε , pokud x derivuje ε , jinak je prázdná

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG.

$Empty(\mathbf{x}) = \{\varepsilon\}$ if $\mathbf{x} \Rightarrow^* \varepsilon$; jinak
 $Empty(\mathbf{x}) = \emptyset$, kde $x \in (N \cup T)^*$.

Ilustrace:



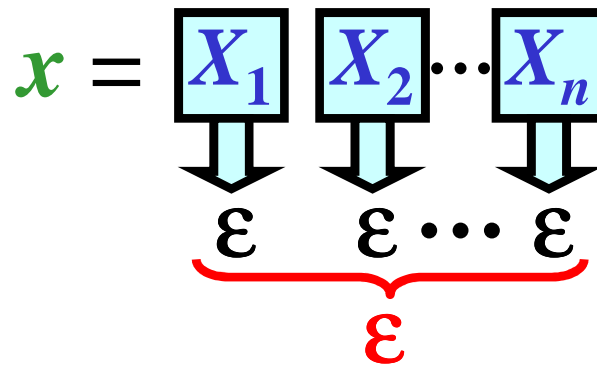
Množina *Empty*

Myšlenka: $Empty(x)$ je množina, která obsahuje jediný prvek ε , pokud x derivuje ε , jinak je prázdná

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG.

$Empty(\mathbf{x}) = \{\varepsilon\}$ if $\mathbf{x} \Rightarrow^* \varepsilon$; jinak
 $Empty(\mathbf{x}) = \emptyset$, kde $x \in (N \cup T)^*$.

Ilustrace:



$$\mathbf{x} = X_1 X_2 \dots X_n \Rightarrow^* \varepsilon$$



$$Empty(\mathbf{x}) = \{\varepsilon\}$$

Algoritmus: *Empty*(X)

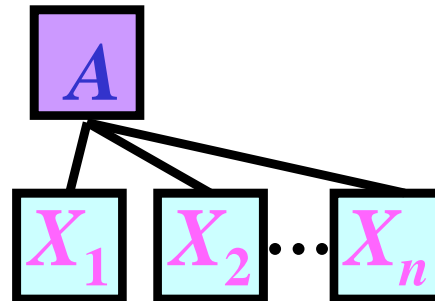
- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$
 - **Výstup:** $Empty(X)$ pro každý symbol $X \in N \cup T$
-
- **Metoda:**
 - pro každé $a \in T$: $Empty(a) := \emptyset$
 - pro každé $A \in N$:
 - if $A \rightarrow \varepsilon \in P$ then $Empty(A) := \{\varepsilon\}$
 - else $Empty(A) := \emptyset$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $Empty$:
 - if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$ and $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \dots, n$ then $Empty(A) = \{\varepsilon\}$

Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) Pro každé $a \in T$: $Empty(a) := \emptyset$, protože $a \Rightarrow^* \varepsilon$
 - 2) Pro každé $r: A \rightarrow \varepsilon \in P$: $Empty(A) := \{\varepsilon\}$, protože $A \Rightarrow^1 \varepsilon [r]$
-
- 3) **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :**

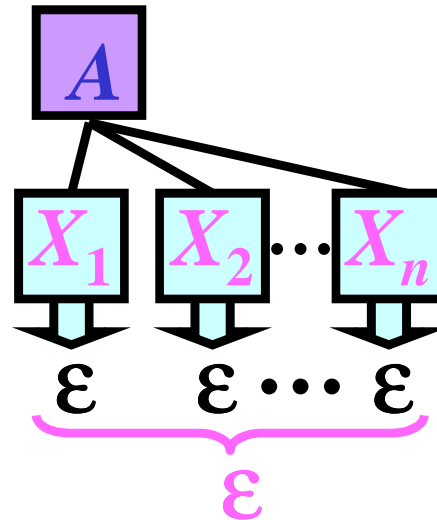
Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) Pro každé $a \in T$: $Empty(a) := \emptyset$, protože $a \Rightarrow^* \varepsilon$
 - 2) Pro každé $r: A \rightarrow \varepsilon \in P$: $Empty(A) := \{\varepsilon\}$, protože $A \Rightarrow^1 \varepsilon [r]$
-
- 3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :
- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$ and $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$
 pro všechna $i = 1, \dots, n$ then $Empty(A) = \{\varepsilon\}$



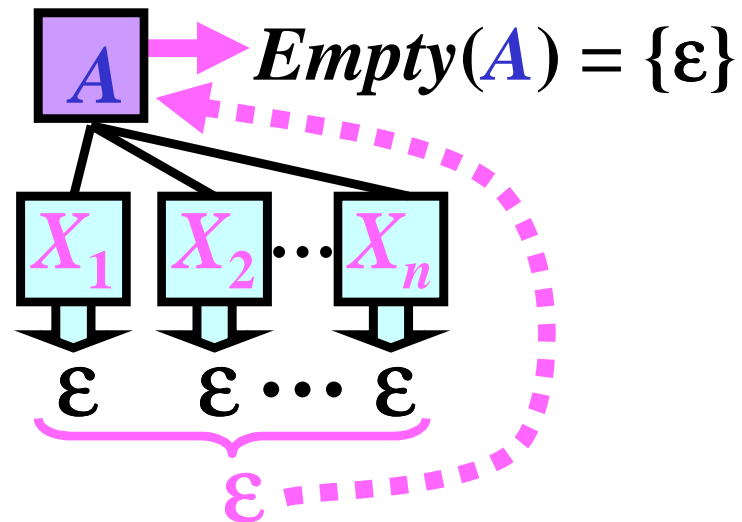
Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) Pro každé $a \in T$: $Empty(a) := \emptyset$, protože $a \Rightarrow^* \varepsilon$
 - 2) Pro každé $r: A \rightarrow \varepsilon \in P$: $Empty(A) := \{\varepsilon\}$, protože $A \Rightarrow^1 \varepsilon [r]$
-
- 3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :
- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$ and $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$
 pro všechna $i = 1, \dots, n$ then $Empty(A) = \{\varepsilon\}$



Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) Pro každé $a \in T$: $Empty(a) := \emptyset$, protože $a \Rightarrow^* \varepsilon$
 - 2) Pro každé $r: A \rightarrow \varepsilon \in P$: $Empty(A) := \{\varepsilon\}$, protože $A \Rightarrow^1 \varepsilon [r]$
-
- 3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :
- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$ and $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$
 pro všechna $i = 1, \dots, n$ then $Empty(A) = \{\varepsilon\}$



$Empty(X)$ pro G_{expr3} : Příklad

$G_{expr3} = (N, T, P, \mathbf{E})$, kde: $N = \{\mathbf{E}, \mathbf{F}, \mathbf{T}\}$, $T = \{\mathbf{i}, +, *, (,)\}$,
 $P = \{ \quad \mathbf{1}: \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}', \quad \mathbf{2}: \mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}', \mathbf{3}: \mathbf{E}' \rightarrow \varepsilon, \quad \mathbf{4}: \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}\mathbf{T}'$
 $\quad \mathbf{5}: \mathbf{T}' \rightarrow *\mathbf{F}\mathbf{T}', \mathbf{6}: \mathbf{T}' \rightarrow \varepsilon, \quad \mathbf{7}: \mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}), \mathbf{8}: \mathbf{F} \rightarrow \mathbf{i} \}$

Inicializace:

$Empty(\mathbf{i}) := \emptyset$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$
$Empty(+):= \emptyset$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$
$Empty(*):= \emptyset$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$
$Empty() := \emptyset$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$
$Empty() := \emptyset$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$

- Žádná *Empty* množina již nemůže být změněna

Algoritmus: *First*(X)

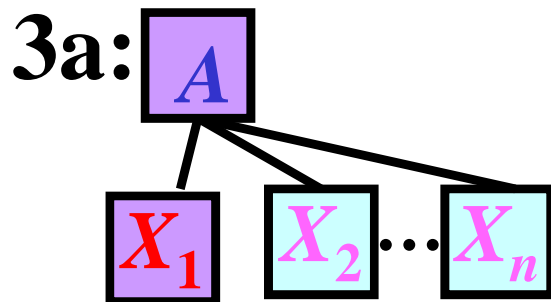
- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$
 - **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$
-
- **Metoda:**
 - pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
 - pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:
 - if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then
 - přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$
 - if $Empty(X_i) = \{\epsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k \leq n$ then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(A)$

Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
 - 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)
-
- 3) **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:**
- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then

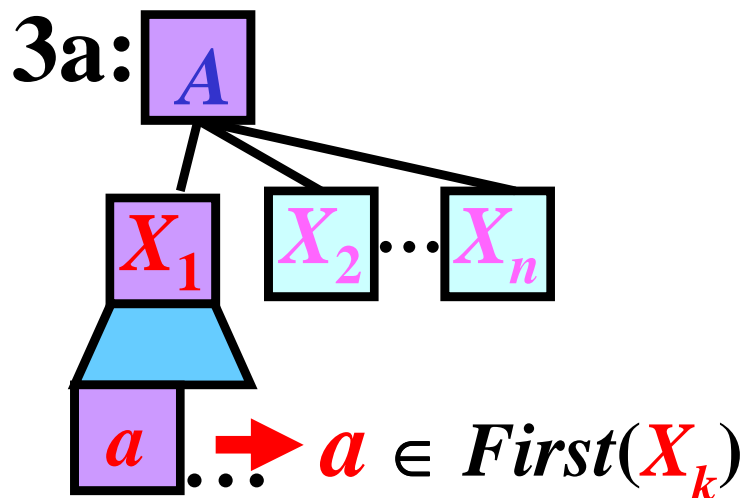
Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
 - 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)
-
- 3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:
- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then
 - 3a) přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$



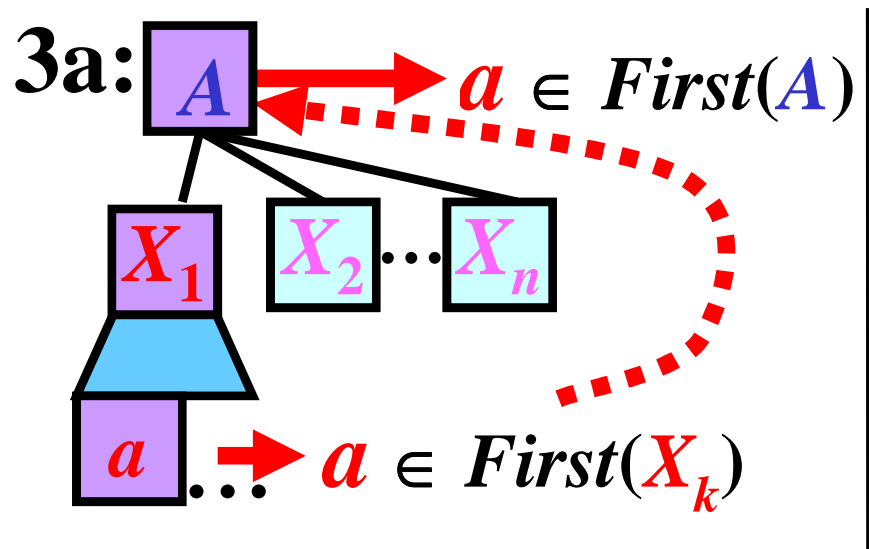
Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
 - 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)
-
- 3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:
- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then
 - 3a) přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$



Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
 - 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)
-
- 3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:
- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then
 - 3a) přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$

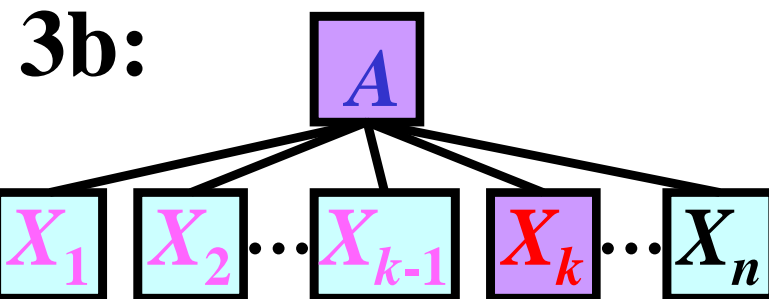
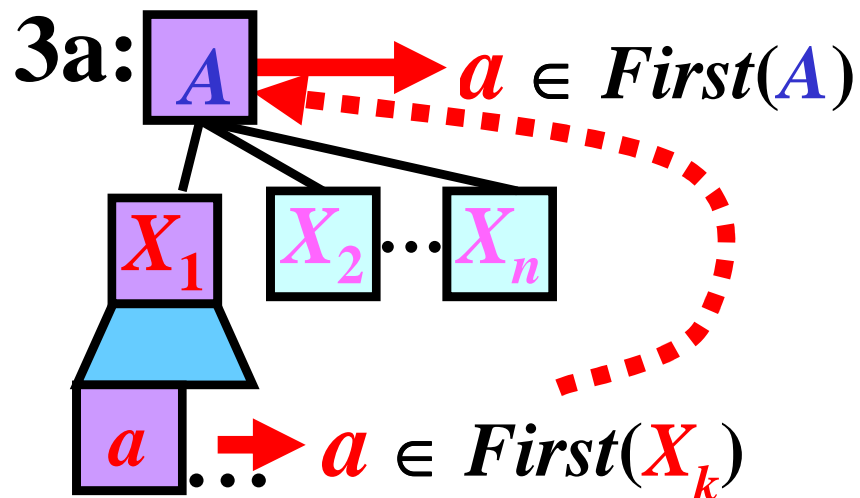


Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
- 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:

- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then
 - 3a) přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$
 - 3b) if $Empty(X_i) = \{\epsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k < n$ then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(A)$:

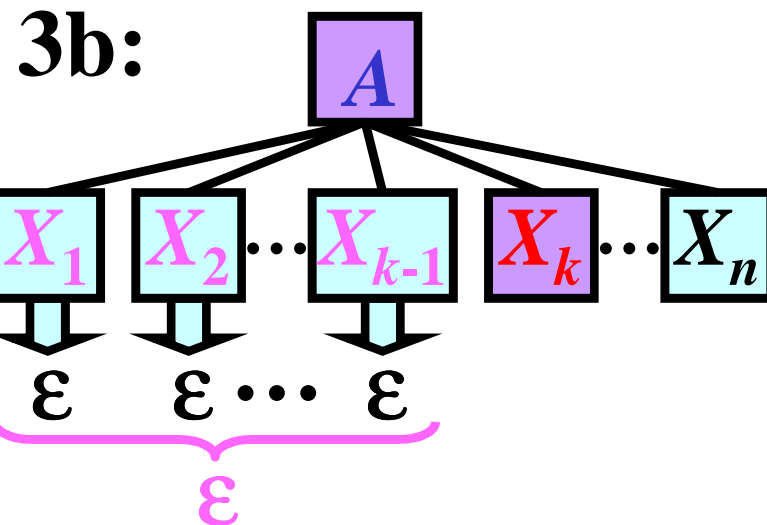
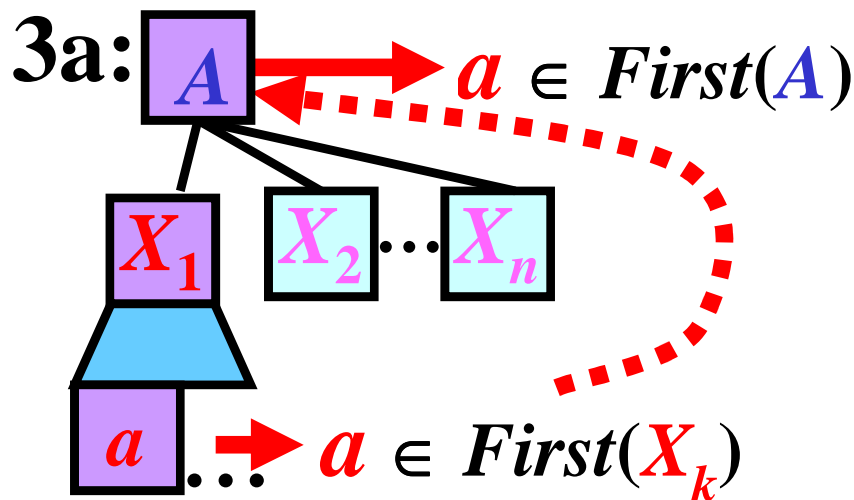


Předchozí algoritmus: Ilustrace

- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
- 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:

- if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then
 - 3a) přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$
 - 3b) if $Empty(X_i) = \{\epsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k < n$ then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(A)$:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

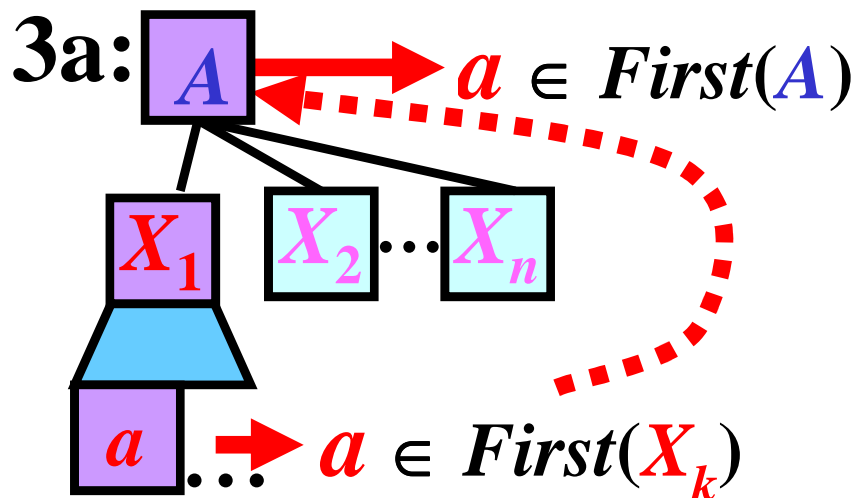
- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
- 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:

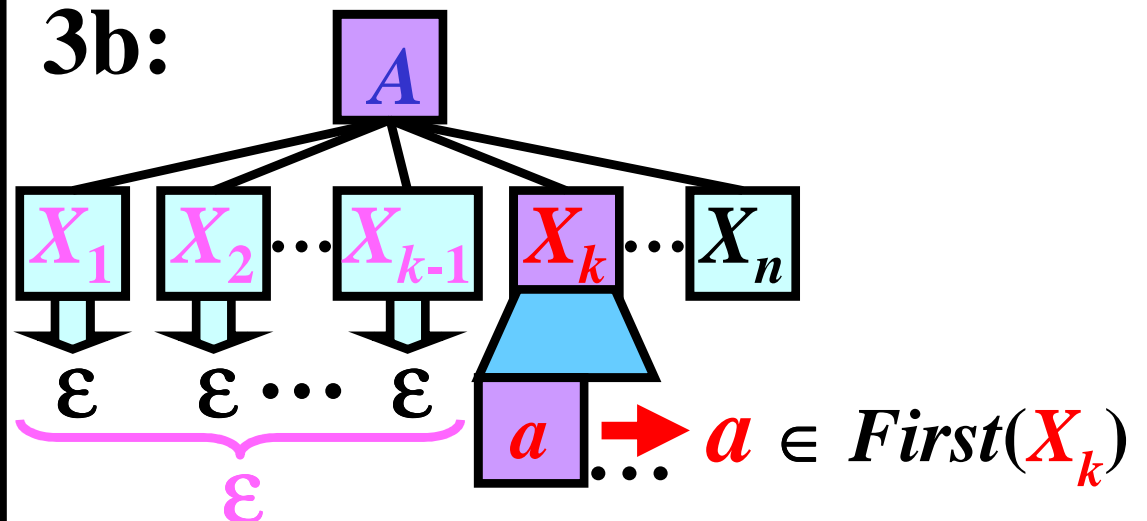
• if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then

3a) přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$

3b) if $Empty(X_i) = \{\epsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k < n$
then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(A)$:



3b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

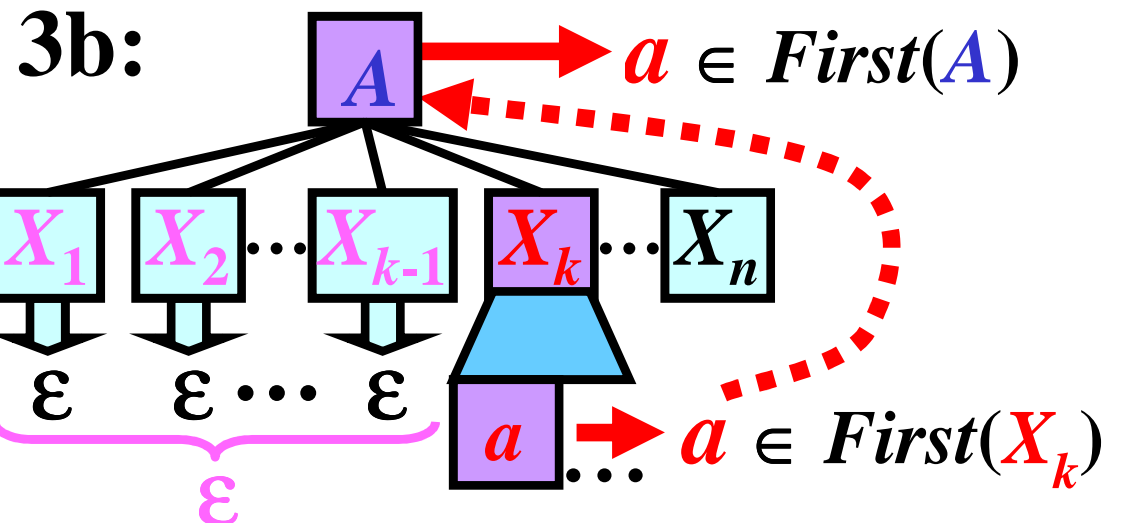
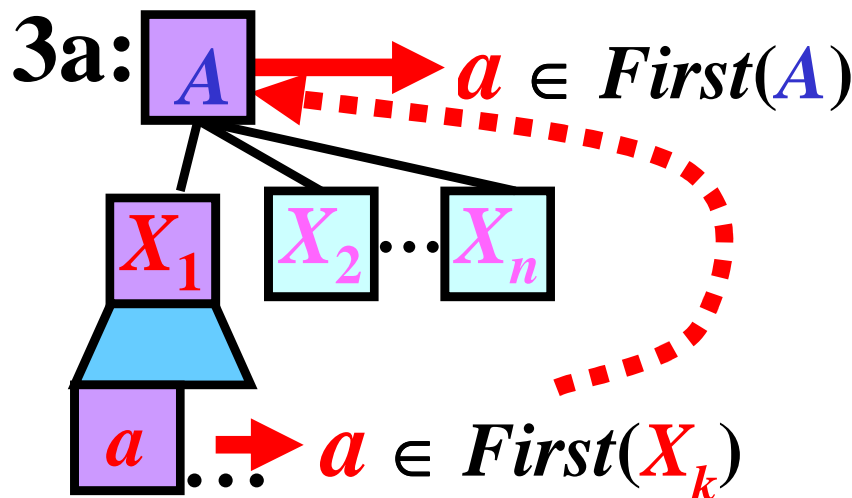
- 1) pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$, protože $a \Rightarrow^0 a$
- 2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $First$:

• if $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n \in P$ then

3a) přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$

3b) if $Empty(X_i) = \{\epsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k < n$
then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(A)$:



$First(X)$ for G_{expr3} : Příklad

Inicializace:	$First(i)$	$:= \{i\}$	$First(E)$	$:= \emptyset$
	$First(+)$	$:= \{+\}$	$First(E')$	$:= \emptyset$
	$First(*)$	$:= \{*\}$	$First(T)$	$:= \emptyset$
	$First(($	$:= \{($	$First(T')$	$:= \emptyset$
	$First($	$:= \{)$	$First(F)$	$:= \emptyset$

$First(X)$ for G_{expr3} : Příklad

Inicializace:

$First(i)$	$:= \{i\}$	$First(E)$	$:= \emptyset$
$First(+)$	$:= \{+\}$	$First(E')$	$:= \emptyset$
$First(*)$	$:= \{*\}$	$First(T)$	$:= \emptyset$
$First(()$	$:= \{ (\}$	$First(T')$	$:= \emptyset$
$First())$	$:= \{) \}$	$First(F)$	$:= \emptyset$

$F \rightarrow i \in P$: přidej $First(i) = \{i\}$ do $First(F)$

$F \rightarrow (E) \in P$: přidej $First(() = \{()$ do $First(F)$

Celkově: $First(F) = \{i, (\}$

$First(X)$ for G_{expr3} : Příklad

Inicializace:

$First(i)$	$:= \{i\}$	$First(E)$	$:= \emptyset$
$First(+)$	$:= \{+\}$	$First(E')$	$:= \emptyset$
$First(*)$	$:= \{*\}$	$First(T)$	$:= \emptyset$
$First(()$	$:= \{ (\}$	$First(T')$	$:= \emptyset$
$First())$	$:= \{) \}$	$First(F)$	$:= \emptyset$

$F \rightarrow i \in P$: přidej $First(i) = \{i\}$ do $First(F)$

$F \rightarrow (E) \in P$: přidej $First(() = \{ (\}$ do $First(F)$

Celkově: $First(F) = \{i, (\}$

$T' \rightarrow *FT' \in P$: přidej $First(*) = \{*\}$ do $First(T')$

Celkově: $First(T') = \{*\}$

$First(X)$ for G_{expr3} : Příklad

Inicializace:

$First(i)$	$:= \{i\}$	$First(E)$	$:= \emptyset$
$First(+)$	$:= \{+\}$	$First(E')$	$:= \emptyset$
$First(*)$	$:= \{*\}$	$First(T)$	$:= \emptyset$
$First(()$	$:= \{ (\}$	$First(T')$	$:= \emptyset$
$First())$	$:= \{) \}$	$First(F)$	$:= \emptyset$

$F \rightarrow i \in P$: přidej $First(i) = \{i\}$ do $First(F)$

$F \rightarrow (E) \in P$: přidej $First(() = \{ (\}$ do $First(F)$

Celkově: $First(F) = \{i, (\}$

$T' \rightarrow *FT' \in P$: přidej $First(*) = \{*\}$ do $First(T')$

Celkově: $First(T') = \{*\}$

$T \rightarrow FT' \in P$: přidej $First(F) = \{i, (\}$ do $First(T)$

Celkově: $First(T) = \{i, (\}$

$First(X)$ for G_{expr3} : Příklad

Inicializace:

$First(i)$	$:= \{i\}$	$First(E)$	$:= \emptyset$
$First(+)$	$:= \{+\}$	$First(E')$	$:= \emptyset$
$First(*)$	$:= \{*\}$	$First(T)$	$:= \emptyset$
$First(()$	$:= \{ (\}$	$First(T')$	$:= \emptyset$
$First())$	$:= \{) \}$	$First(F)$	$:= \emptyset$

$F \rightarrow i \in P$: přidej $First(i) = \{i\}$ do $First(F)$

$F \rightarrow (E) \in P$: přidej $First(() = \{()$ do $First(F)$

Celkově: $First(F) = \{i, (\}$

$T' \rightarrow *FT' \in P$: přidej $First(*) = \{*\}$ do $First(T')$

Celkově: $First(T') = \{*\}$

$T \rightarrow FT' \in P$: přidej $First(F) = \{i, (\}$ do $First(T)$

Celkově: $First(T) = \{i, (\}$

$E' \rightarrow +TE' \in P$: přidej $First(+) = \{+\}$ do $First(E')$

Celkově: $First(E') = \{+\}$

$First(X)$ for G_{expr3} : Příklad

Inicializace:

$First(i)$	$:= \{i\}$	$First(E)$	$:= \emptyset$
$First(+)$	$:= \{+\}$	$First(E')$	$:= \emptyset$
$First(*)$	$:= \{*\}$	$First(T)$	$:= \emptyset$
$First(()$	$:= \{ (\}$	$First(T')$	$:= \emptyset$
$First())$	$:= \{) \}$	$First(F)$	$:= \emptyset$

$F \rightarrow i \in P$: přidej $First(i) = \{i\}$ do $First(F)$

$F \rightarrow (E) \in P$: přidej $First(() = \{ (\}$ do $First(F)$

Celkově: $First(F) = \{i, (\}$

$T' \rightarrow *FT' \in P$: přidej $First(*) = \{*\}$ do $First(T')$

Celkově: $First(T') = \{*\}$

$T \rightarrow FT' \in P$: přidej $First(F) = \{i, (\}$ do $First(T)$

Celkově: $First(T) = \{i, (\}$

$E' \rightarrow +TE' \in P$: přidej $First(+) = \{+\}$ do $First(E')$

Celkově: $First(E') = \{+\}$

$E \rightarrow TE' \in P$: přidej $First(T) = \{i, (\}$ do $First(E)$

Celkově: $First(E) = \{i, (\}$

$First(X)$ for G_{expr3} : Příklad

Inicializace:

$First(i)$	$:= \{i\}$	$First(E)$	$:= \emptyset$
$First(+)$	$:= \{+\}$	$First(E')$	$:= \emptyset$
$First(*)$	$:= \{*\}$	$First(T)$	$:= \emptyset$
$First(())$	$:= \{ () \}$	$First(T')$	$:= \emptyset$
$First())$	$:= \{) \}$	$First(F)$	$:= \emptyset$

$F \rightarrow i \in P$: přidej $First(i) = \{i\}$ do $First(F)$

$F \rightarrow (E) \in P$: přidej $First(()) = \{ () \}$ do $First(F)$

Celkově: $First(F) = \{i, ()\}$

$T' \rightarrow *FT' \in P$: přidej $First(*) = \{*\}$ do $First(T')$

Celkově: $First(T') = \{*\}$

$T \rightarrow FT' \in P$: přidej $First(F) = \{i, ()\}$ do $First(T)$

Celkově: $First(T) = \{i, ()\}$

$E' \rightarrow +TE' \in P$: přidej $First(+) = \{+\}$ do $First(E')$

Celkově: $First(E') = \{+\}$

$E \rightarrow TE' \in P$: přidej $First(T) = \{i, ()\}$ do $First(E)$

Celkově: $First(E) = \{i, ()\}$

- **Žádná $First$ množina již nemůže být změněna.**

$First(X)$ & $Empty(X)$ pro G_{expr3} : Celkově

$G_{expr3} = (N, T, P, \mathbf{E})$, kde: $N = \{\mathbf{E}, \mathbf{F}, \mathbf{T}\}$, $T = \{\mathbf{i}, +, *, (,)\}$,
 $P = \{$ **1**: $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}'$, **2**: $\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}'$, **3**: $\mathbf{E}' \rightarrow \varepsilon$, **4**: $\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}\mathbf{T}'$
5: $\mathbf{T}' \rightarrow *\mathbf{F}\mathbf{T}'$, **6**: $\mathbf{T}' \rightarrow \varepsilon$, **7**: $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E})$, **8**: $\mathbf{F} \rightarrow \mathbf{i} \}$

Množina $Empty$ pro všechna $X \in N \cup T$:	$Empty(\mathbf{i}) := \emptyset$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$
	$Empty(+) := \emptyset$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$
	$Empty(*) := \emptyset$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$
	$Empty(() := \emptyset$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$
	$Empty()) := \emptyset$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$

Množina $First$ pro všechna $X \in N \cup T$:	$First(\mathbf{i}) := \{\mathbf{i}\}$	$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$
	$First(+) := \{+\}$	$First(\mathbf{E}') := \{+\}$
	$First(*) := \{*\}$	$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$
	$First(() := \{(\}$	$First(\mathbf{T}') := \{*\}$
	$First()) := \{) \}$	$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$

Pozn.: pro každé $\mathbf{a} \in T$: $Empty(\mathbf{a}) = \emptyset$, $First(\mathbf{a}) = \{\mathbf{a}\}$

Algoritmus: $First(X_1X_2\dots X_n)$

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$; $First(X)$ & $Empty(X)$ pro každé $X \in N \cup T$; $x = X_1X_2\dots X_n$, kde $x \in (N \cup T)^+$
 - **Výstup:** $First(X_1X_2\dots X_n)$
-
- **Metoda:**
 - $First(X_1X_2\dots X_n) := First(X_1)$
 - Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu $First(X_1X_2\dots X_{k-1}X_k\dots X_n)$:
 - if $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k \leq n$
 - then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(X_1X_2\dots X_n)$
-

! Pozn.: $First(\varepsilon) = \emptyset$

Ilustrace:

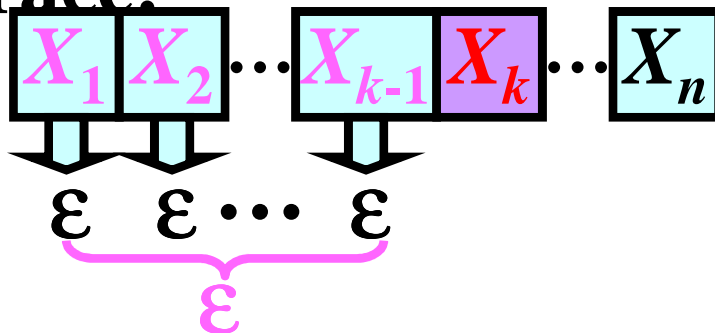


Algoritmus: $First(X_1X_2\dots X_n)$

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$; $First(X)$ & $Empty(X)$ pro každé $X \in N \cup T$; $x = X_1X_2\dots X_n$, kde $x \in (N \cup T)^+$
 - **Výstup:** $First(X_1X_2\dots X_n)$
-
- **Metoda:**
 - $First(X_1X_2\dots X_n) := First(X_1)$
 - Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu $First(X_1X_2\dots X_{k-1}X_k\dots X_n)$:
 - if $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k \leq n$
 - then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(X_1X_2\dots X_n)$
-

! Pozn.: $First(\varepsilon) = \emptyset$

Ilustrace:

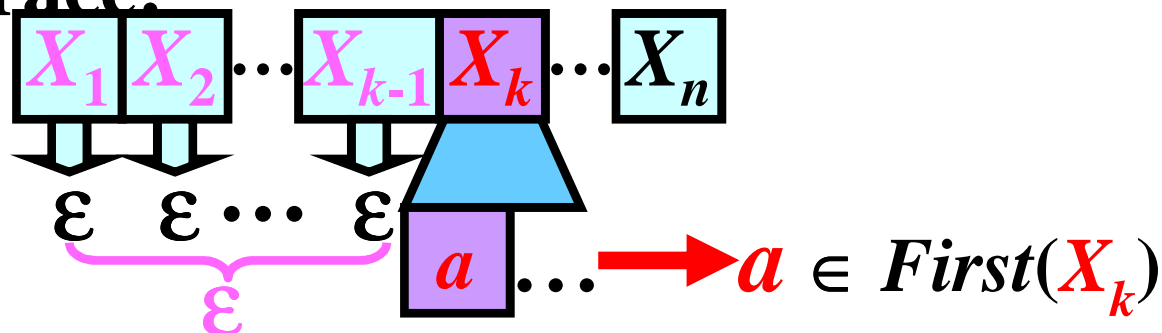


Algoritmus: $First(X_1X_2\dots X_n)$

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$; $First(X)$ & $Empty(X)$ pro každé $X \in N \cup T$; $x = X_1X_2\dots X_n$, kde $x \in (N \cup T)^+$
 - **Výstup:** $First(X_1X_2\dots X_n)$
-
- **Metoda:**
 - $First(X_1X_2\dots X_n) := First(X_1)$
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu $First(X_1X_2\dots X_{k-1}X_k\dots X_n)$:
 - if $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k \leq n$
 - then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(X_1X_2\dots X_n)$
-

! Pozn.: $First(\varepsilon) = \emptyset$

Ilustrace:

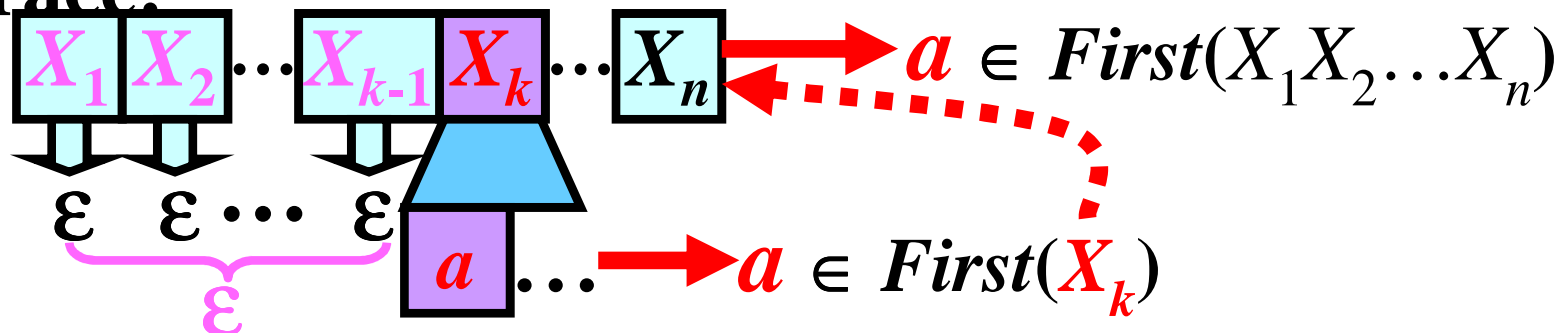


Algoritmus: $First(X_1X_2\dots X_n)$

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$; $First(X)$ & $Empty(X)$ pro každé $X \in N \cup T$; $x = X_1X_2\dots X_n$, kde $x \in (N \cup T)^+$
 - **Výstup:** $First(X_1X_2\dots X_n)$
-
- **Metoda:**
 - $First(X_1X_2\dots X_n) := First(X_1)$
 - Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu $First(X_1X_2\dots X_{k-1}X_k\dots X_n)$:
 - if $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \dots, k-1$, kde $k \leq n$
 - then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(X_1X_2\dots X_n)$
-

! Pozn.: $First(\varepsilon) = \emptyset$

Ilustrace:



$First(X_1X_2\dots X_n)$: Příklad

$G_{expr3} = (N, T, P, \underline{E})$, kde: $N = \{\underline{E}, \underline{F}, \underline{T}\}$, $T = \{\underline{i}, +, *, (,)\}$,

$P = \{ \quad \underline{1}: \underline{E} \rightarrow \underline{TE}', \quad \underline{2}: \underline{E}' \rightarrow +\underline{TE}', \quad \underline{3}: \underline{E}' \rightarrow \varepsilon, \quad \underline{4}: \underline{T} \rightarrow \underline{FT}' \quad$
 $\quad \underline{5}: \underline{T}' \rightarrow *\underline{FT}', \quad \underline{6}: \underline{T}' \rightarrow \varepsilon, \quad \underline{7}: \underline{F} \rightarrow (\underline{E}), \quad \underline{8}: \underline{F} \rightarrow \underline{i} \}$

Množiny <i>Empty</i> & <i>First</i> pro všechna $X \in N$:	$Empty(\underline{E})$	$:= \emptyset$	$First(\underline{E})$	$:= \{\underline{i}, (\}$
	$Empty(\underline{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$First(\underline{E}')$	$:= \{+\}$
	$Empty(\underline{T})$	$:= \emptyset$	$First(\underline{T})$	$:= \{\underline{i}, (\}$
	$Empty(\underline{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$First(\underline{T}')$	$:= \{*\}$
	$Empty(\underline{F})$	$:= \emptyset$	$First(\underline{F})$	$:= \{\underline{i}, (\}$

Určeme: $First(\underline{E}'\underline{T}'\underline{FET})$

1) $First(\underline{E}'\underline{T}'\underline{FET}) := First(\underline{E}') = \{+\}$

2) $First(\underline{E}'\underline{T}'\underline{FET})$: přidej $First(\underline{T}') = \{*\}$ do $First(\underline{E}'\underline{T}'\underline{FET})$

$Empty(\underline{E}') = \{\varepsilon\}$

3) $First(\underline{E}'\underline{T}'\underline{FET})$: přidej $First(\underline{F}) = \{\underline{i}, (\}$ do $First(\underline{E}'\underline{T}'\underline{FET})$

$Empty(\underline{E}') = Empty(\underline{T}') = \{\varepsilon\}$

Celkově: $First(\underline{E}'\underline{T}'\underline{FET}) = \{+, *, \underline{i}, (\}$

Algoritmus: $Empty(X_1X_2\dots X_n)$

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$; $Empty(X)$ pro všechna $X \in N \cup T$;
 $x = X_1X_2\dots X_n$, kde $x \in (N \cup T)^+$
- **Výstup:** $Empty(X_1X_2\dots X_n)$

• Metoda:

- if $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \dots, n$ then
 $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \{\varepsilon\}$
else
 $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \emptyset$

! Pozn.: $Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

Ilustrace:

$X_1X_2\dots X_n$

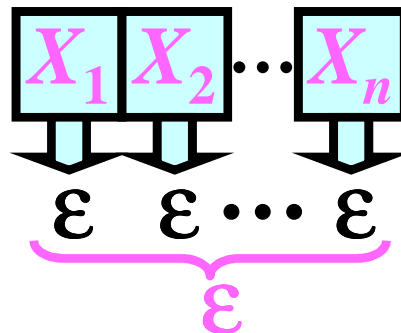
Algoritmus: $Empty(X_1X_2\dots X_n)$

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$; $Empty(X)$ pro všechna $X \in N \cup T$;
 $x = X_1X_2\dots X_n$, kde $x \in (N \cup T)^+$
- **Výstup:** $Empty(X_1X_2\dots X_n)$

- **Metoda:**
- if $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \dots, n$ then
 $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \{\varepsilon\}$
else
 $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \emptyset$

! Pozn.: $Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

Ilustrace:



Algoritmus: $Empty(X_1X_2\dots X_n)$

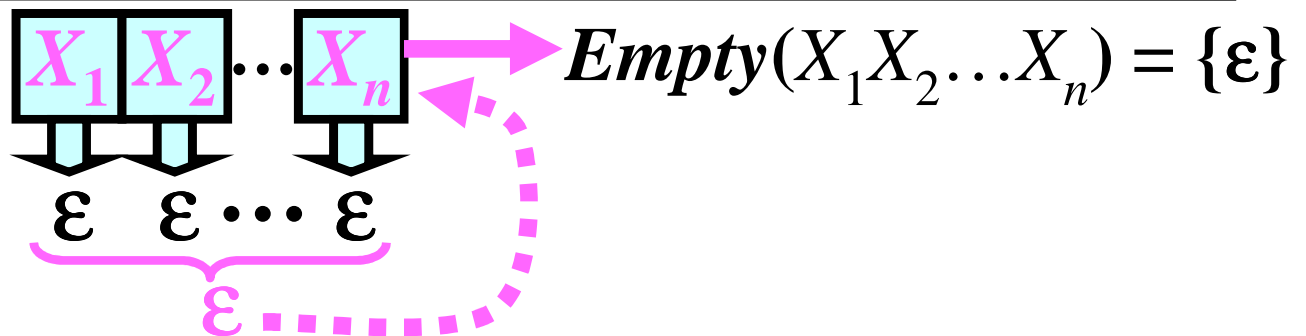
- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$; $Empty(X)$ pro všechna $X \in N \cup T$;
 $x = X_1X_2\dots X_n$, kde $x \in (N \cup T)^+$
- **Výstup:** $Empty(X_1X_2\dots X_n)$

- **Metoda:**

- if $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \dots, n$ then
 $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \{\varepsilon\}$
else
 $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \emptyset$

! Pozn.: $Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

Ilustrace:



$Empty(X_1 X_2 \dots X_n)$: Příklad

$G_{expr3} = (N, T, P, \mathbf{E})$, kde: $N = \{\mathbf{E}, \mathbf{F}, \mathbf{T}\}$, $T = \{\mathbf{i}, +, *, (,)\}$,

$P = \{ \quad \mathbf{1}: \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}', \quad \mathbf{2}: \mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}', \quad \mathbf{3}: \mathbf{E}' \rightarrow \varepsilon, \quad \mathbf{4}: \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}\mathbf{T}'$
 $\mathbf{5}: \mathbf{T}' \rightarrow *\mathbf{F}\mathbf{T}', \quad \mathbf{6}: \mathbf{T}' \rightarrow \varepsilon, \quad \mathbf{7}: \mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}), \quad \mathbf{8}: \mathbf{F} \rightarrow \mathbf{i} \}$

Množina <i>Empty</i> pro všechna $X \in N$:	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$
	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$
	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

Určeme: $Empty(\mathbf{E}'\mathbf{T}')$

$Empty(\mathbf{E}') = Empty(\mathbf{T}') = \{\varepsilon\}$, tedy $Empty(\mathbf{E}'\mathbf{T}') = \{\varepsilon\}$

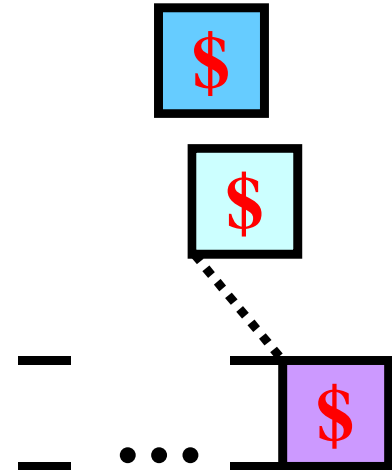
Množina *Follow*

Myšlenka: *Follow*(*A*) je množina všech terminálů, které se mohou vyskytovat vpravo od *A* ve větné formě.

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro všechna $A \in N$ definujeme množinu *Follow*(*A*):

$$\text{Follow}(A) = \{a: a \in T, S \Rightarrow^* xAy, x, y \in (N \cup T)^*\} \\ \cup \{\$: S \Rightarrow^* xA, x \in (N \cup T)^*\}$$

Ilustrace:



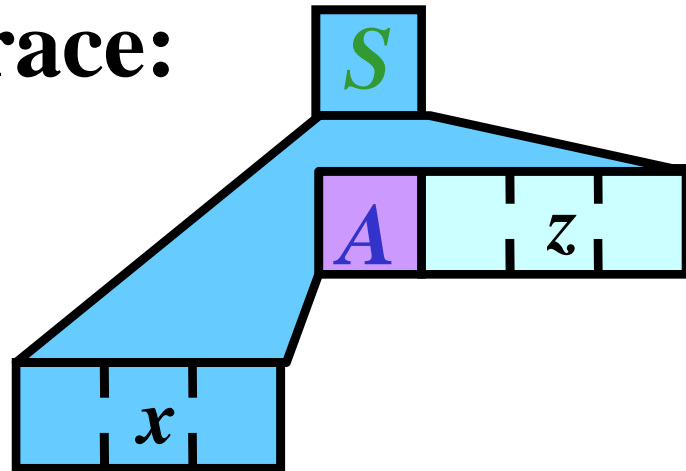
Množina *Follow*

Myšlenka: $Follow(A)$ je množina všech terminálů, které se mohou vyskytovat vpravo od A ve větné formě.

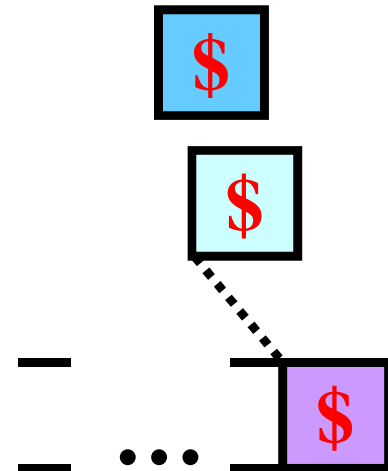
Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro všechna $A \in N$ definujeme množinu $Follow(A)$:

$$Follow(A) = \{a: a \in T, S \Rightarrow^* xAay, x, y \in (N \cup T)^*\} \\ \cup \{\$, S \Rightarrow^* xA, x \in (N \cup T)^*\}$$

Ilustrace:



$S \Rightarrow^* xAz$



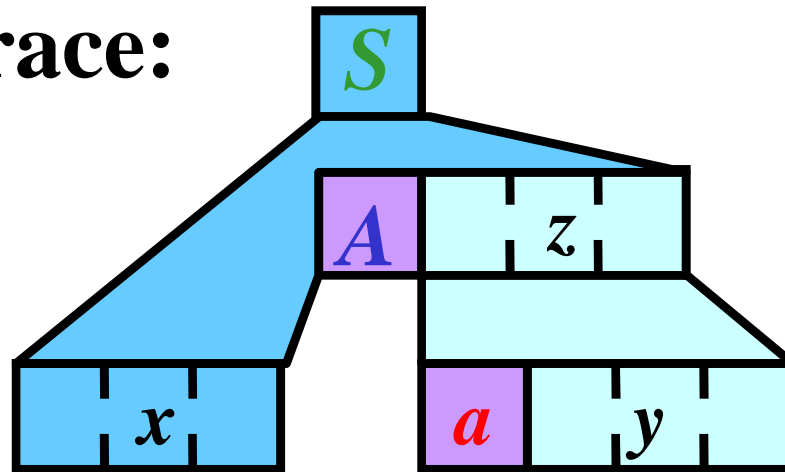
Množina *Follow*

Myšlenka: $Follow(A)$ je množina všech terminálů, které se mohou vyskytovat vpravo od A ve větné formě.

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro všechna $A \in N$ definujeme množinu $Follow(A)$:

$$Follow(A) = \{a: a \in T, S \Rightarrow^* xAay, x, y \in (N \cup T)^*\} \cup \{\$, S \Rightarrow^* xA, x \in (N \cup T)^*\}$$

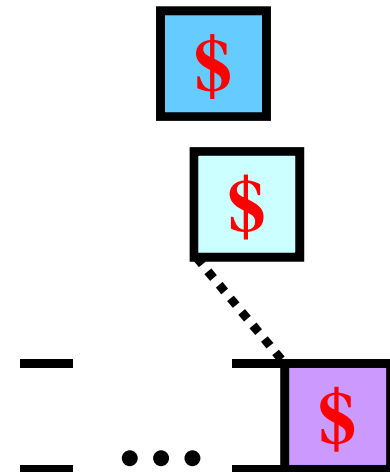
Ilustrace:



$$S \Rightarrow^* xAz \Rightarrow^* xAay$$

$$\downarrow$$

$$a \in Follow(A)$$



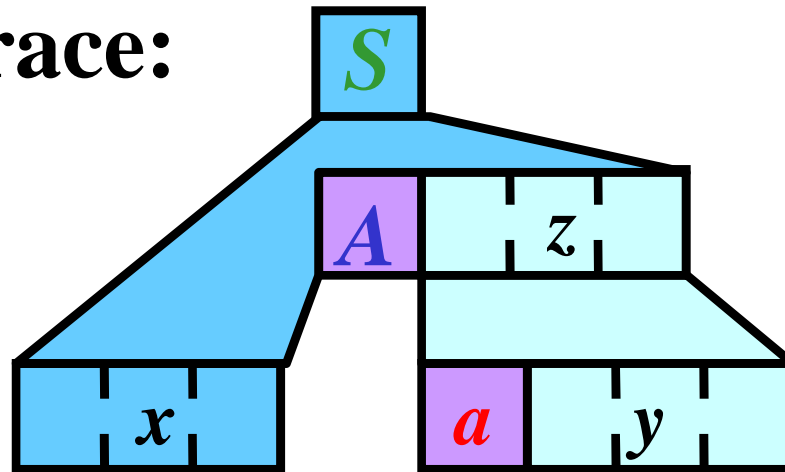
Množina *Follow*

Myšlenka: $Follow(A)$ je množina všech terminálů, které se mohou vyskytovat vpravo od A ve větné formě.

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro všechna $A \in N$ definujeme množinu $Follow(A)$:

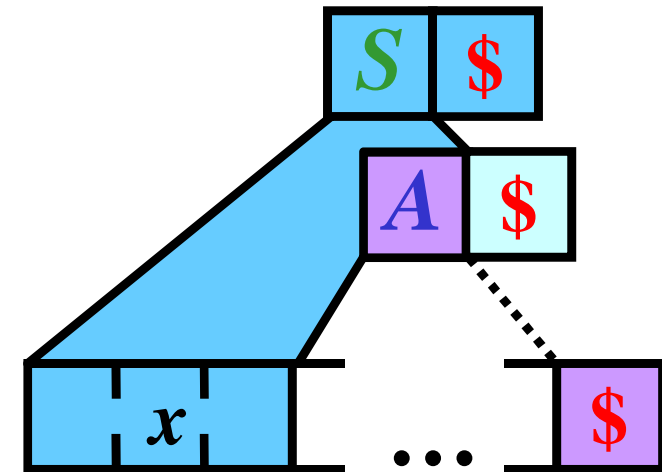
$$Follow(A) = \{a: a \in T, S \Rightarrow^* xAay, x, y \in (N \cup T)^*\} \\ \cup \{\$: S \Rightarrow^* xA, x \in (N \cup T)^*\}$$

Ilustrace:



$$S \Rightarrow^* xAz \Rightarrow^* xAay$$

$a \in Follow(A)$



$$S \Rightarrow^* xA$$

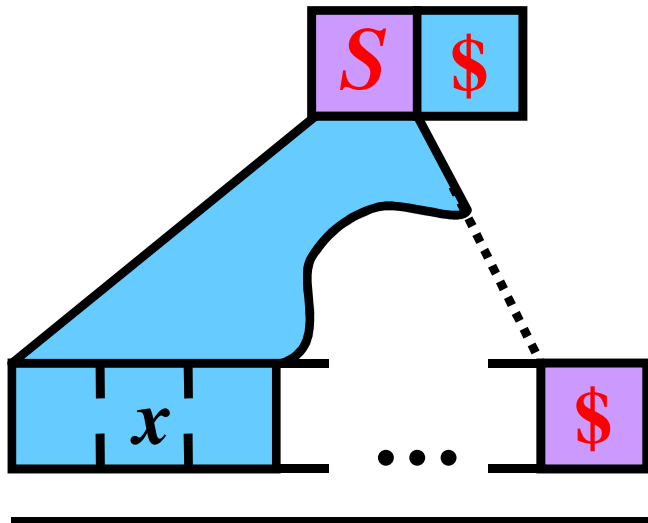
$\$ \in Follow(A)$

Algoritmus: *Follow*(*A*)

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$;
 - **Výstup:** $Follow(A)$ pro každé $A \in N$
-
- **Metoda:**
 - $Follow(S) := \{\$ \}$;
 - Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu $Follow$:
 - if $A \rightarrow xBy \in P$ then
 - if $y \neq \varepsilon$ then
přidej všechny symboly z $First(y)$ do $Follow(B)$;
 - if $Empty(y) = \{\varepsilon\}$ then
přidej všechny symboly z $Follow(A)$ do $Follow(B)$;

Předchozí algoritmus: Ilustrace

1) $Follow(\textcolor{red}{S}) := \{\textcolor{red}{\$}\}$

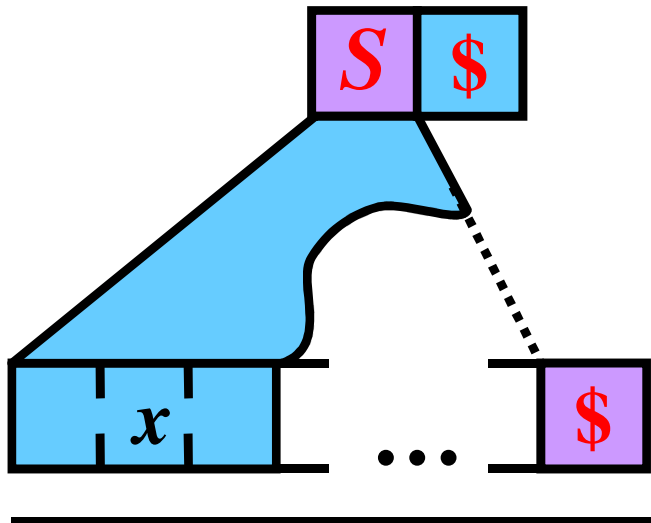


2) Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

- if $\textcolor{red}{A} \rightarrow x\textcolor{blue}{B}\textcolor{violet}{y} \in P$ then

Předchozí algoritmus: Ilustrace

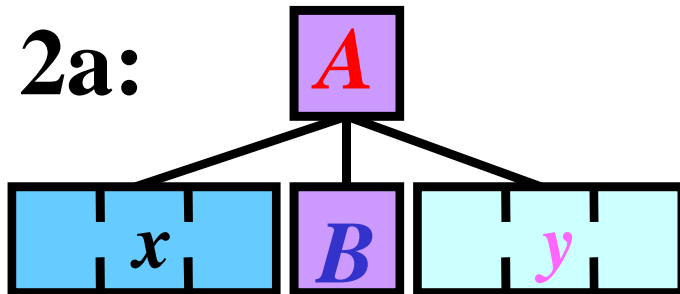
1) $Follow(\textcolor{red}{S}) := \{\textcolor{red}{\$}\}$



2) Použijte následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

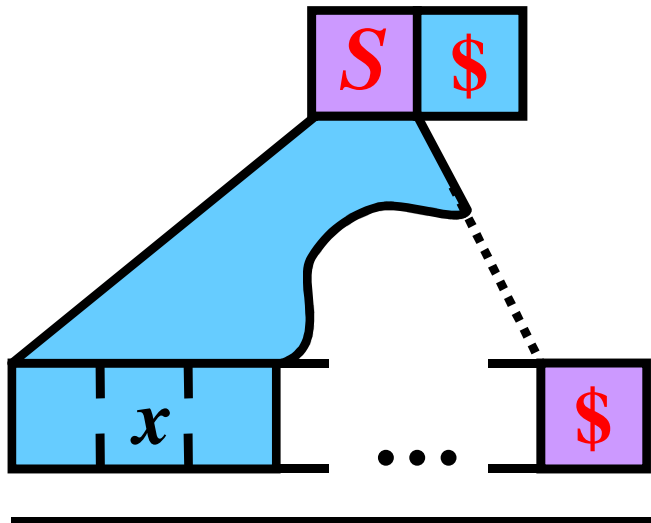
- if $\textcolor{red}{A} \rightarrow x\textcolor{blue}{B}y \in P$ then
 2a) if $y \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(y)$ do $Follow(\textcolor{blue}{B})$

2a:



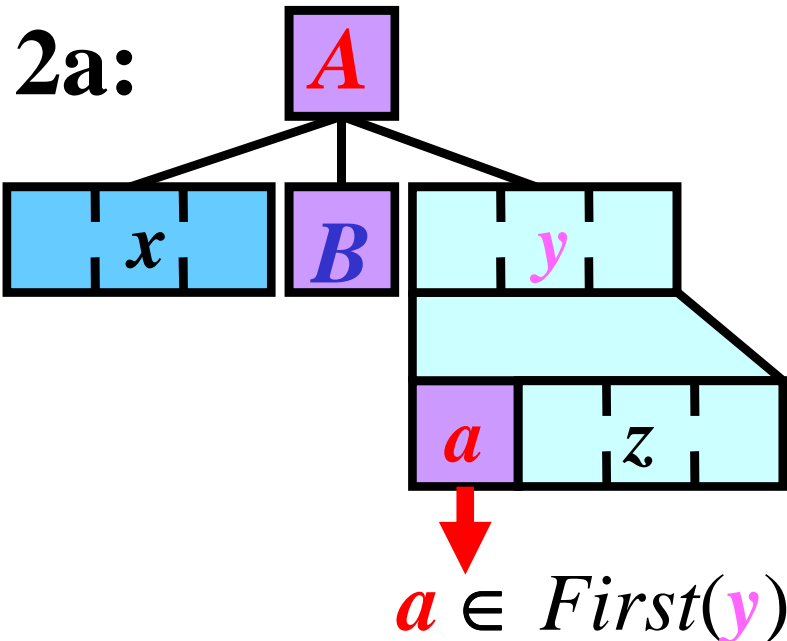
Předchozí algoritmus: Ilustrace

1) $Follow(S) := \{\$ \}$



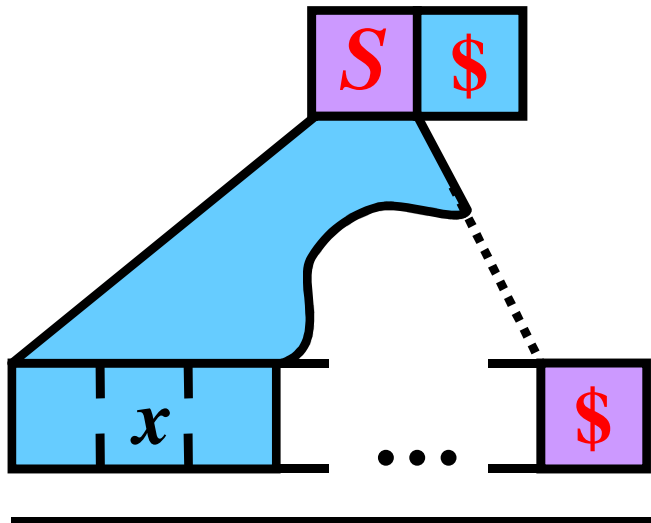
2) Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit $Follow$:

- if $A \rightarrow xBy \in P$ then
 2a) if $y \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(y)$ do $Follow(B)$



Předchozí algoritmus: Ilustrace

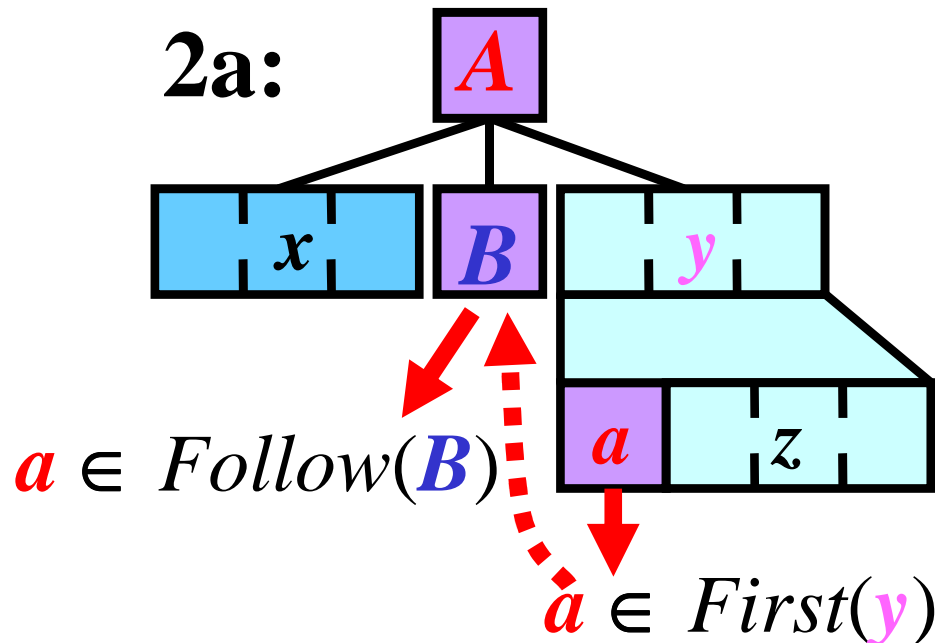
1) $Follow(\mathbf{S}) := \{\mathbf{\$}\}$



2) Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

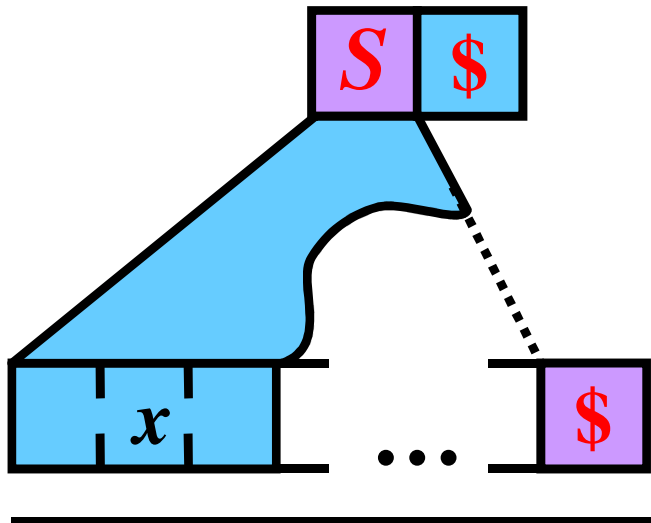
- if $\underline{A} \rightarrow xBy \in P$ then
 2a) if $y \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(y)$ do $Follow(B)$

2a:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

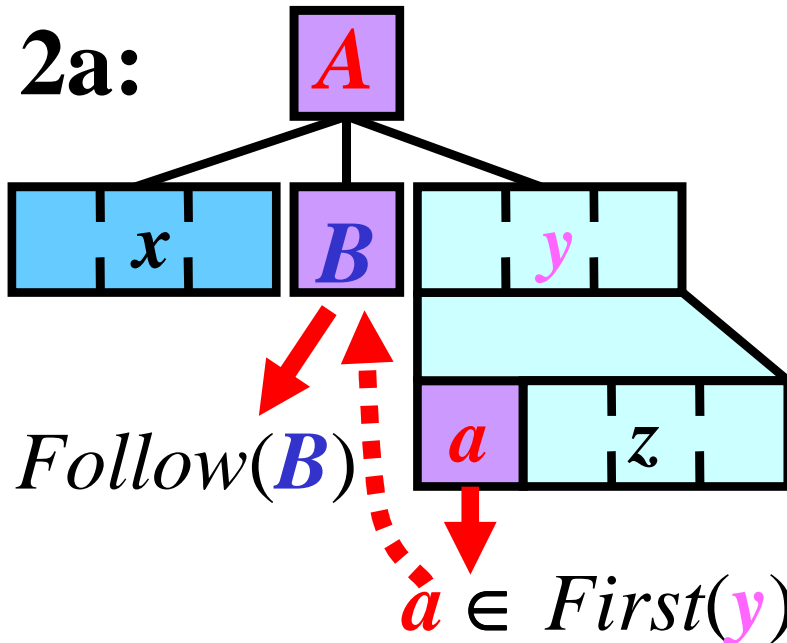
1) $Follow(\mathbf{S}) := \{\mathbf{\$}\}$



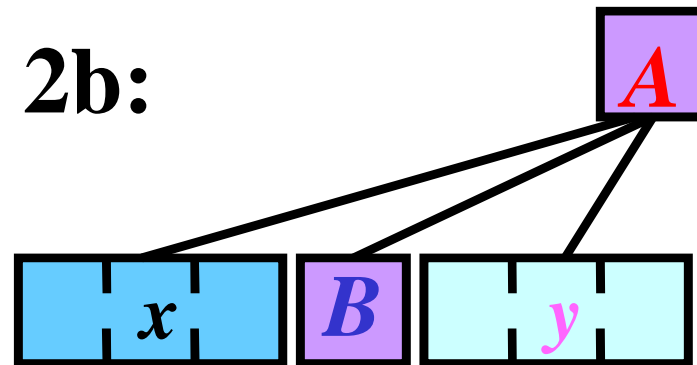
2) Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit $Follow$:

- if $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{xBy} \in P$ then
 - 2a) if $\mathbf{y} \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(\mathbf{y})$ do $Follow(\mathbf{B})$
 - 2b) if $Empty(\mathbf{y}) = \{\epsilon\}$ then přidej všechny symboly z $Follow(\mathbf{A})$ do $Follow(\mathbf{B})$

2a:

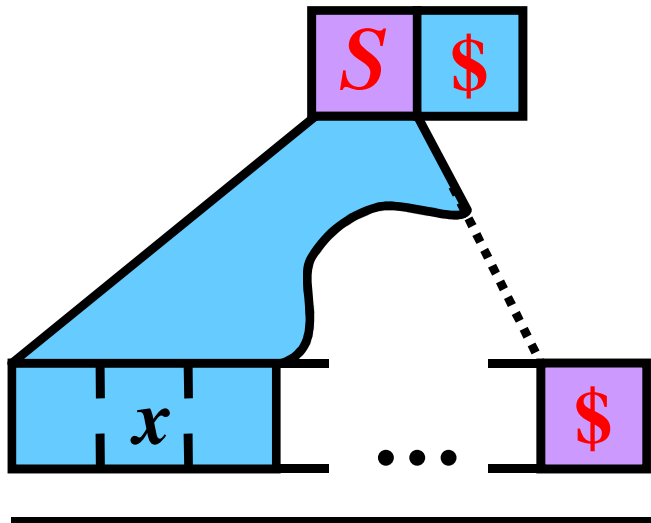


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

1) $Follow(\mathbf{S}) := \{\mathbf{\$}\}$



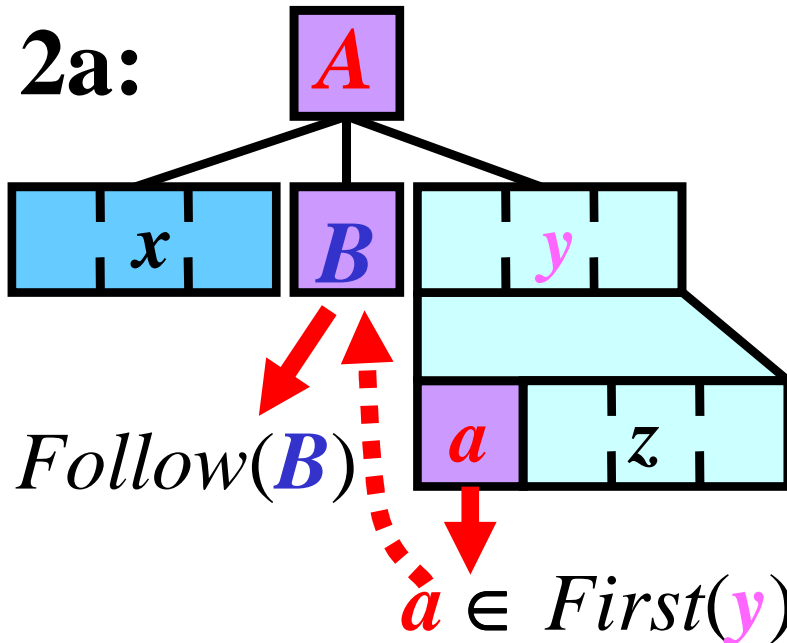
2) Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit $Follow$:

• if $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{xBy} \in P$ then

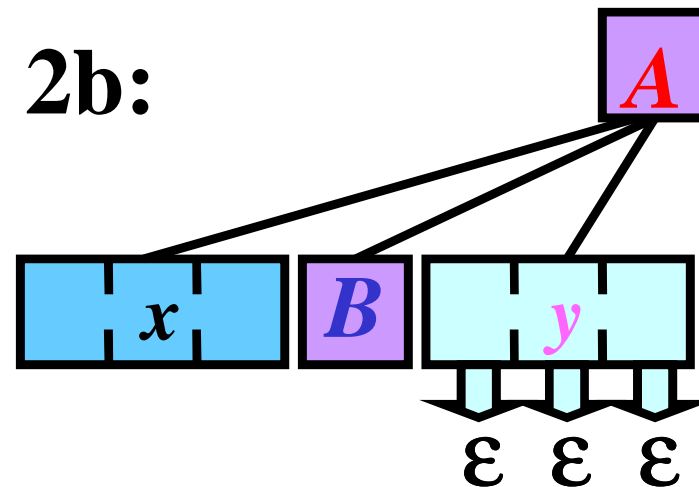
2a) if $\mathbf{y} \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(\mathbf{y})$ do $Follow(\mathbf{B})$

2b) if $Empty(\mathbf{y}) = \{\epsilon\}$ then přidej všechny symboly z $Follow(\mathbf{A})$ do $Follow(\mathbf{B})$

2a:

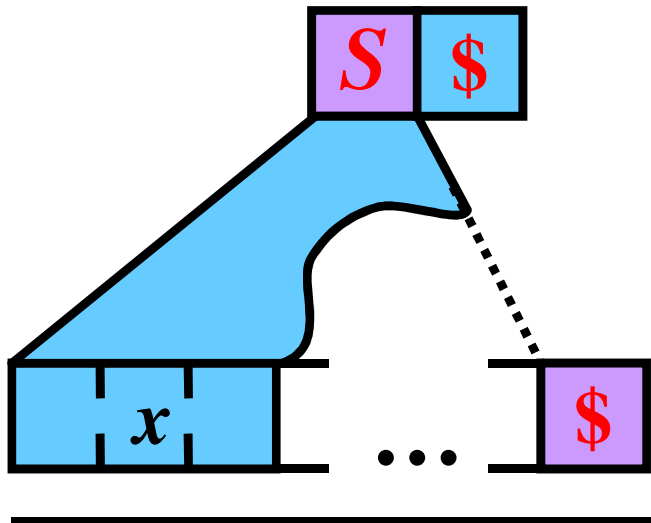


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

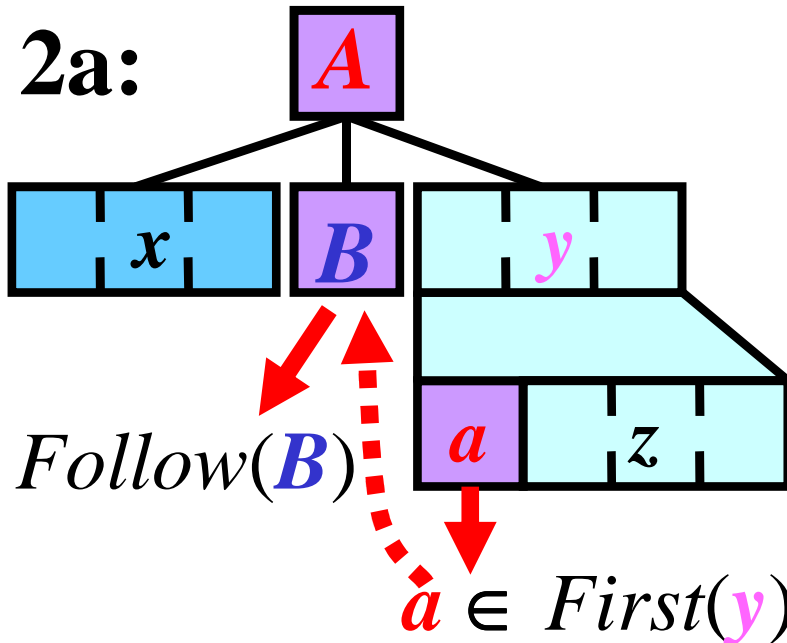
1) $Follow(\mathbf{S}) := \{\mathbf{\$}\}$



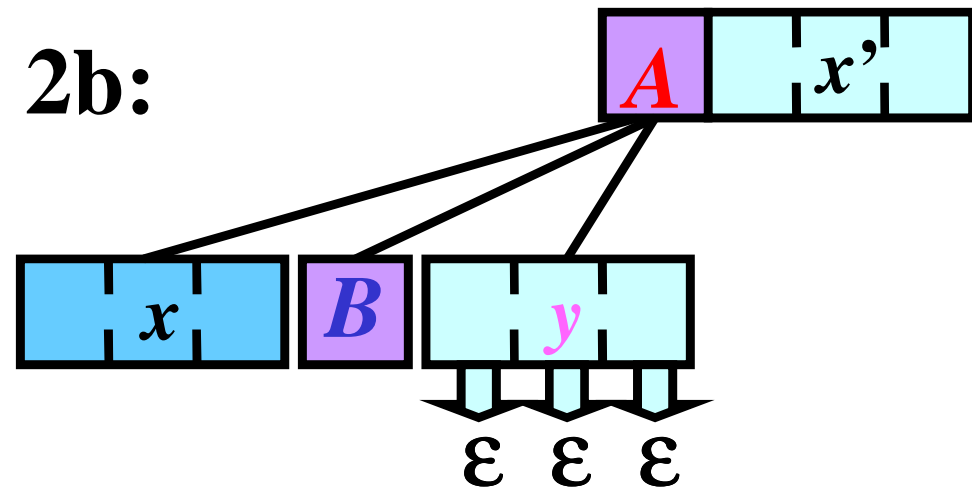
2) Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit $Follow$:

- if $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{xBy} \in P$ then
 - if $\mathbf{y} \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(\mathbf{y})$ do $Follow(\mathbf{B})$
 - if $Empty(\mathbf{y}) = \{\epsilon\}$ then přidej všechny symboly z $Follow(\mathbf{A})$ do $Follow(\mathbf{B})$

2a:

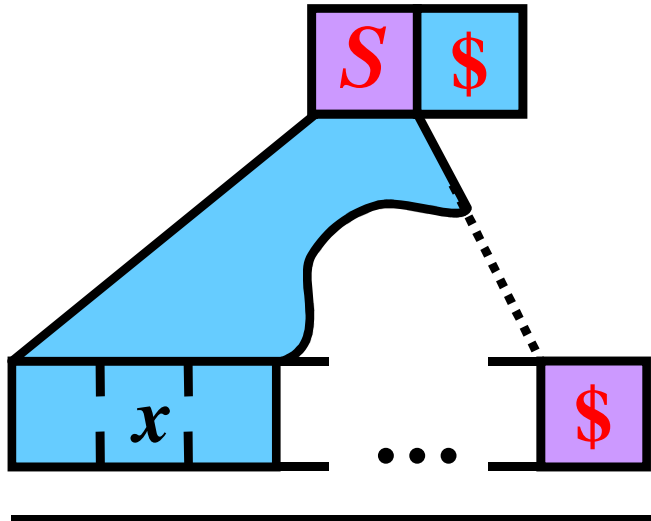


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

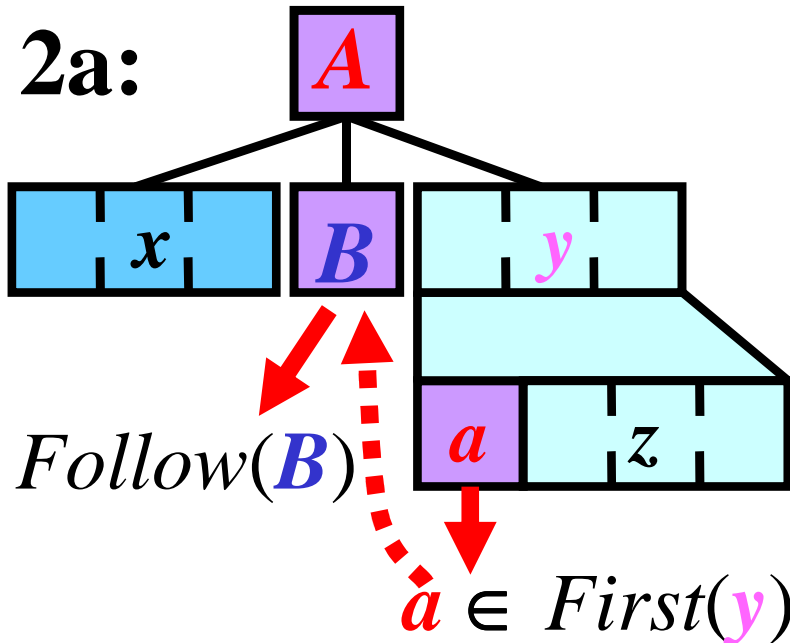
1) $Follow(\mathbf{S}) := \{\mathbf{\$}\}$



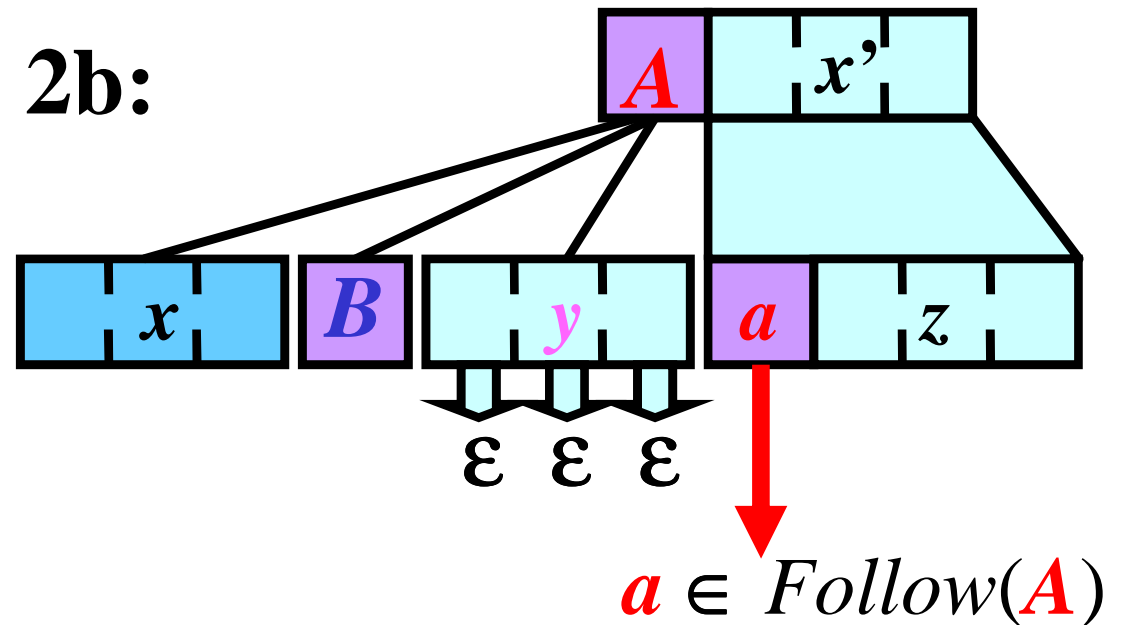
2) Použijte následující pravidlo, dokud bude možné měnit $Follow$:

- if $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{xBy} \in P$ then
 - 2a) if $\mathbf{y} \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(\mathbf{y})$ do $Follow(\mathbf{B})$
 - 2b) if $Empty(\mathbf{y}) = \{\epsilon\}$ then přidej všechny symboly z $Follow(\mathbf{A})$ do $Follow(\mathbf{B})$

2a:

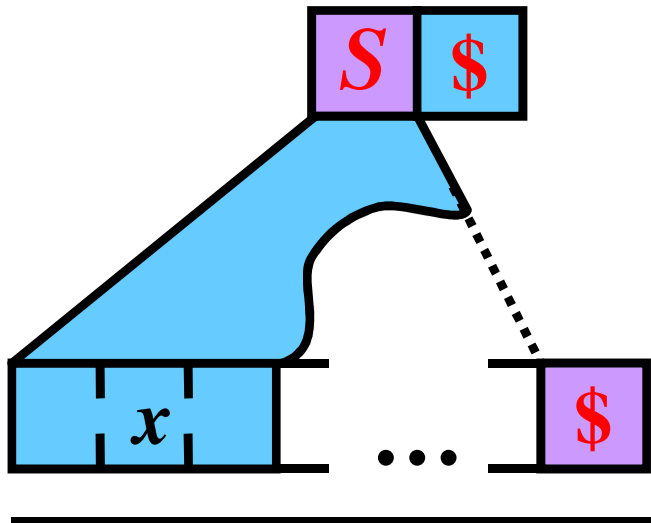


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

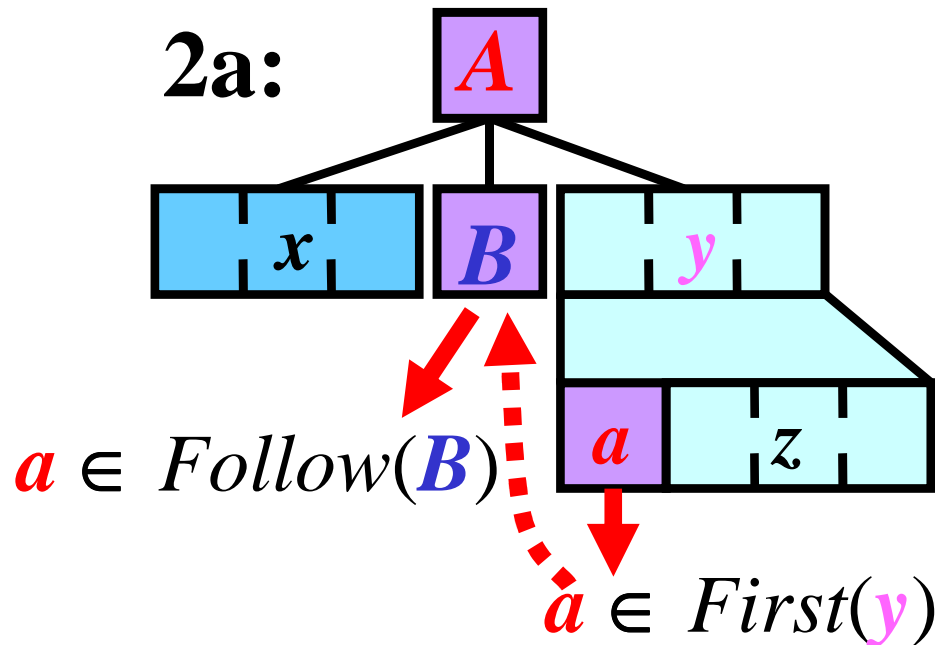
1) $Follow(\mathbf{S}) := \{\mathbf{\$}\}$



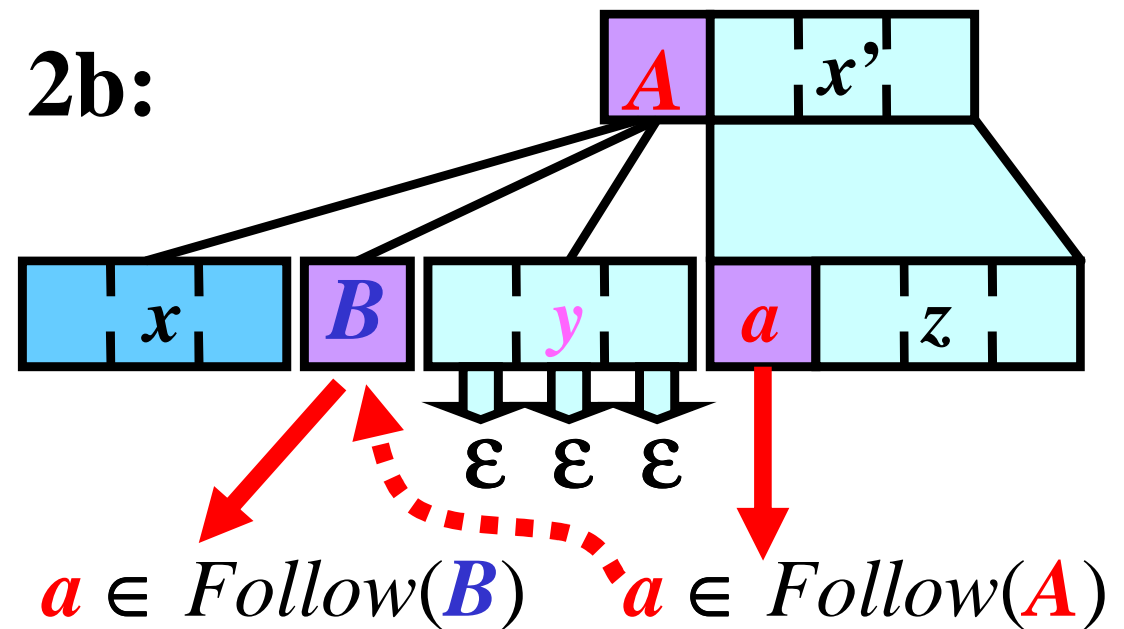
2) Použij následující pravidlo, dokud bude možné měnit $Follow$:

- if $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{xBy} \in P$ then
 - 2a) if $\mathbf{y} \neq \epsilon$ then přidej všechny symboly z $First(\mathbf{y})$ do $Follow(\mathbf{B})$
 - 2b) if $Empty(\mathbf{y}) = \{\epsilon\}$ then přidej všechny symboly z $Follow(\mathbf{A})$ do $Follow(\mathbf{B})$

2a:



2b:



Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 1/3


$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\mathbf{\$}\}$

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\mathbf{\$}\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$:

 $\neq \varepsilon$

Follow(*X*) pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \emptyset$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \emptyset$
$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \emptyset$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \emptyset$
$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\mathbf{\$}\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$:
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \varepsilon}$
 přidej $First() = \{)\}$ do $Follow(\mathbf{E})$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\mathbf{\$}\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$:
 $\neq \varepsilon$ přidej $First()) = \{)\}$ do $Follow(\mathbf{E})$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\mathbf{\$}, \mathbf{)}\}$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\underbrace{\mathbf{E}}_{\neq \varepsilon}) \in P$: přidej $First() = \{) \}$ do $Follow(\mathbf{E})$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$

2) $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T} \underbrace{\mathbf{E}'}_{\varepsilon} \in P$:
 $\varepsilon: Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\$, \}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$: přidej $First() = \{)\}$ do $Follow(\mathbf{E})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \epsilon}$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\$, \}$

2) $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$, \}$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\epsilon: Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}}$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$: přidej $First() = \{) \}$ do $Follow(\mathbf{E})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \epsilon}$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$

2) $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\epsilon: Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$:
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \epsilon}$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{i, ($	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\$, \)$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$: přidej $First() = \{)\}$ do $Follow(\mathbf{E})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \epsilon}$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\$, \)$

2) $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$, \)$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\epsilon: Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $First(\mathbf{E}') = \{+\}$ do $Follow(\mathbf{T})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \epsilon}$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \emptyset$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \emptyset$
$First(\mathbf{T}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \emptyset$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \emptyset$
$First(\mathbf{F}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$: přidej $First() = \{)\}$ do $Follow(\mathbf{E})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \epsilon}$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$

2) $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\epsilon: Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $First(\mathbf{E}') = \{+\}$ do $Follow(\mathbf{T})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \epsilon}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$:
 $Empty(\mathbf{E}') = \{\epsilon\}$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \emptyset$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \emptyset$
$First(\mathbf{T}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \emptyset$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \emptyset$
$First(\mathbf{F}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$: přidej $First() = \{)\}$ do $Follow(\mathbf{E})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \varepsilon}$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$

2) $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\varepsilon: Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $First(\mathbf{E}') = \{+\}$ do $Follow(\mathbf{T})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \varepsilon}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{T})$
 $Empty(\mathbf{E}') = \{\varepsilon\}$

$Follow(X)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/3

$First(\mathbf{E}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \emptyset$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \emptyset$
$First(\mathbf{T}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \emptyset$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \emptyset$
$First(\mathbf{F}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \emptyset$

0) $Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$

1) $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}) \in P$: přidej $First() = \{)\}$ do $Follow(\mathbf{E})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \varepsilon}$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$

2) $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\varepsilon: Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $First(\mathbf{E}') = \{+\}$ do $Follow(\mathbf{T})$
 $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\neq \varepsilon}$

$\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}) = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{T})$
 $Empty(\mathbf{E}') = \{\varepsilon\}$

Celkově: $Follow(\mathbf{E}') = \{\$,)\}$, $Follow(\mathbf{T}) = \{+, \$,)\}$

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 2/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \{+, \mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \emptyset$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 2/3

$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \emptyset$
$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \emptyset$

3) $\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}') = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 $\quad \quad \quad \epsilon: Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}$

$\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $First(\mathbf{E}') = \{+\}$ do $Follow(\mathbf{T})$

$\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}') = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{T})$

$Empty(\mathbf{E}') = \{\epsilon\}$

Celkově: Nic nezměněno

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 2/3

$First(\mathbf{E}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \emptyset$
$First(\mathbf{F}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \emptyset$

3) $\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}') = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{E}')$
 ε : $Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

$\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}' \in P$: přidej $First(\mathbf{E}') = \{+\}$ do $Follow(\mathbf{T})$

$\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}' \neq \varepsilon \in P$: přidej $Follow(\mathbf{E}') = \{\$,)\}$ do $Follow(\mathbf{T})$
 $Empty(\mathbf{E}') = \{\varepsilon\}$

Celkově: Nic nezměněno

4) $\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}\mathbf{T}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{T}) = \{+, \$,)\}$ do $Follow(\mathbf{T}')$
 ε : $Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

$\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}\mathbf{T}' \in P$: přidej $First(\mathbf{T}') = \{*\}$ do $Follow(\mathbf{F})$

$\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}\mathbf{T}' \neq \varepsilon \in P$: přidej $Follow(\mathbf{T}) = \{+, \$,)\}$ do $Follow(\mathbf{F})$
 $Empty(\mathbf{T}') = \{\varepsilon\}$

Celkově: $Follow(\mathbf{T}') = \{+, \$,)\}$, $Follow(\mathbf{F}) = \{*, +, \$,)\}$

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 3/3

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \{+, \mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \{+, \mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \{*, +, \mathbf{\$,)}\}$

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 3/3

$First(\mathbf{E}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

- 5) $\mathbf{T}' \rightarrow *F\mathbf{T}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{T}') = \{+, \$,)\}$ do $Follow(\mathbf{T}')$
 ε : $Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$
- $\mathbf{T}' \rightarrow *F\mathbf{T}' \in P$: přidej $First(\mathbf{T}') = \{*\}$ do $Follow(\mathbf{F})$
- $\mathbf{T}' \rightarrow *F\mathbf{T}'^{\neq \varepsilon} \in P$: přidej $Follow(\mathbf{T}') = \{+, \$,)\}$ do $Follow(\mathbf{F})$
 $Empty(\mathbf{T}') = \{\varepsilon\}$

Konec: Žádná množina *Follow* nemůže být změněna.

Follow(X) pro G_{expr3} : Příklad 3/3

$First(\mathbf{E}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F}) := \{i, ($	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

5) $\mathbf{T}' \rightarrow *F\mathbf{T}' \in P$: přidej $Follow(\mathbf{T}') = \{+, \$,)\}$ do $Follow(\mathbf{T}')$
 ε : $Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

$\mathbf{T}' \rightarrow *F\mathbf{T}' \in P$: přidej $First(\mathbf{T}') = \{*\}$ do $Follow(\mathbf{F})$

$\mathbf{T}' \rightarrow *F\mathbf{T}'^{\neq \varepsilon} \in P$: přidej $Follow(\mathbf{T}') = \{+, \$,)\}$ do $Follow(\mathbf{F})$
 $Empty(\mathbf{T}') = \{\varepsilon\}$

Konec: Žádná množina *Follow* nemůže být změněna.

Celkově:

$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

Množina *Predict*

Myšlenka: $Predict(A \rightarrow x)$ je množina všech terminálů, které mohou být aktuálně nejlevěji vygenerovány, pokud pro libovolnou větnou formu použijeme pravidlo $A \rightarrow x$.

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro každé $A \rightarrow x \in P$ definujeme množinu $Predict(A \rightarrow x)$ jako:

- pokud $Empty(x) = \{\varepsilon\}$ potom:
$$Predict(A \rightarrow x) = First(x) \cup Follow(A)$$
- jinak pokud $Empty(x) = \emptyset$ potom:
$$Predict(A \rightarrow x) = First(x)$$

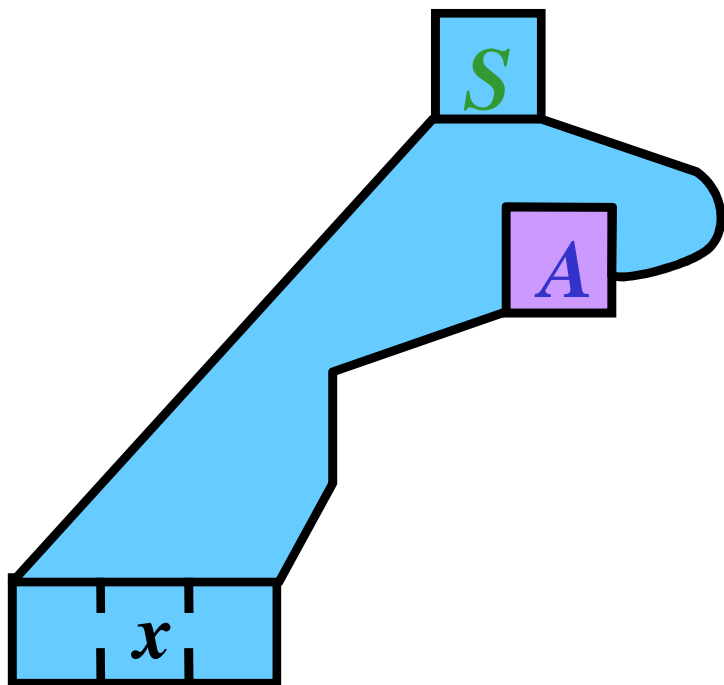
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$$Empty(\textcolor{red}{X}_1\textcolor{red}{X}_2...\textcolor{red}{X}_n) = \emptyset \text{ vs. } Empty(\textcolor{red}{X}_1\textcolor{red}{X}_2...\textcolor{red}{X}_n) = \{\varepsilon\}$$

⋮

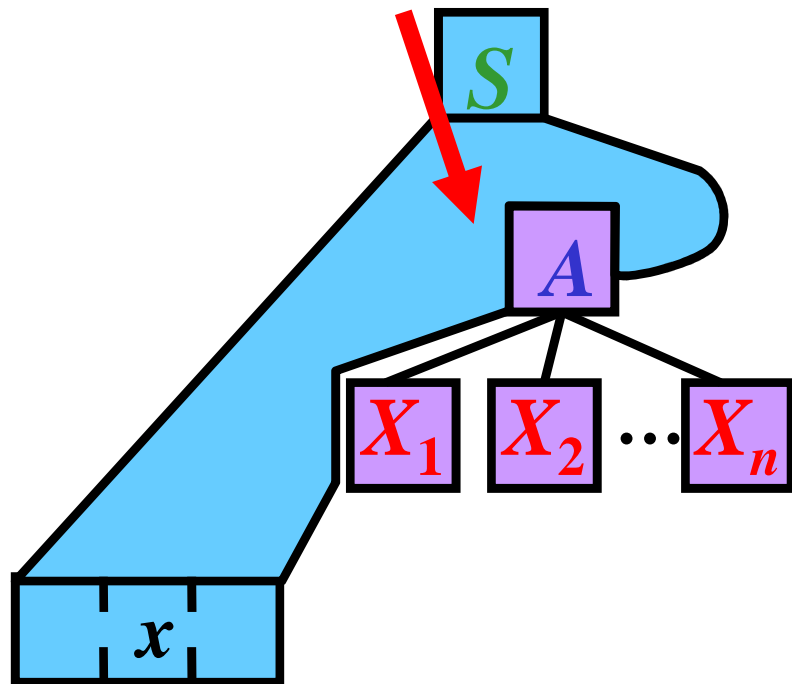
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$Empty(\textcolor{red}{X}_1\textcolor{red}{X}_2...\textcolor{red}{X}_n) = \emptyset$ vs. $Empty(\textcolor{red}{X}_1\textcolor{red}{X}_2...\textcolor{red}{X}_n) = \{\varepsilon\}$



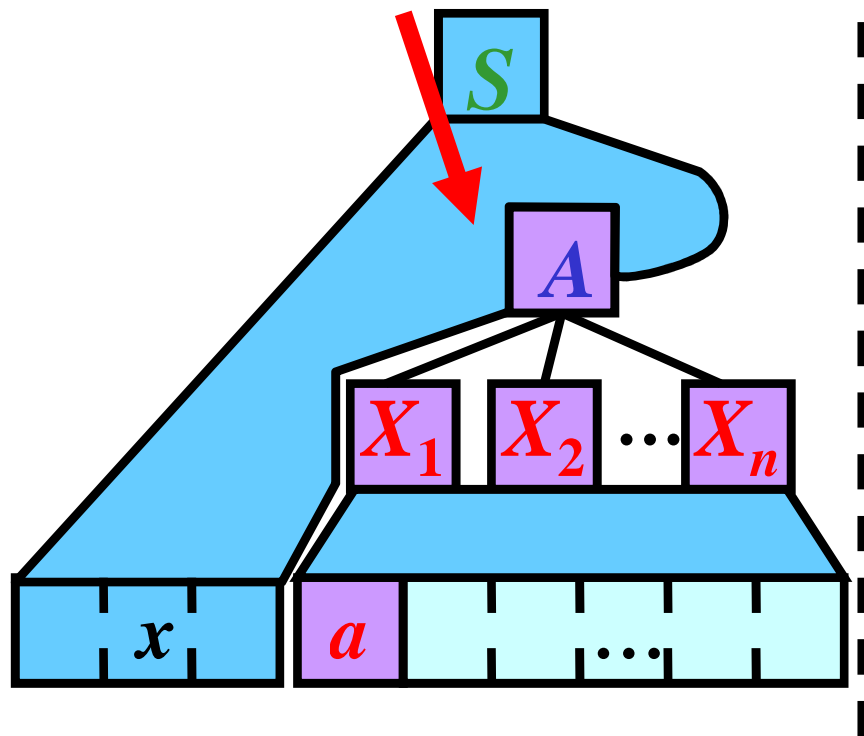
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$\underbrace{Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \emptyset}_{\text{red brace}} \text{ vs. } Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \{\epsilon\}$



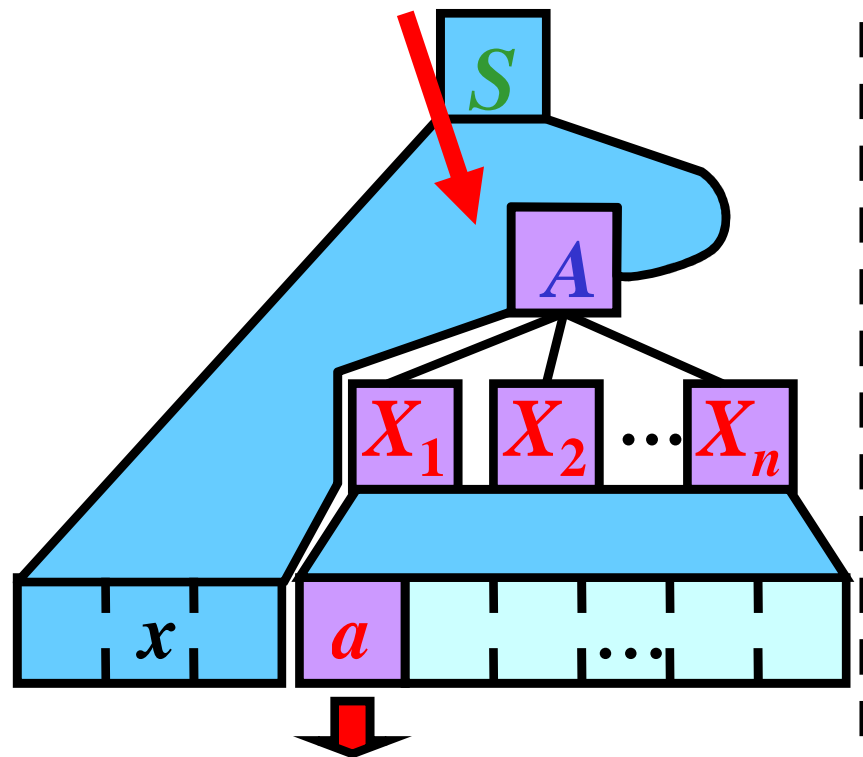
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$\underbrace{Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \emptyset}_{\text{red brace}} \text{ vs. } Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \{\epsilon\}$



Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

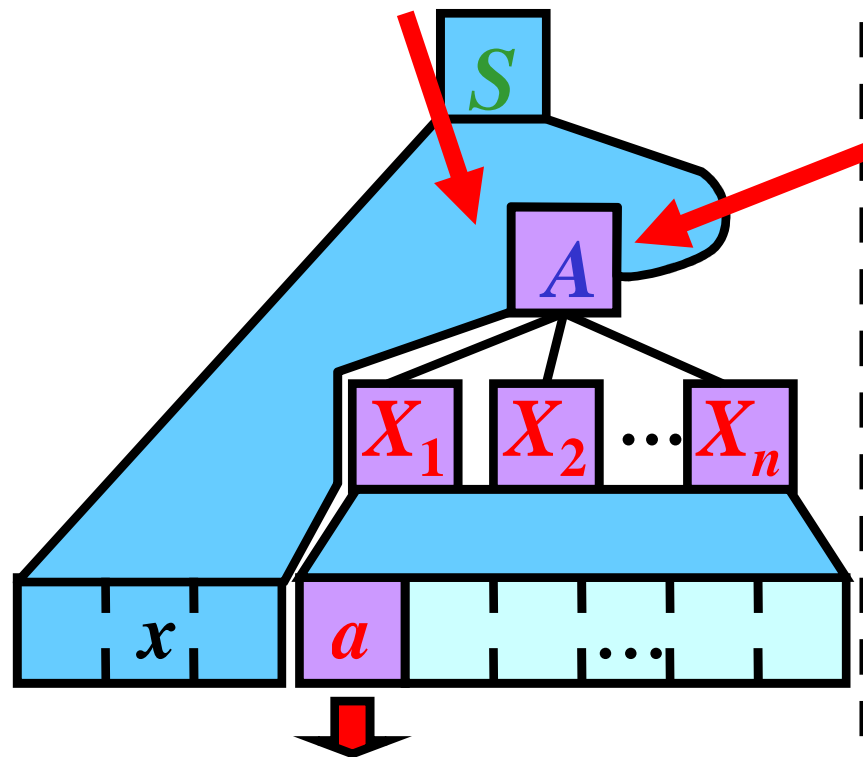
$\underbrace{Empty(X_1X_2...X_n) = \emptyset}_{\text{left}} \text{ vs. } Empty(X_1X_2...X_n) = \{\epsilon\}$



$a \in First(X_1X_2...X_n)$

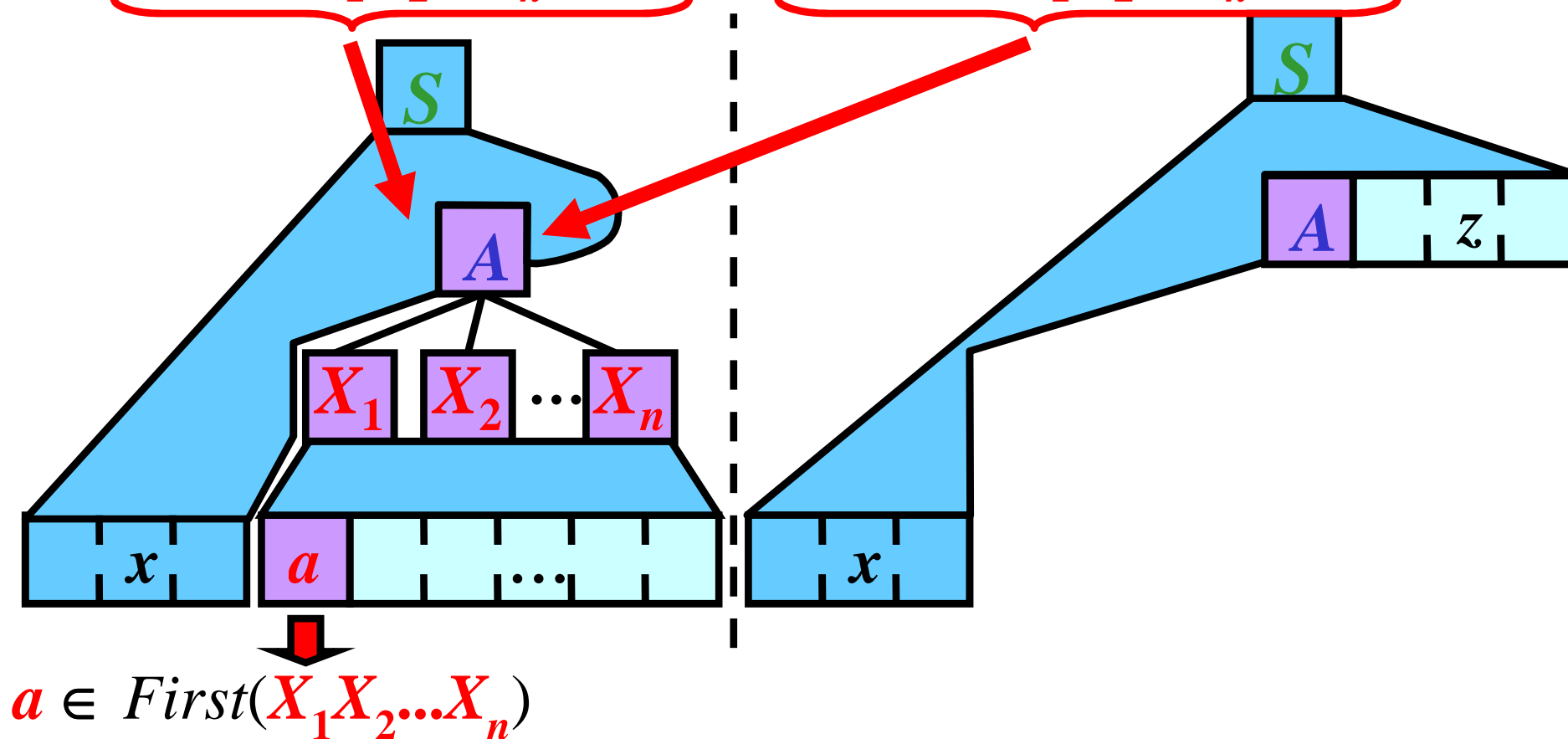
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$\underbrace{Empty(X_1X_2...X_n) = \emptyset}_{\text{left}} \text{ vs. } \underbrace{Empty(X_1X_2...X_n) = \{\epsilon\}}_{\text{right}}$



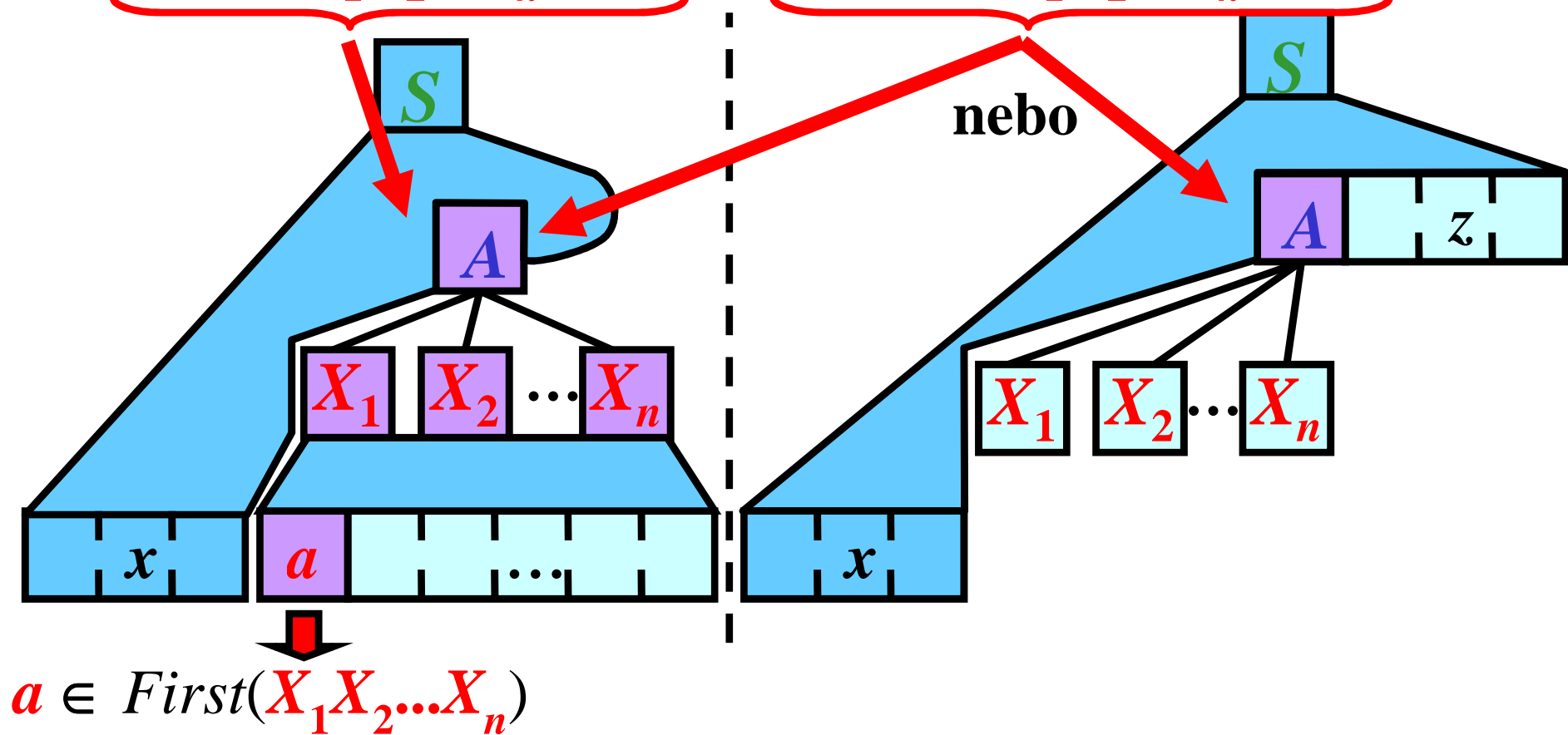
$a \in First(X_1X_2...X_n)$

Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$$Empty(\mathbf{X}_1\mathbf{X}_2...\mathbf{X}_n) = \emptyset \text{ vs. } Empty(\mathbf{X}_1\mathbf{X}_2...\mathbf{X}_n) = \{\varepsilon\}$$


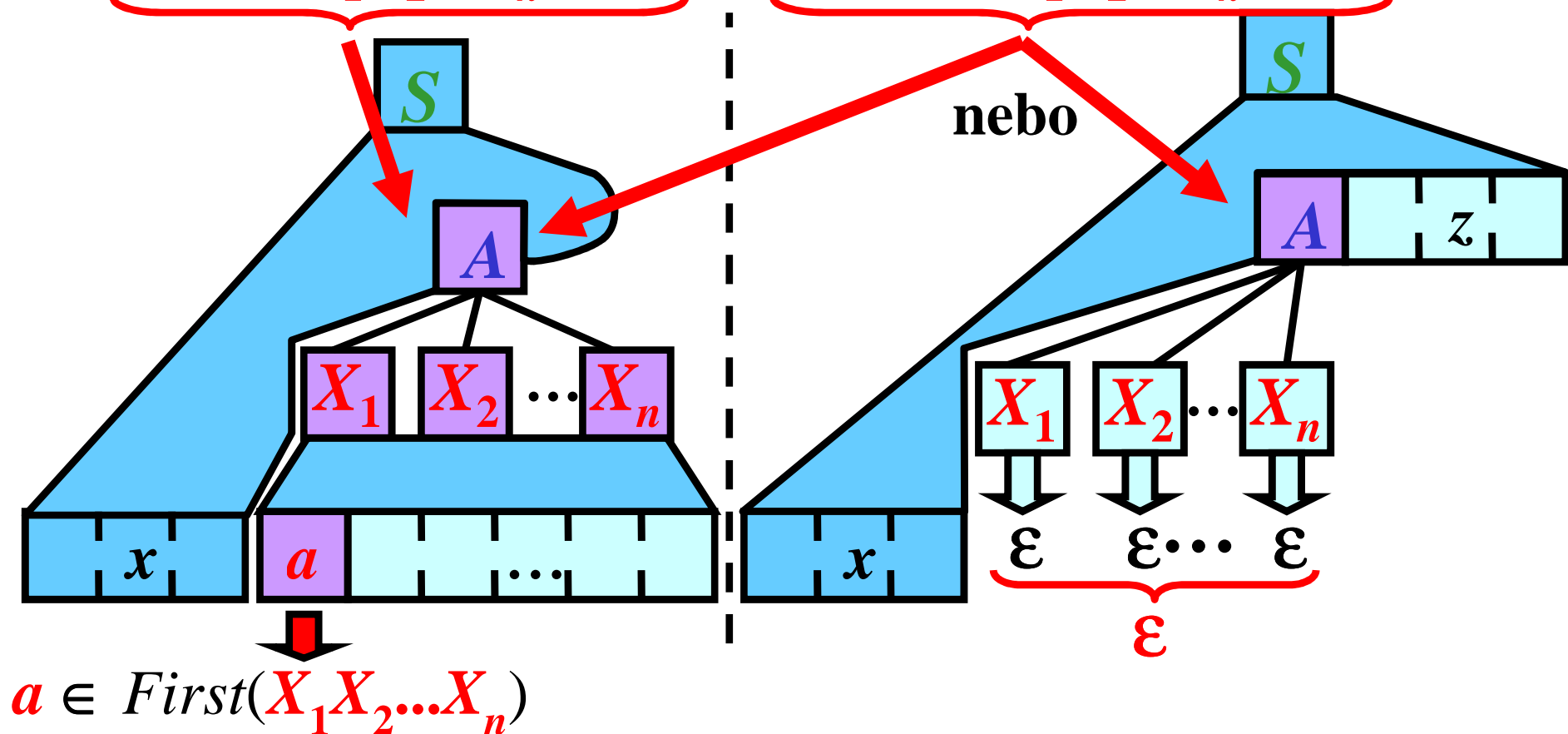
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$\underbrace{Empty(X_1X_2...X_n) = \emptyset}_{\text{left}} \text{ vs. } \underbrace{Empty(X_1X_2...X_n) = \{\epsilon\}}_{\text{right}}$



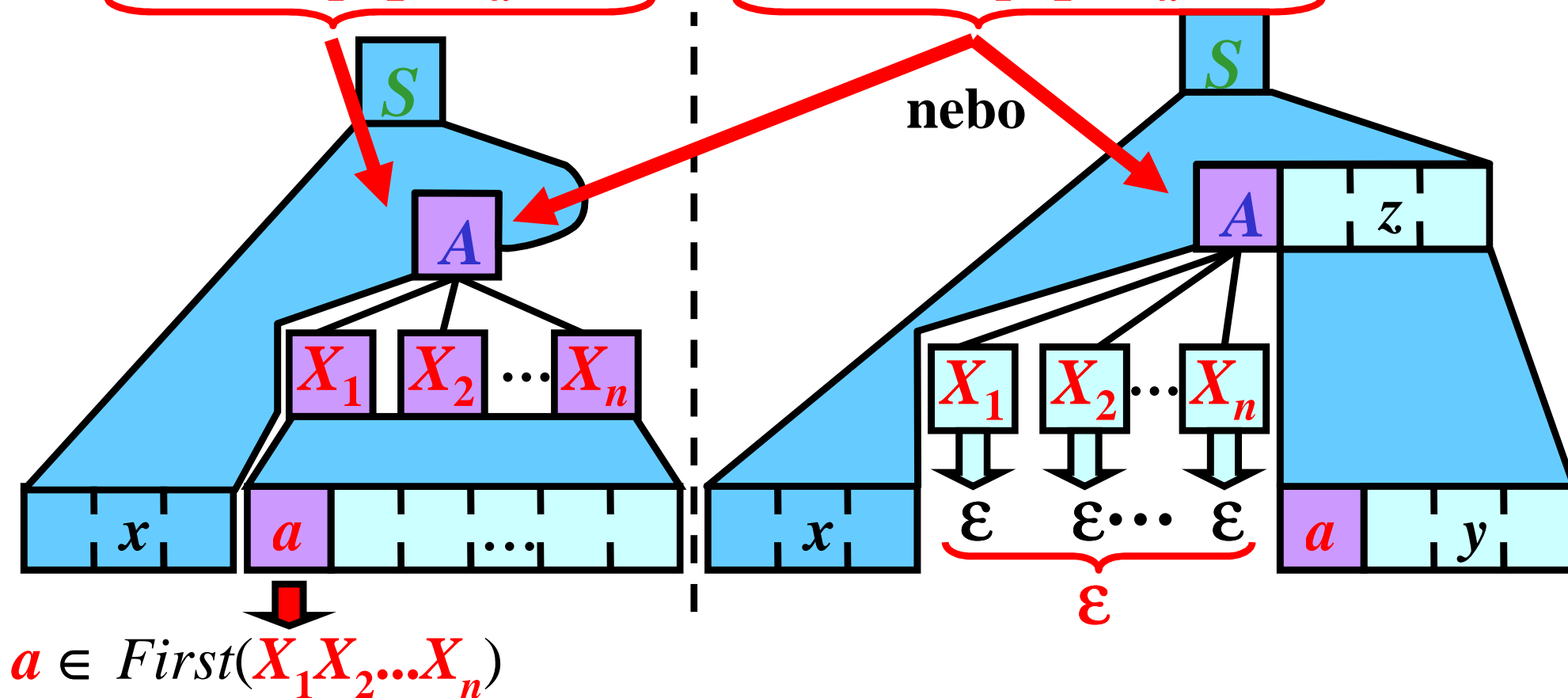
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \emptyset$ vs. $Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \{\epsilon\}$

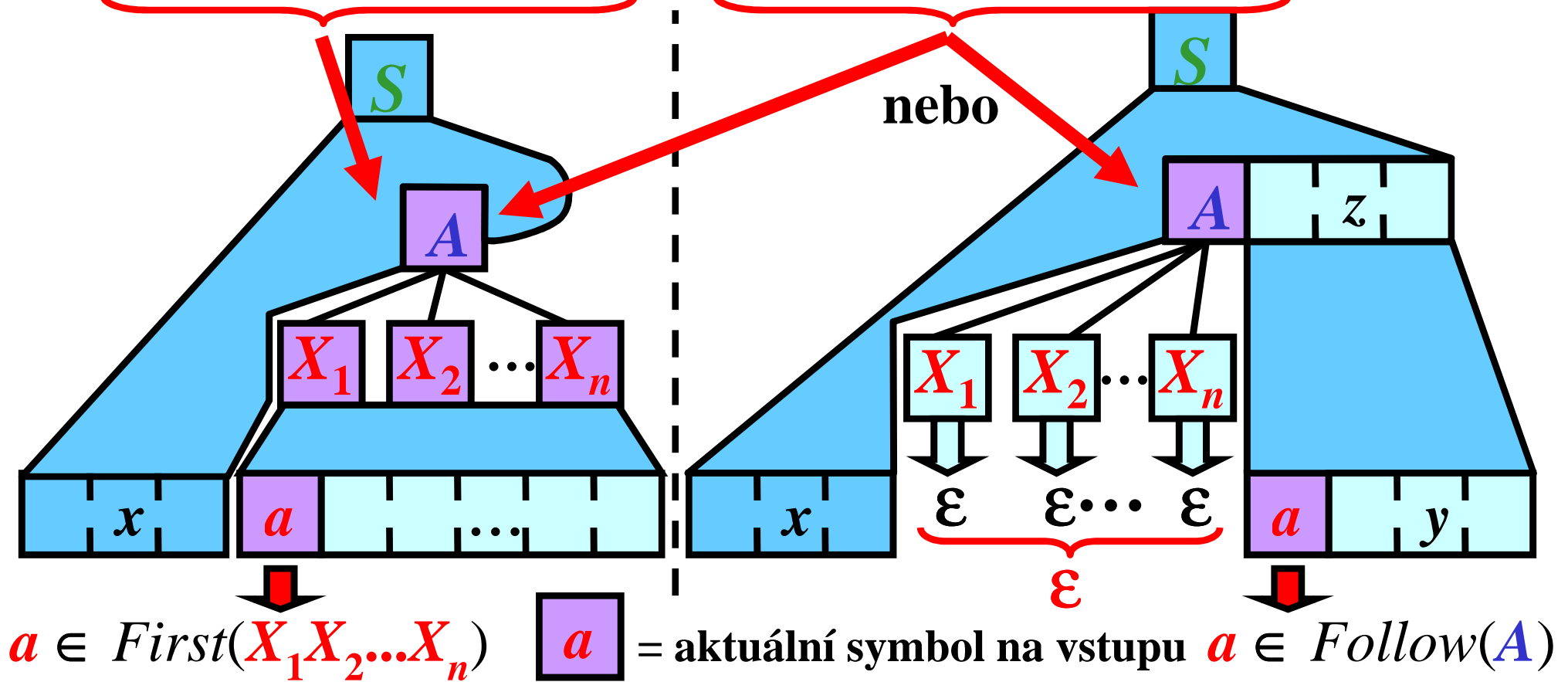


Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \emptyset$ vs. $Empty(\mathbf{X_1X_2...X_n}) = \{\epsilon\}$

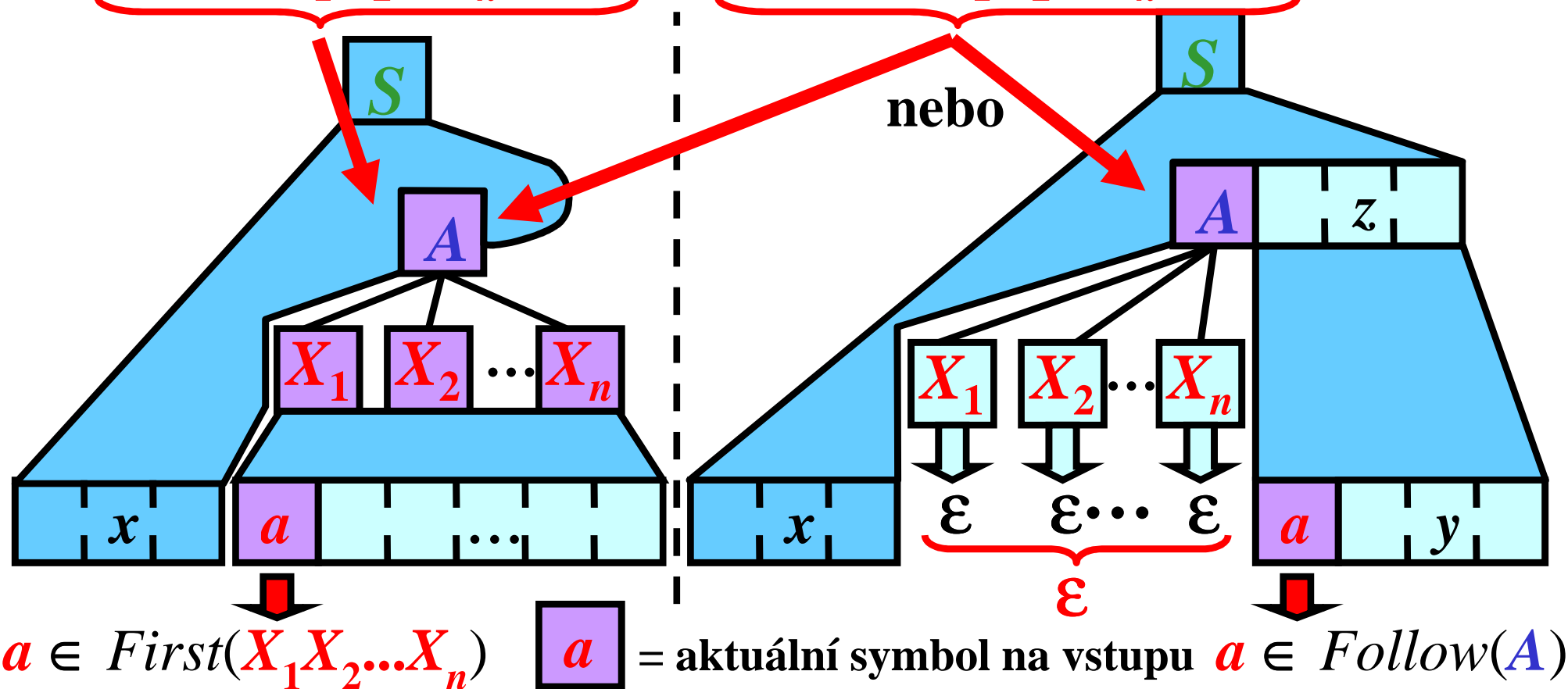


Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$$Empty(\mathbf{X}_1\mathbf{X}_2\ldots\mathbf{X}_n) = \emptyset \text{ vs. } Empty(\mathbf{X}_1\mathbf{X}_2\ldots\mathbf{X}_n) = \{\varepsilon\}$$


Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

$Empty(X_1X_2...X_n) = \emptyset$ vs. $Empty(X_1X_2...X_n) = \{\epsilon\}$



Celkově: if $Empty(X_1X_2...X_n) = \{\epsilon\}$ then

$Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n) = First(X_1X_2...X_n) \cup Follow(A);$

else $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n) = First(X_1X_2...X_n)$

Predict($A \rightarrow x$) pro G_{expr3} : Příklad 1/2

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \{+, \mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \{+, \mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \{*, +, \mathbf{\$,)}\}$

$Predict(A \rightarrow x)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/2

$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

1: $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}'$

$Empty(\mathbf{T}\mathbf{E}') = \emptyset$, protože $Empty(\mathbf{T}) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{1}) := First(\mathbf{T}\mathbf{E}') = First(\mathbf{T}) = \{\mathbf{i}, (\}$

$Predict(A \rightarrow x)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/2

$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

1: $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}'$

$Empty(\mathbf{T}\mathbf{E}') = \emptyset$, protože $Empty(\mathbf{T}) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{1}) := First(\mathbf{T}\mathbf{E}') = First(\mathbf{T}) = \{\mathbf{i}, (\}$

2: $\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}'$

$Empty(+\mathbf{T}\mathbf{E}') = \emptyset$, protože $Empty(+) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{2}) := First(+\mathbf{T}\mathbf{E}') = First(+) = \{+\}$

$Predict(A \rightarrow x)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/2

$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

1: $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}\mathbf{E}'$

$Empty(\mathbf{T}\mathbf{E}') = \emptyset$, protože $Empty(\mathbf{T}) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{1}) := First(\mathbf{T}\mathbf{E}') = First(\mathbf{T}) = \{\mathbf{i}, (\}$

2: $\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{T}\mathbf{E}'$

$Empty(+\mathbf{T}\mathbf{E}') = \emptyset$, protože $Empty(+) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{2}) := First(+\mathbf{T}\mathbf{E}') = First(+) = \{+\}$

3: $\mathbf{E}' \rightarrow \varepsilon$

$Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$

$Predict(\mathbf{3}) := First(\varepsilon) \cup Follow(\mathbf{E}') = \emptyset \cup \{\$,)\} = \{\$,)\}$

$Predict(A \rightarrow x)$ pro G_{expr3} : Příklad 1/2

$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

1: $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{TE}'$

$Empty(\mathbf{TE}') = \emptyset$, protože $Empty(\mathbf{T}) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{1}) := First(\mathbf{TE}') = First(\mathbf{T}) = \{\mathbf{i}, (\}$

2: $\mathbf{E}' \rightarrow +\mathbf{TE}'$

$Empty(+\mathbf{TE}') = \emptyset$, protože $Empty(+) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{2}) := First(+\mathbf{TE}') = First(+) = \{+\}$

3: $\mathbf{E}' \rightarrow \epsilon$

$Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}$

$Predict(\mathbf{3}) := First(\epsilon) \cup Follow(\mathbf{E}') = \emptyset \cup \{\$,)\} = \{\$,)\}$

4: $\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{FT}'$

$Empty(\mathbf{FT}') = \emptyset$, protože $Empty(\mathbf{F}) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{4}) := First(\mathbf{FT}') = First(\mathbf{F}) = \{\mathbf{i}, (\}$

Predict($A \rightarrow x$) pro G_{expr3} : Příklad 2/2

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \{\mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \{+, \mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\varepsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \{+, \mathbf{\$,)}\}$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \{*, +, \mathbf{\$,)}\}$

Predict($A \rightarrow x$) pro G_{expr3} : Příklad 2/2

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \{*, +, \$,)\}$

5: $\mathbf{T}' \rightarrow * \mathbf{FT}'$

$Empty(* \mathbf{FT}')$ = \emptyset , protože $Empty(*)$ = \emptyset

$Predict(\mathbf{5}) := First(* \mathbf{FT}')$ = $First(*)$ = $\{*\}$

Predict($A \rightarrow x$) pro G_{expr3} : Příklad 2/2

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \{*, +, \$,)\}$

5: $\mathbf{T}' \rightarrow * \mathbf{FT}'$

$Empty(* \mathbf{FT}') = \emptyset$, protože $Empty(*) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{5}) := First(* \mathbf{FT}') = First(*) = \{*\}$

6: $\mathbf{T}' \rightarrow \epsilon$

$Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}$

$Predict(\mathbf{6}) := First(\epsilon) \cup Follow(\mathbf{T}') = \emptyset \cup \{+, \$,)\} = \{+, \$,)\}$

Predict($A \rightarrow x$) pro G_{expr3} : Příklad 2/2

$First(\mathbf{E})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{E})$	$:= \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}')$	$:= \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}')$	$:= \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{T})$	$:= \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}')$	$:= \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}')$	$:= \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}')$	$:= \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F})$	$:= \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F})$	$:= \emptyset$	$Follow(\mathbf{F})$	$:= \{*, +, \$,)\}$

5: $\mathbf{T}' \rightarrow * \mathbf{F} \mathbf{T}'$

$Empty(* \mathbf{F} \mathbf{T}') = \emptyset$, protože $Empty(*) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{5}) := First(* \mathbf{F} \mathbf{T}') = First(*) = \{*\}$

6: $\mathbf{T}' \rightarrow \epsilon$

$Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}$

$Predict(\mathbf{6}) := First(\epsilon) \cup Follow(\mathbf{T}') = \emptyset \cup \{+, \$,)\} = \{+, \$,)\}$

7: $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E})$

$Empty((\mathbf{E})) = \emptyset$, protože $Empty(()) = \emptyset$

$Predict(\mathbf{7}) := First((\mathbf{E})) = First(()) = \{()\}$

$Predict(A \rightarrow x)$ pro G_{expr3} : Příklad 2/2

$First(\mathbf{E}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{E}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{E}) := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{E}') := \{+\}$	$Empty(\mathbf{E}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{E}') := \{\$,)\}$
$First(\mathbf{T}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{T}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{T}) := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{T}') := \{*\}$	$Empty(\mathbf{T}') := \{\epsilon\}$	$Follow(\mathbf{T}') := \{+, \$,)\}$
$First(\mathbf{F}) := \{\mathbf{i}, (\}$	$Empty(\mathbf{F}) := \emptyset$	$Follow(\mathbf{F}) := \{*, +, \$,)\}$

5: $\mathbf{T}' \rightarrow * \mathbf{F} \mathbf{T}'$

$Empty(* \mathbf{F} \mathbf{T}') = \emptyset$, protože $Empty(*) = \emptyset$

$Predict(5) := First(* \mathbf{F} \mathbf{T}') = First(*) = \{*\}$

6: $\mathbf{T}' \rightarrow \epsilon$

$Empty(\epsilon) = \{\epsilon\}$

$Predict(6) := First(\epsilon) \cup Follow(\mathbf{T}') = \emptyset \cup \{+, \$,)\} = \{+, \$,)\}$

7: $\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E})$

$Empty((\mathbf{E})) = \emptyset$, protože $Empty(() = \emptyset$

$Predict(7) := First((\mathbf{E})) = First(() = \{()$

8: $\mathbf{F} \rightarrow \mathbf{i}$

$Empty(\mathbf{i}) = \emptyset$

$Predict(8) := First(\mathbf{i}) = \{\mathbf{i}\}$

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ pokud
 $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$; jinak
 $\alpha(A, a)$ je prázdné.

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ pokud $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr1}

	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E						
E'						
T						
T'						
F						

Pravidlo r	$\text{Predict}(r)$
1: $E \rightarrow TE'$	$\{i, ($
2: $E' \rightarrow +TE'$	$\{+\}$
3: $E' \rightarrow \varepsilon$	$\{\$,)\}$
4: $T \rightarrow FT'$	$\{i, ($
5: $T' \rightarrow *FT'$	$\{*\}$
6: $T' \rightarrow \varepsilon$	$\{+, \$,)\}$
7: $F \rightarrow (E)$	$\{($
8: $F \rightarrow i$	$\{i\}$

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ pokud $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr1}

	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1					
E'						
T						
T'						
F						

$i \in \text{Predict}(1)$

Pravidlo r	$\text{Predict}(r)$
1: $E \rightarrow TE'$	$\{i, ($
2: $E' \rightarrow +TE'$	$\{+\}$
3: $E' \rightarrow \varepsilon$	$\{\$,)\}$
4: $T \rightarrow FT'$	$\{i, ($
5: $T' \rightarrow *FT'$	$\{*\}$
6: $T' \rightarrow \varepsilon$	$\{+, \$,)\}$
7: $F \rightarrow (E)$	$\{($
8: $F \rightarrow i$	$\{i\}$

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ pokud $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr1}

	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1					
E'						
T	4					
T'						
F						

$i \in \text{Predict}(1)$

$i \in \text{Predict}(4)$

Pravidlo r	$\text{Predict}(r)$
1: $E \rightarrow TE'$	$\{i, ($
2: $E' \rightarrow +TE'$	$\{+\}$
3: $E' \rightarrow \varepsilon$	$\{\$,)\}$
4: $T \rightarrow FT'$	$\{i, ($
5: $T' \rightarrow *FT'$	$\{*\}$
6: $T' \rightarrow \varepsilon$	$\{+, \$,)\}$
7: $F \rightarrow (E)$	$\{($
8: $F \rightarrow i$	$\{i\}$

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ pokud $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr1}

	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1					
E'						
T	4					
T'						
F	8					

Pravidlo r	$\text{Predict}(r)$
1: $E \rightarrow TE'$	$\{i, ($
2: $E' \rightarrow +TE'$	$\{+\}$
3: $E' \rightarrow \varepsilon$	$\{\$,)\}$
4: $T \rightarrow FT'$	$\{i, ($
5: $T' \rightarrow *FT'$	$\{*\}$
6: $T' \rightarrow \varepsilon$	$\{+, \$,)\}$
7: $F \rightarrow (E)$	$\{($
8: $F \rightarrow i$	$\{i\}$

Konstrukce LL-tabulky

α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ pokud $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr1}

	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1					
E'						
T	4					
T'						
F	8					

Zbytek tabulky by se sestrojil analogicky.

Pravidlo r	$\text{Predict}(r)$
1: $E \rightarrow TE'$	$\{i, ($
2: $E' \rightarrow +TE'$	$\{+\}$
3: $E' \rightarrow \varepsilon$	$\{\$,)\}$
4: $T \rightarrow FT'$	$\{i, ($
5: $T' \rightarrow *FT'$	$\{*\}$
6: $T' \rightarrow \varepsilon$	$\{+, \$,)\}$
7: $F \rightarrow (E)$	$\{($
8: $F \rightarrow i$	$\{i\}$

SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})?$

E

i * *i* \$

SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

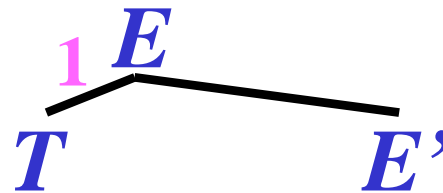
1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{\text{expr3}})$?



i * *i* \$

SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

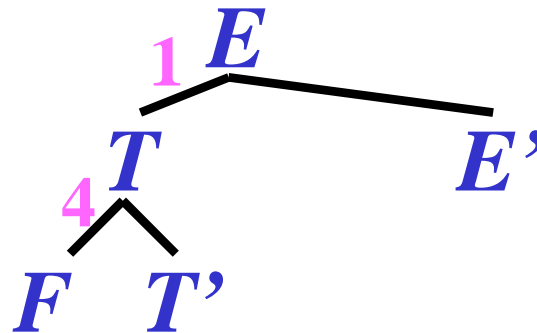
1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{\text{expr3}})$?



i * *i*



SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

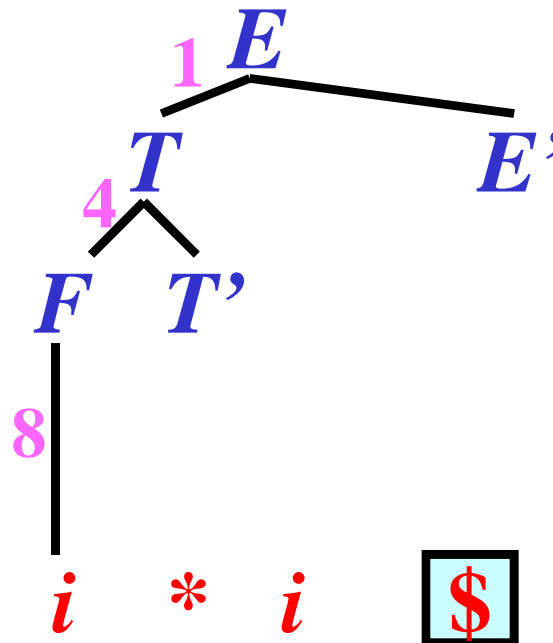
1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{\text{expr3}})$?



SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

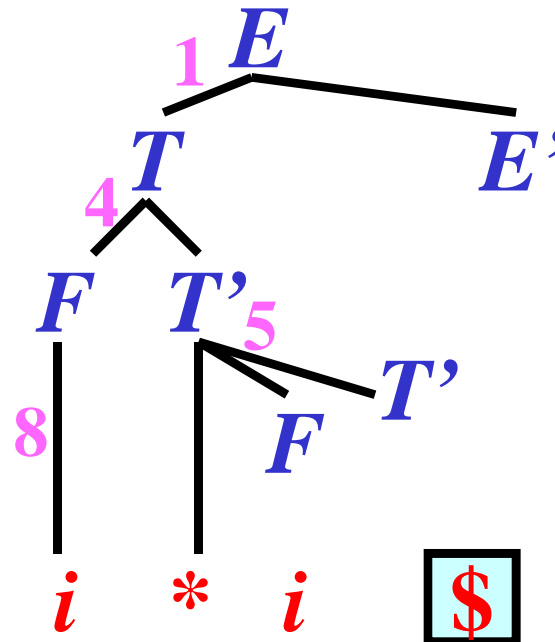
1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{\text{expr3}})$?



SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

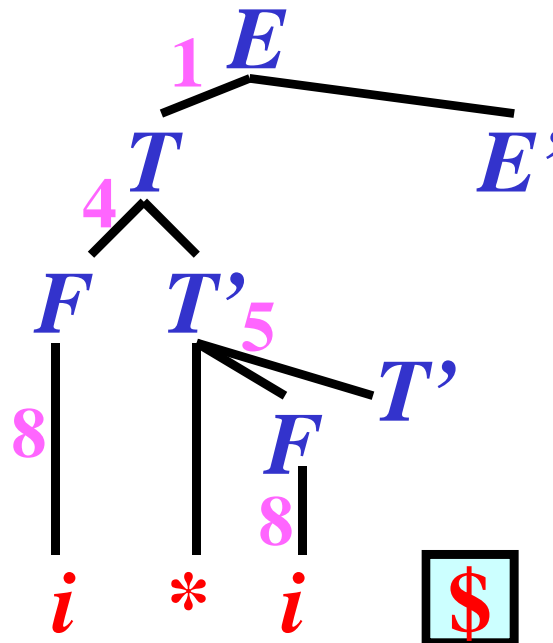
1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?



SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

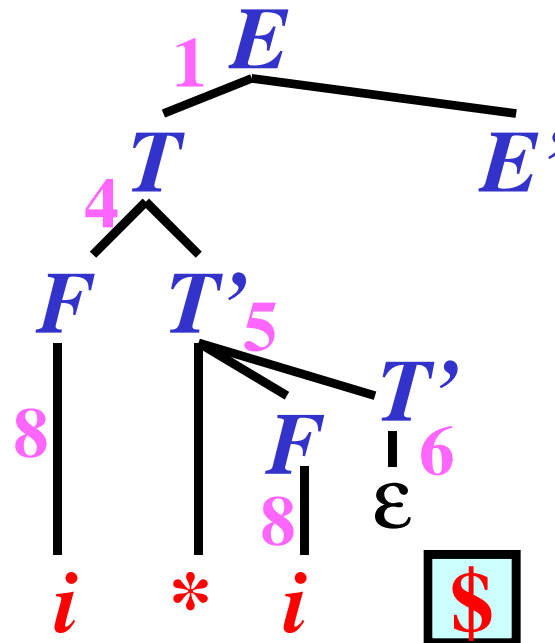
1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?



SA založená na LL-tabulce: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

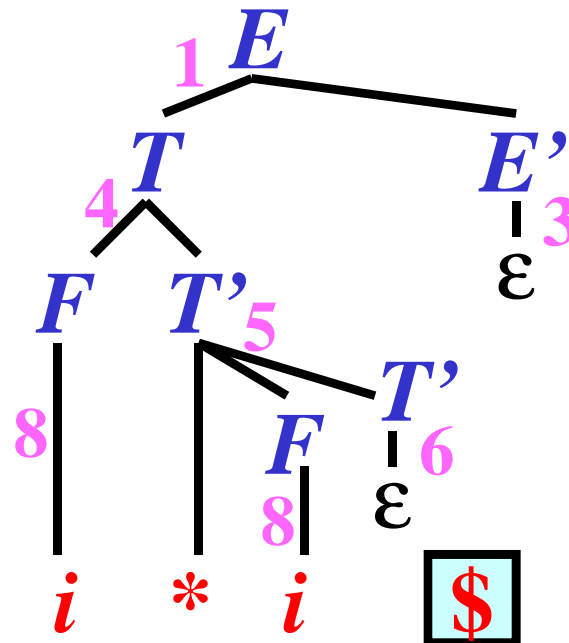
1: $E \rightarrow TE'$ 5: $T' \rightarrow *FT'$

2: $E' \rightarrow +TE'$ 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$ 7: $F \rightarrow (E)$

4: $T \rightarrow FT'$ 8: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{\text{expr3}})$?



LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

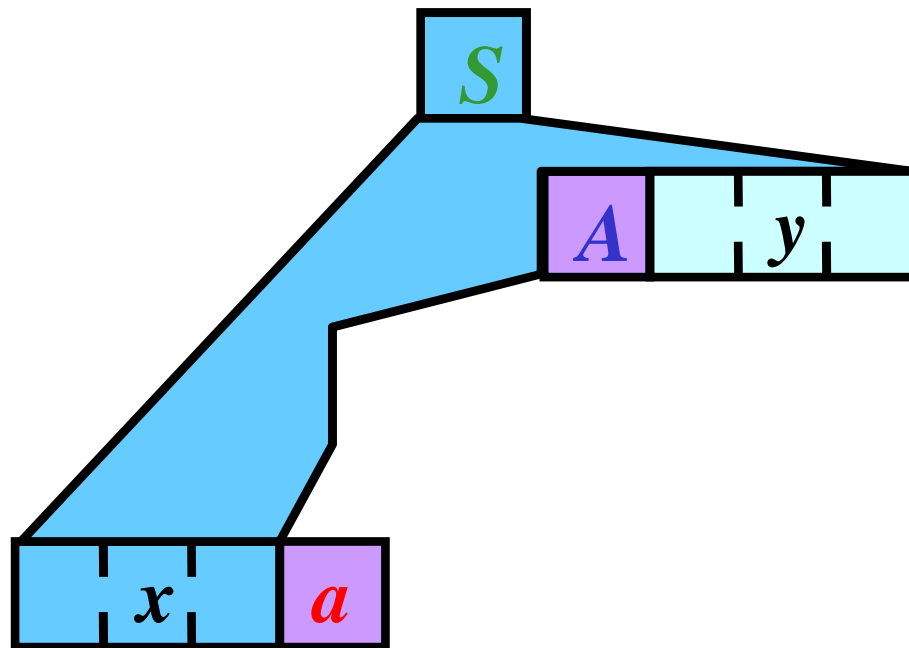
Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2\dots X_n)$

Ilustrace:

LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:



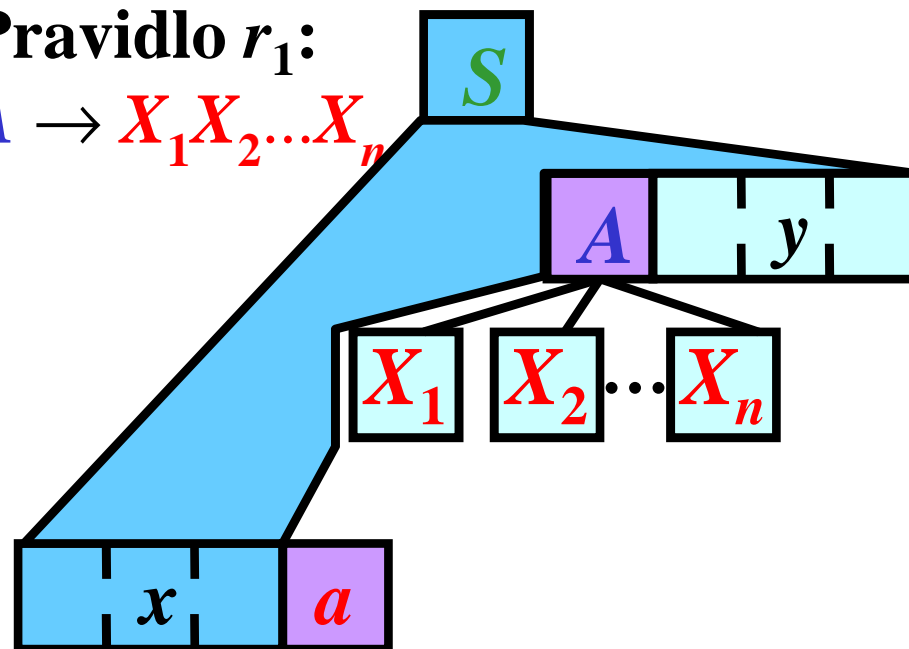
LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2\dots X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1 :

$A \rightarrow X_1X_2\dots X_n$



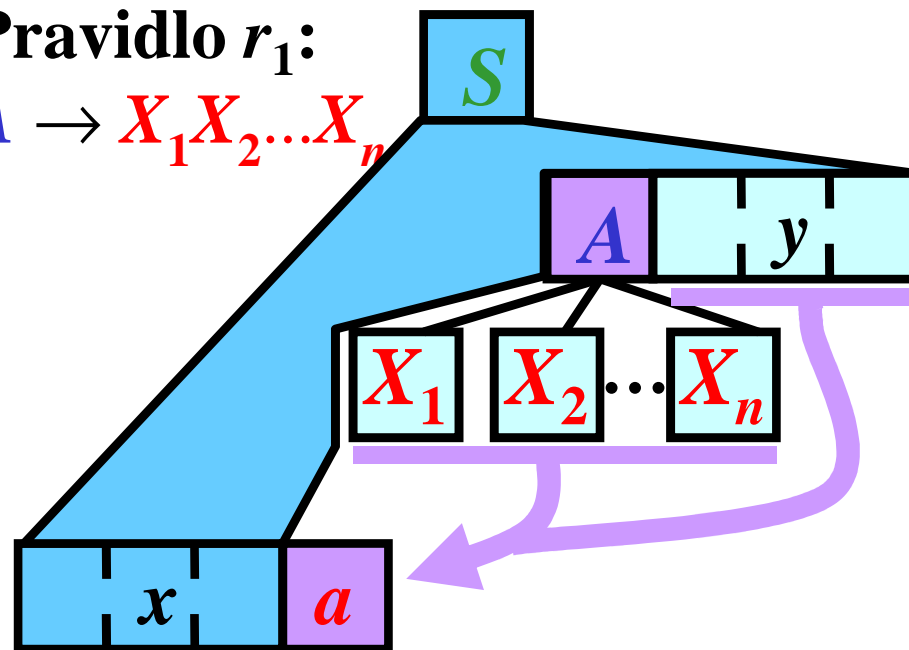
LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2\dots X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1 :

$A \rightarrow X_1X_2\dots X_n$



$a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2\dots X_n)$

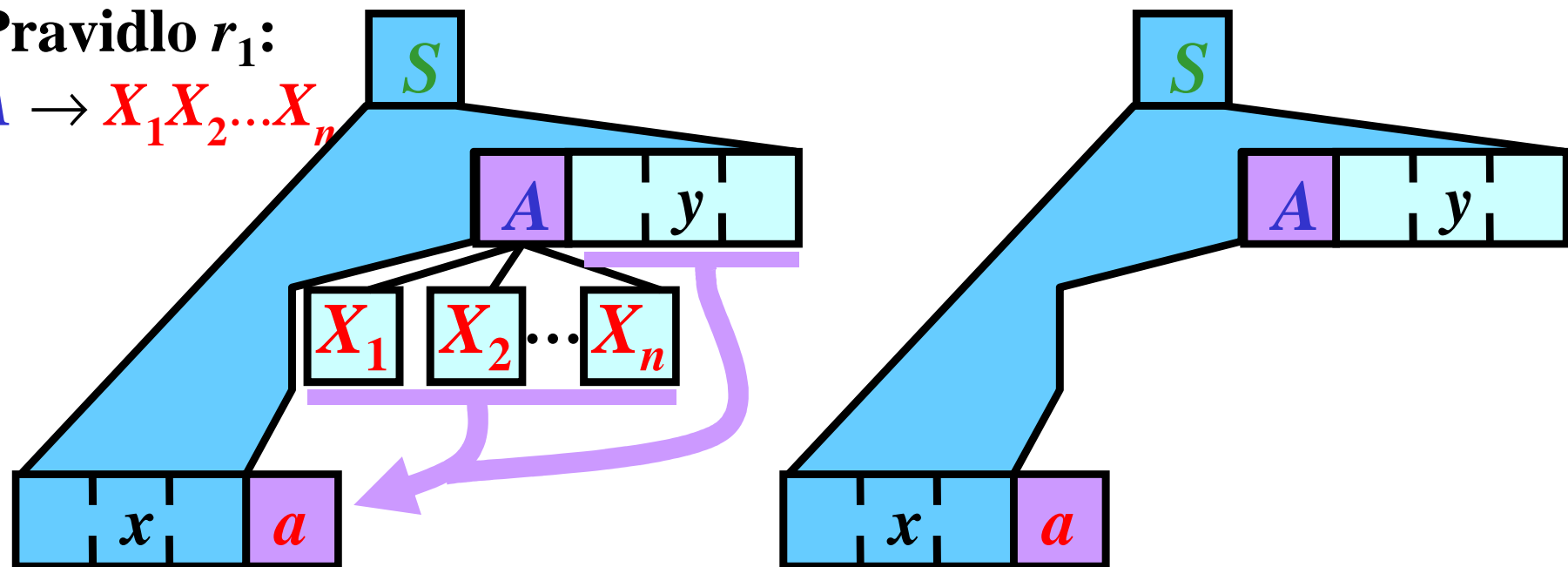
LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1 :

$A \rightarrow X_1X_2...X_n$



$a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

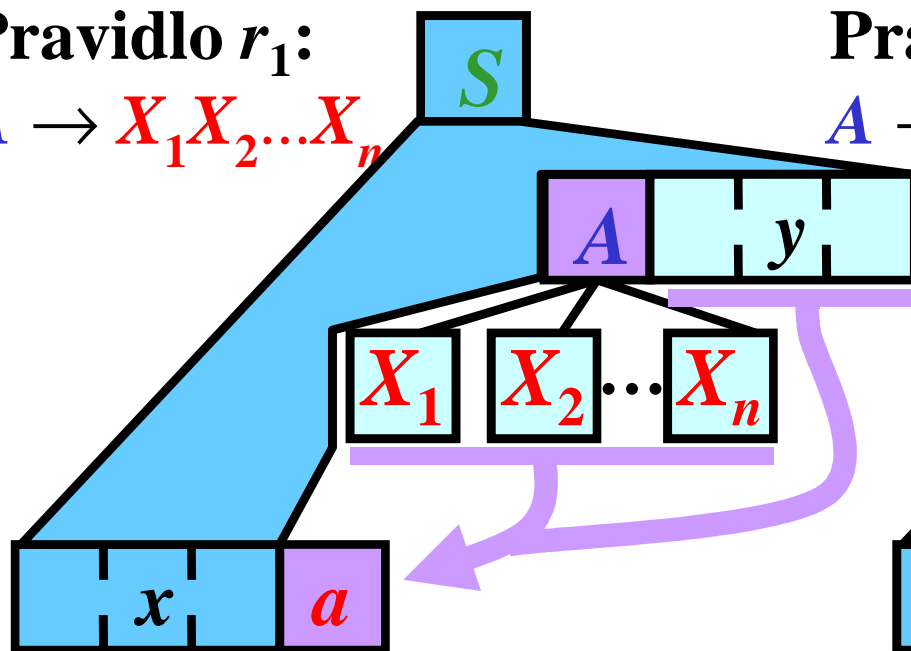
LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1 :

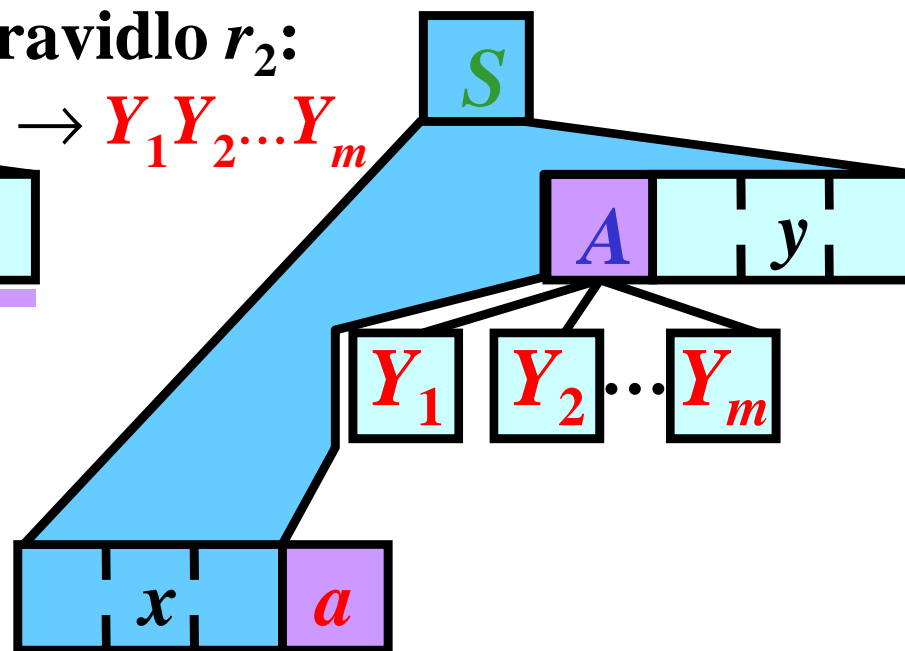
$A \rightarrow X_1X_2...X_n$



$a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Pravidlo r_2 :

$A \rightarrow Y_1Y_2...Y_m$



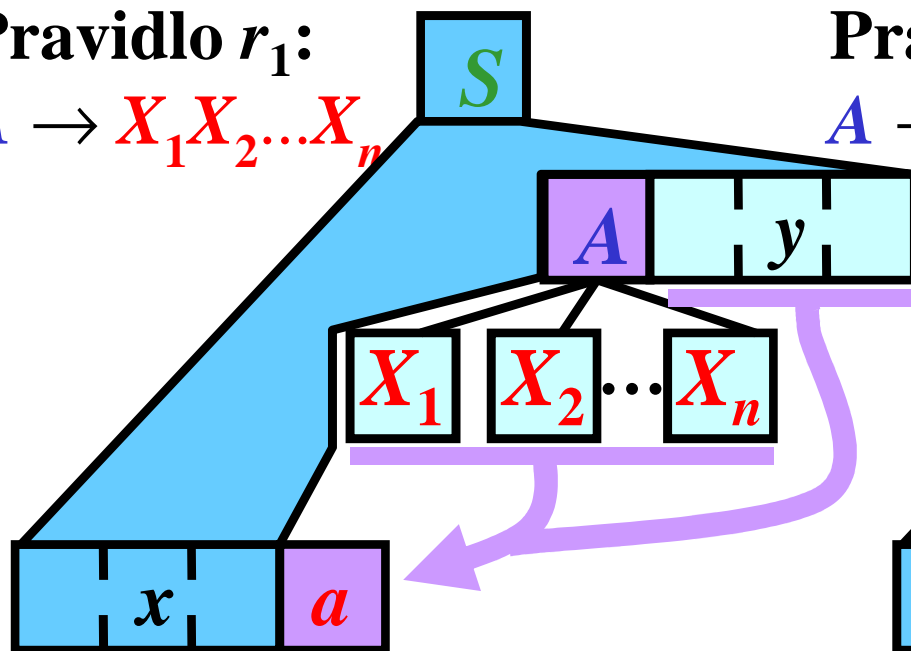
LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1 :

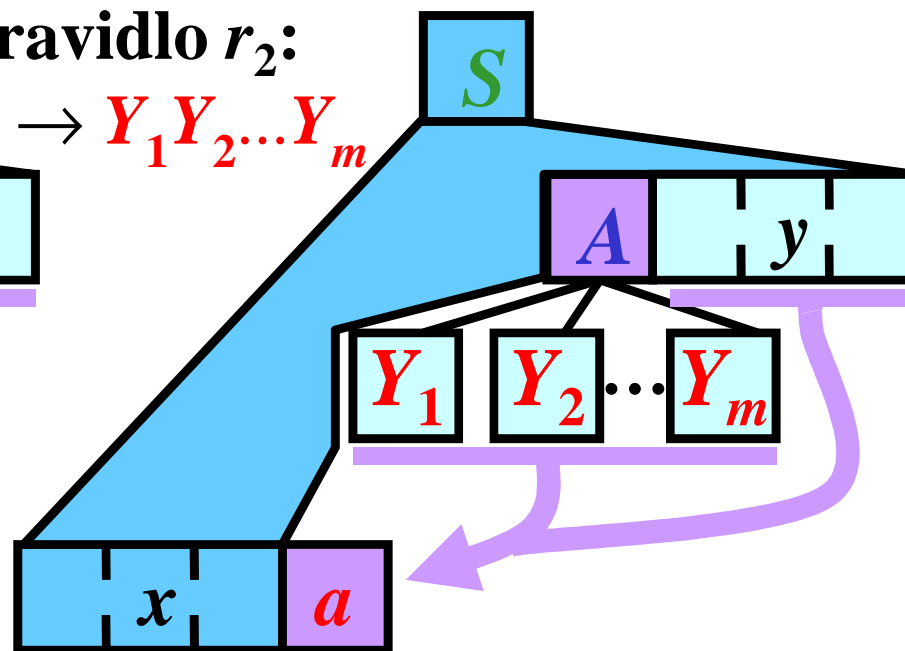
$A \rightarrow X_1X_2...X_n$



$a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Pravidlo r_2 :

$A \rightarrow Y_1Y_2...Y_m$



$a \in \text{Predict}(A \rightarrow Y_1Y_2...Y_m)$

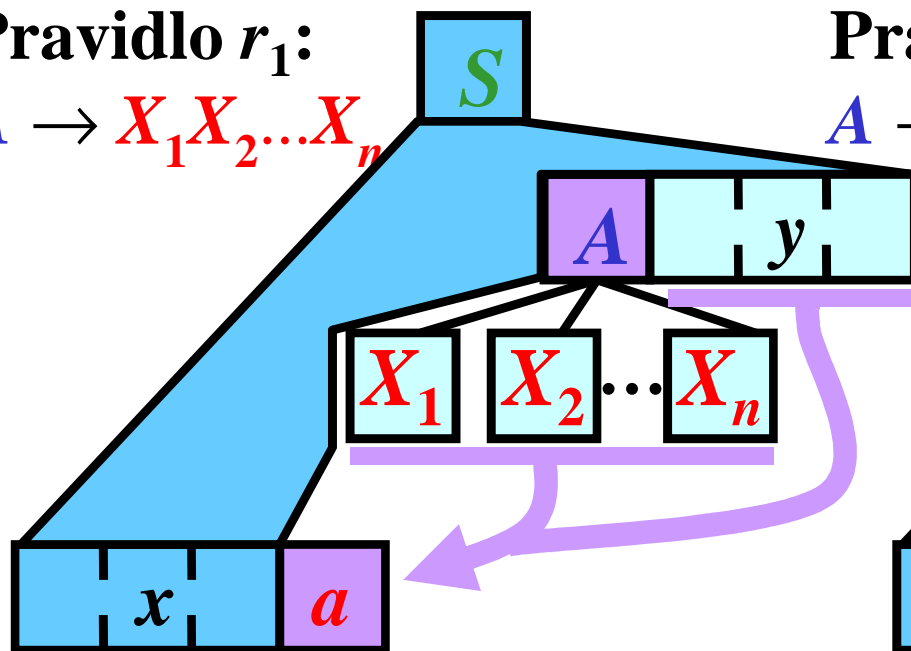
LL gramatiky s ε -pravidly: Definice

Definice: Necht' $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A -pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2...X_n \in P$ a platí: $a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1 :

$A \rightarrow X_1X_2...X_n$

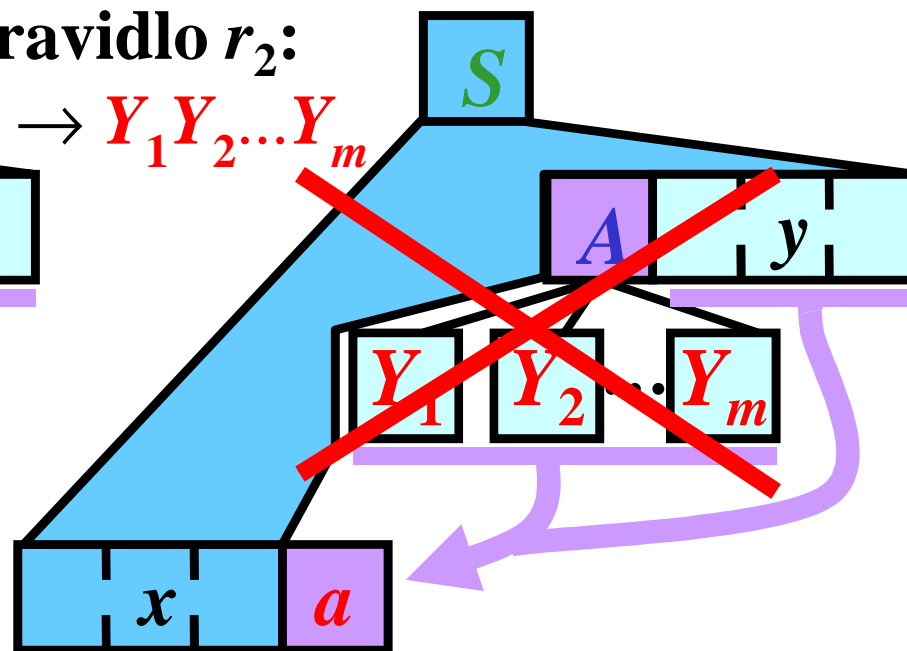


$a \in \text{Predict}(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Nesmí nastat v LL-gramatice

Pravidlo r_2 :

$A \rightarrow Y_1Y_2...Y_m$

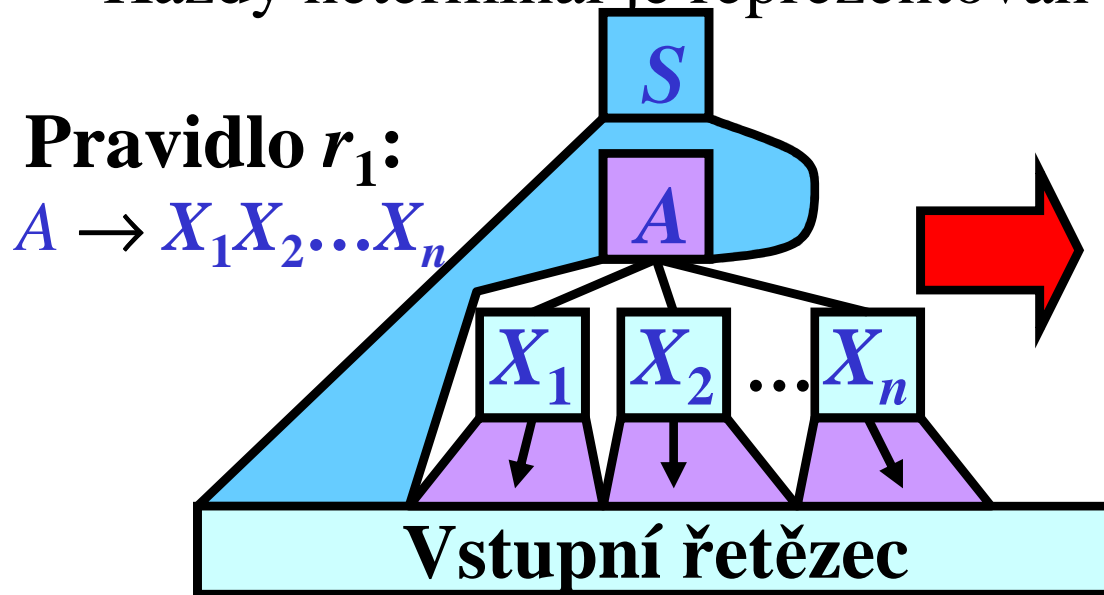


$a \in \text{Predict}(A \rightarrow Y_1Y_2...Y_m)$

Implementace LL Analyzátoru

1) Rekurzivní sestup

- Každý neterminál je reprezentován procedurou, která řídí SA:



```
function  $A$ : boolean;  
begin  
  { $X_1$  analýza}  
  { $X_2$  analýza}  
  ...  
  { $X_n$  analýza}  
end
```

2) Prediktivní syntaktická analýza

- Syntaktický analyzátor se zásobníkem řízený tabulkou



Právě tyto symboly v tomto pořadí jsou uloženy na zásobníku.

Rekurzivní sestup: Příklad 1/4

```

Procedure GetNextToken;
begin
  { tato procedura uloží následující token do proměnné "token" }
end

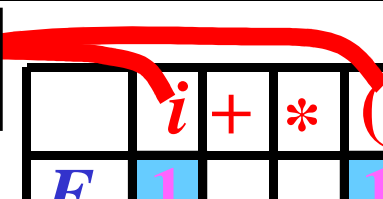
```

• Pro $E \in N$: Pravidlo 1: $E \rightarrow TE'$

```

function E: boolean;
begin
  E := false;
  if token in ['i', '('] then
    { simulace pravidla 1:  $E \rightarrow TE'$  }
    E := T and E1;
end;

```



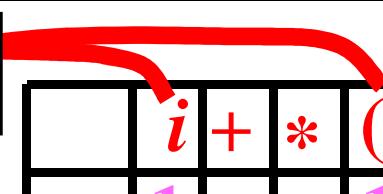
	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1			1		
E'		2			3	3
T	4			4		
T'		6	5		6	6
F	8			7		

• Pro $T \in N$: Pravidlo 4: $T \rightarrow FT'$

```

function T: boolean;
begin
  T := false;
  if token in ['i', '('] then
    { simulace pravidla 4:  $T \rightarrow FT'$  }
    T := F and T1;
end;

```



	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1			1		
E'		2			3	3
T	4			4		
T'		6	5		6	6
F	8			7		

Rekurzivní sestup: Příklad 2/4

- Pro $E' \in N$: Pravidla 2: $E' \rightarrow +TE'$, 3: $E' \rightarrow \varepsilon$

```

function E1: boolean;
begin
  E1 := false;
  if token = '+' then begin
    { simulace pravidla 2:  $E' \rightarrow +TE'$  }
    GetNextToken;
    E1 := T and E1;
  end
  else
    if token in [')', '$'] then
      { simulace pravidla 3:  $E' \rightarrow \varepsilon$  }
      E1 := true;
    end;
end;

```

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Rekurzivní sestup: Příklad 3/4

- Pro $T' \in N$: Pravidla 5: $T' \rightarrow *FT'$, 6: $T' \rightarrow \varepsilon$

```

function T1: boolean;
begin
  T1 := false;
  if token = '*' then begin
    { simulace pravidla 5:  $T' \rightarrow *FT'$  }
    GetNextToken;
    T1 := F and T1;
  end
  else
    if token in ['+', ')', '$'] then
      { simulace pravidla 6:  $T' \rightarrow \varepsilon$  }
      T1 := true;
    end;
end;

```

	i	+	*	()	\$
E	1			1		
E'		2			3	3
T	4			4		
T'		6	5		6	6
F	8			7		

Rekurzivní sestup: Příklad 4/4

- Pro $F \in N$: Pravidla 7: $F \rightarrow (E)$, 8: $F \rightarrow i$

```

function F: boolean;
begin
  F := false;
  if token = '(' then begin
    { simulace pravidla 7:  $F \rightarrow (E)$  }
    GetNextToken;
    if E then begin
      F := (token = ')');
      GetNextToken;
    end;
  end
  else
    if token = 'i' then begin
      { simulace pravidla 8:  $F \rightarrow i$  }
      F := true;
      GetNextToken;
    end;
  end;
end;

```

	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1			1		
E'		2			3	3
T	4			4		
T'		6	5		6	6
F	8			7		

Hlavní tělo programu:

```

begin
  GetNextToken;
  if E then
    write('OK')
  else
    write('ERROR')
  end.

```

Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start:

Vstupní řetězec:

$i * i \$$

Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**
 Call E;

Vstupní řetězec:

i * i \$

Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:

i * i \$

E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:

i * i \$

E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

T:

Pro token = i :
Call F, Call T1

Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:

i $*$ i $\$$

E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

T:

Pro token = i :
Call F, Call T1

F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken**;

Call E;

Vstupní řetězec:

i $*$ i $\$$

E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

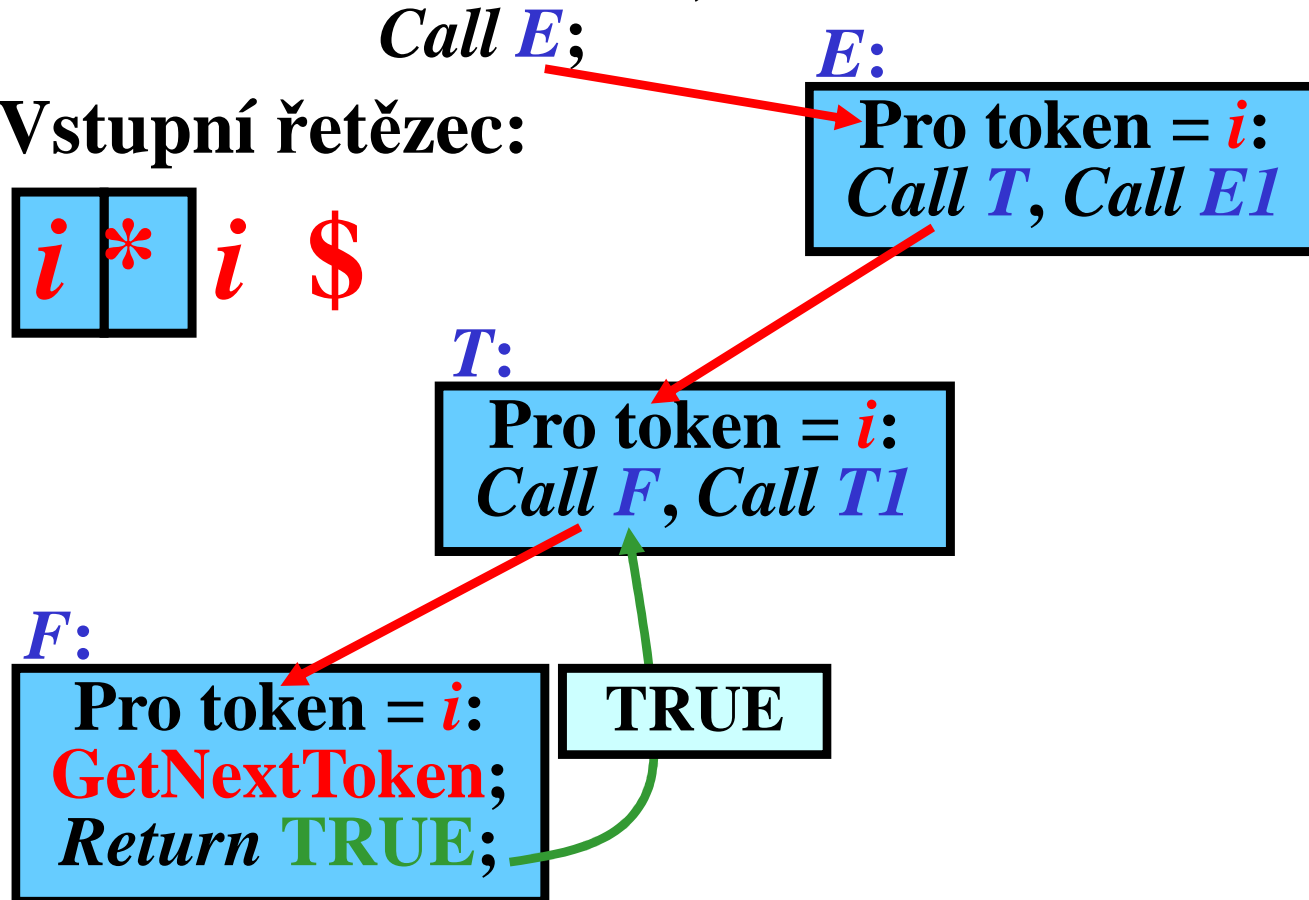
T:

Pro token = i :
Call F, Call T1

F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE



Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken**;

Call E;

Vstupní řetězec:

$i * i \$$

E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

T:

Pro token = i :
Call F, Call T1

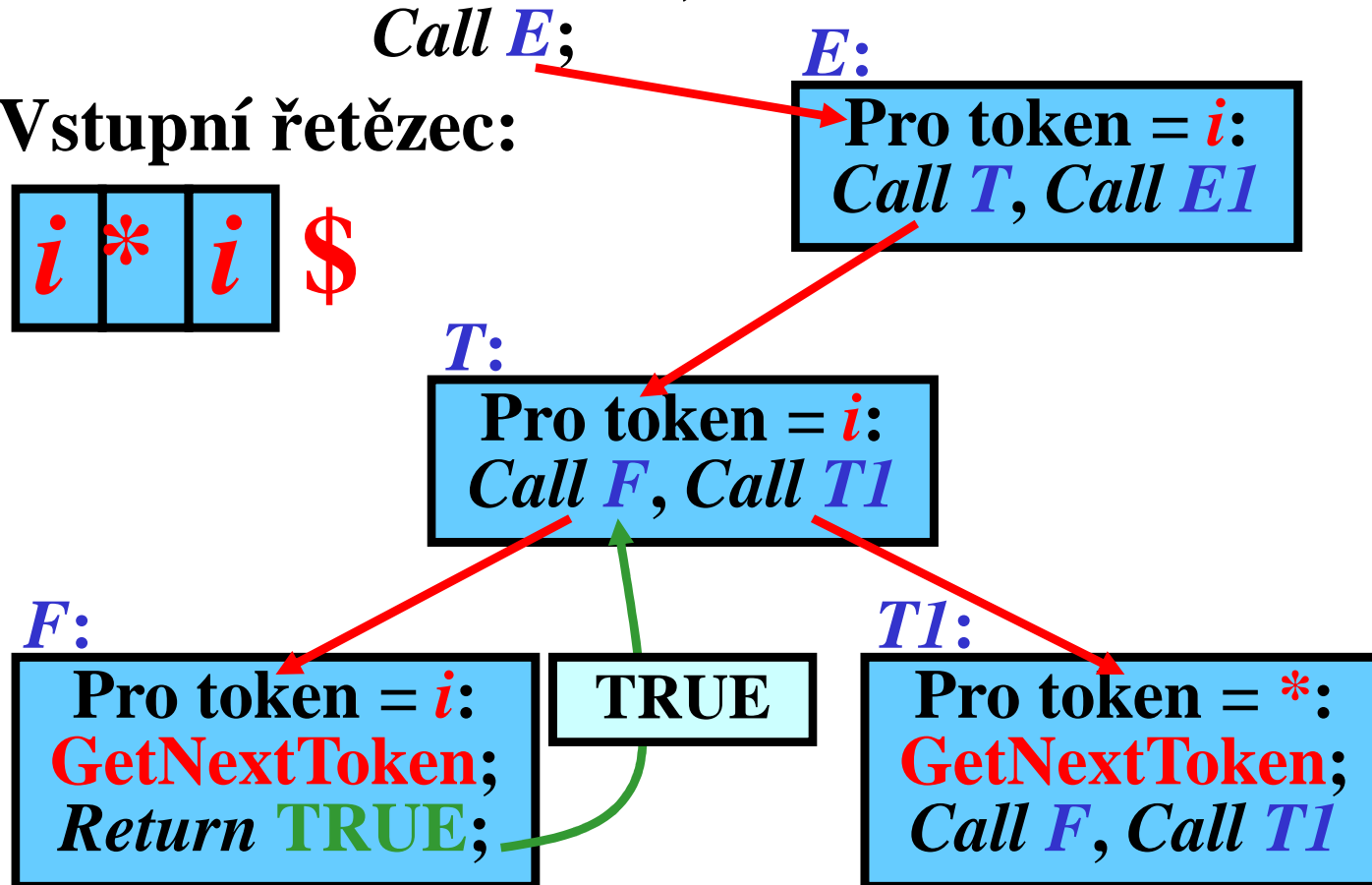
F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE

T1:

Pro token = $*$:
GetNextToken;
Call F, Call T1

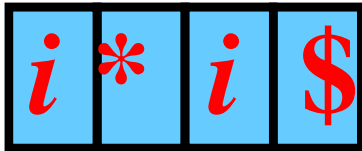


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:



E:



T:



F:



TRUE

T1:



F:

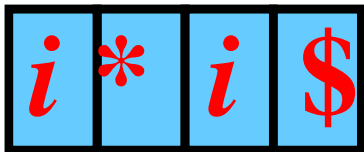


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:



E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

T:

Pro token = i :
Call F, Call T1

F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE

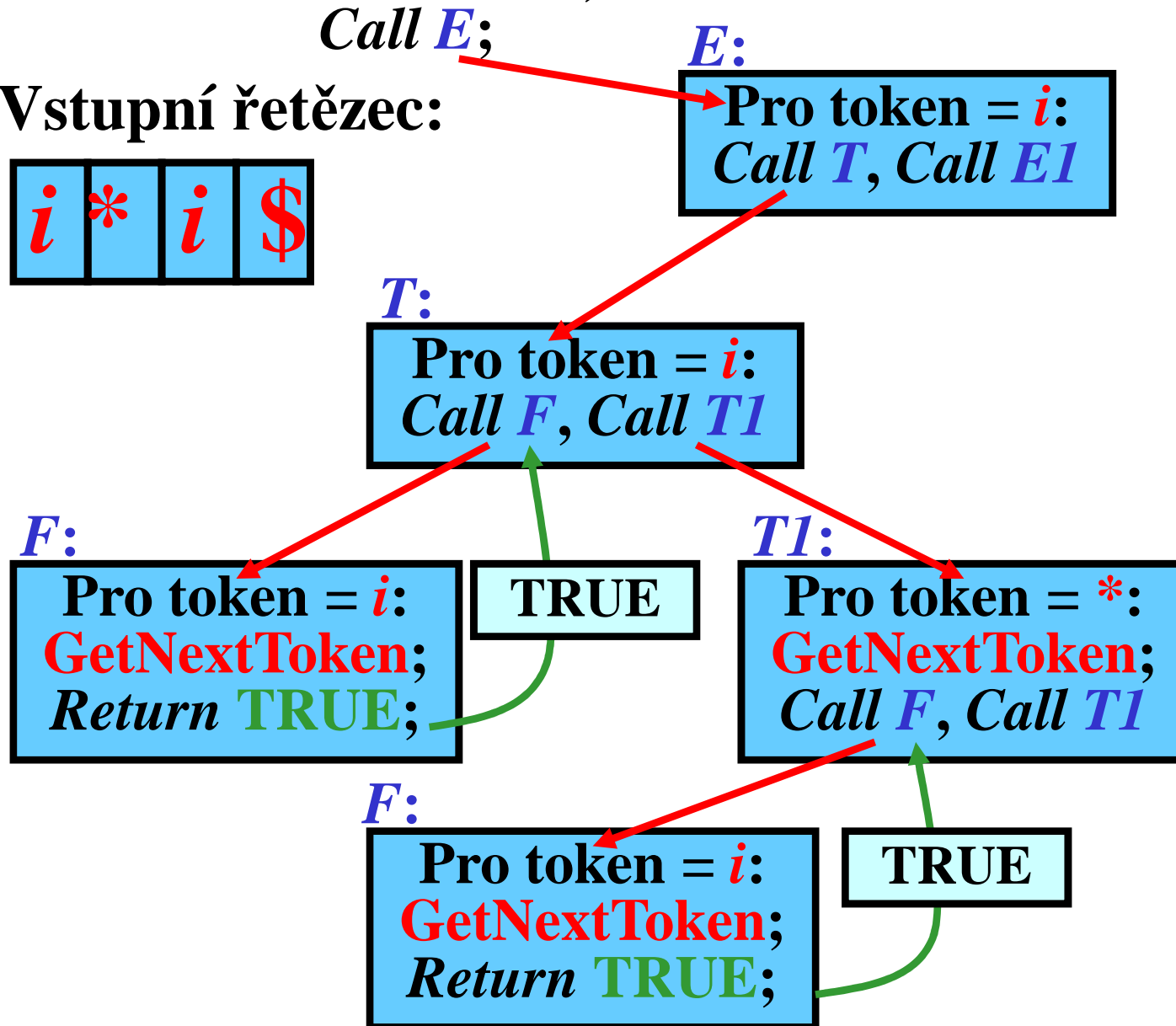
T1:

Pro token = $*$:
GetNextToken;
Call F, Call T1

F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE

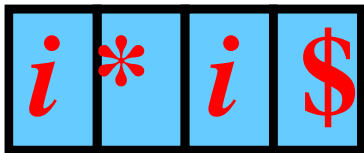


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:



E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

T:

Pro token = i :
Call F, Call T1

F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE

T1:

Pro token = $*$:
GetNextToken;
Call F, Call T1

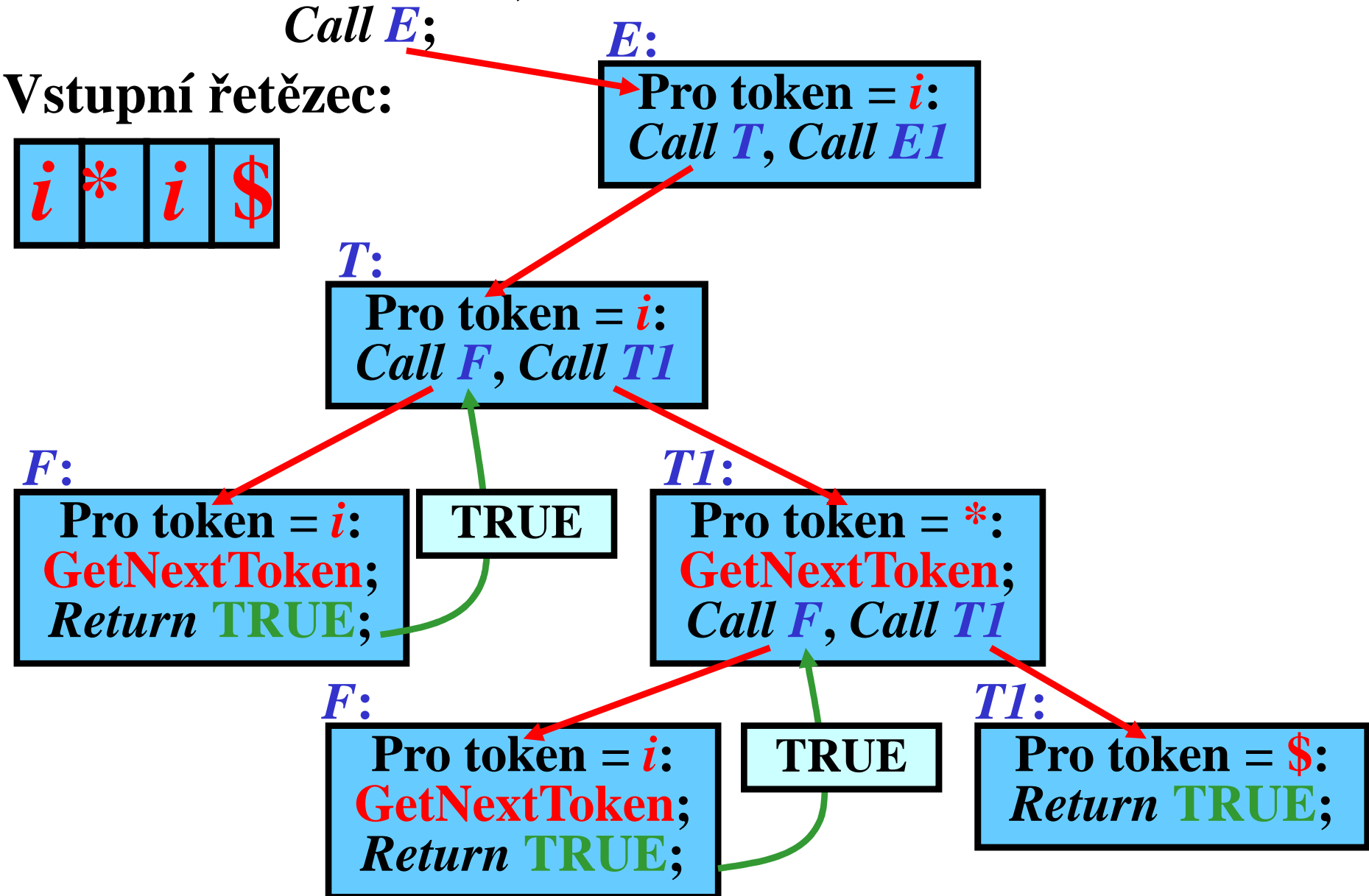
F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE

T1:

Pro token = $\$$:
Return TRUE;

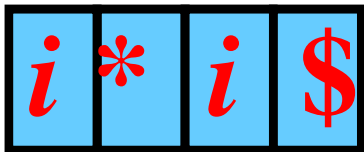


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:



E:

Pro token = i :
Call T, Call E1

T:

Pro token = i :
Call F, Call T1

F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE

T1:

Pro token = $*$:
GetNextToken;
Call F, Call T1

TRUE

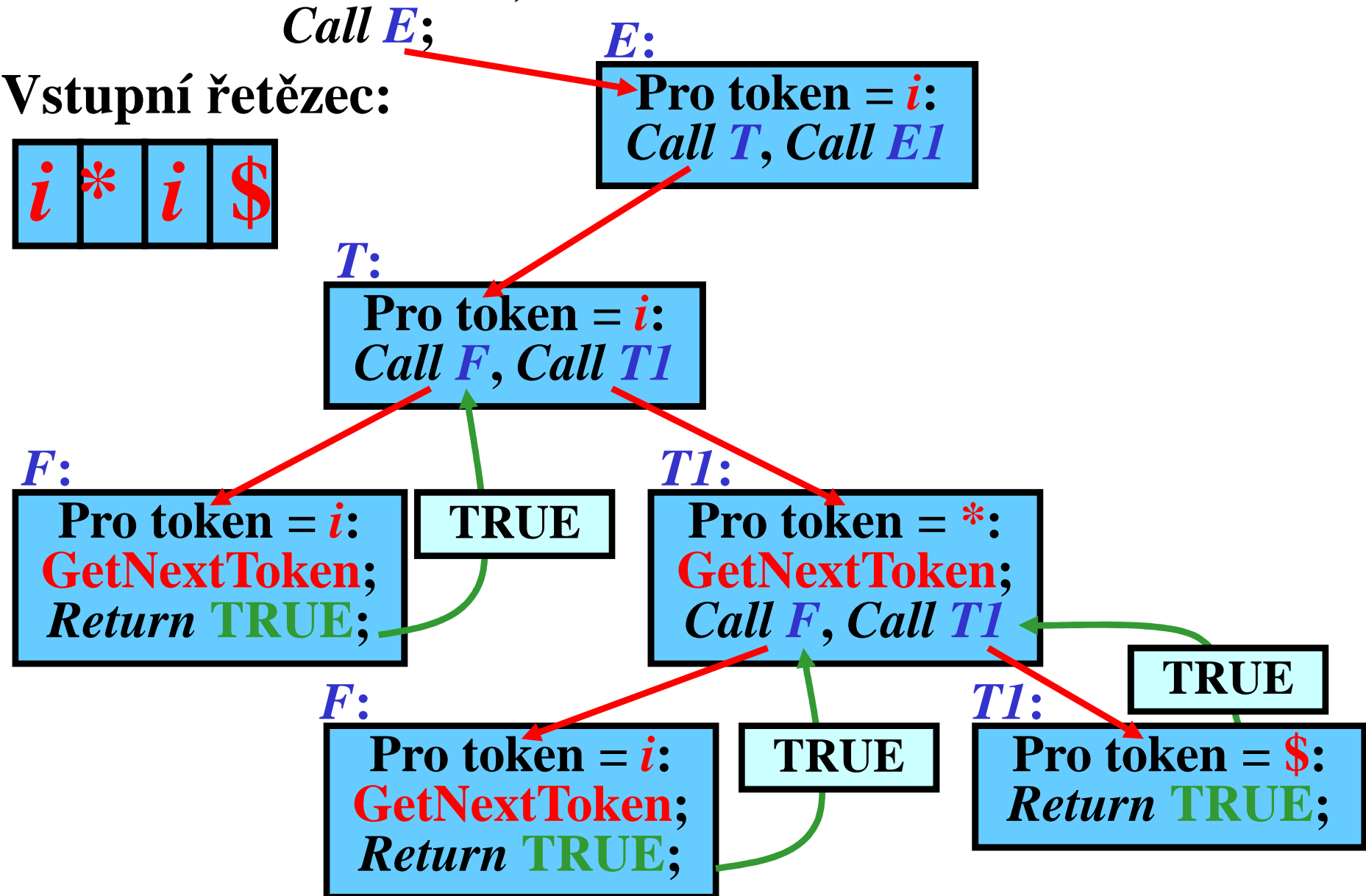
F:

Pro token = i :
GetNextToken;
Return TRUE;

TRUE

T1:

Pro token = $\$$:
Return TRUE;

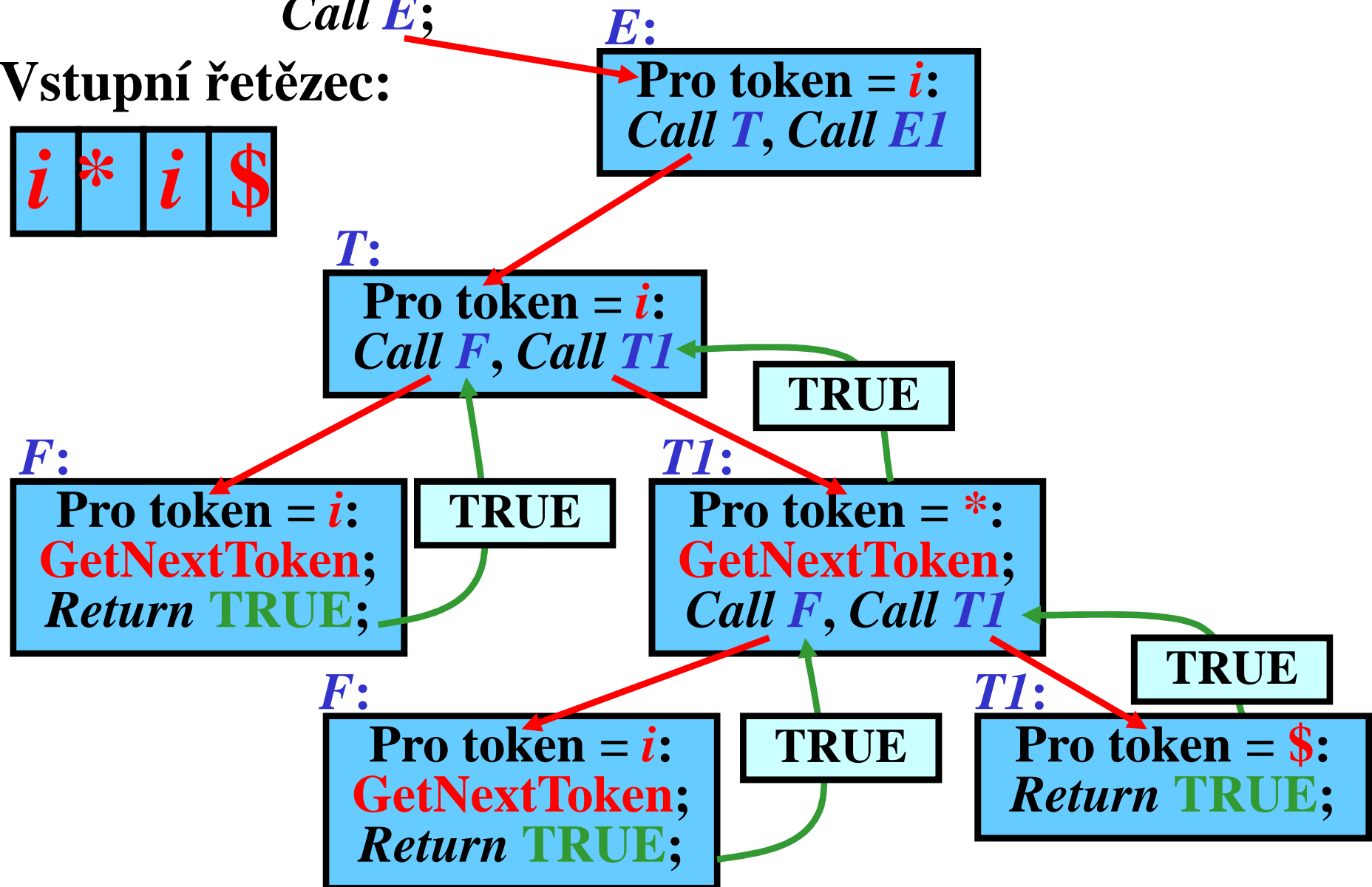
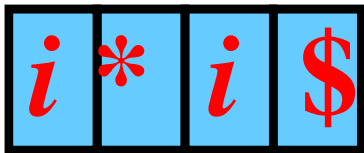


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken**;

Call E;

Vstupní řetězec:

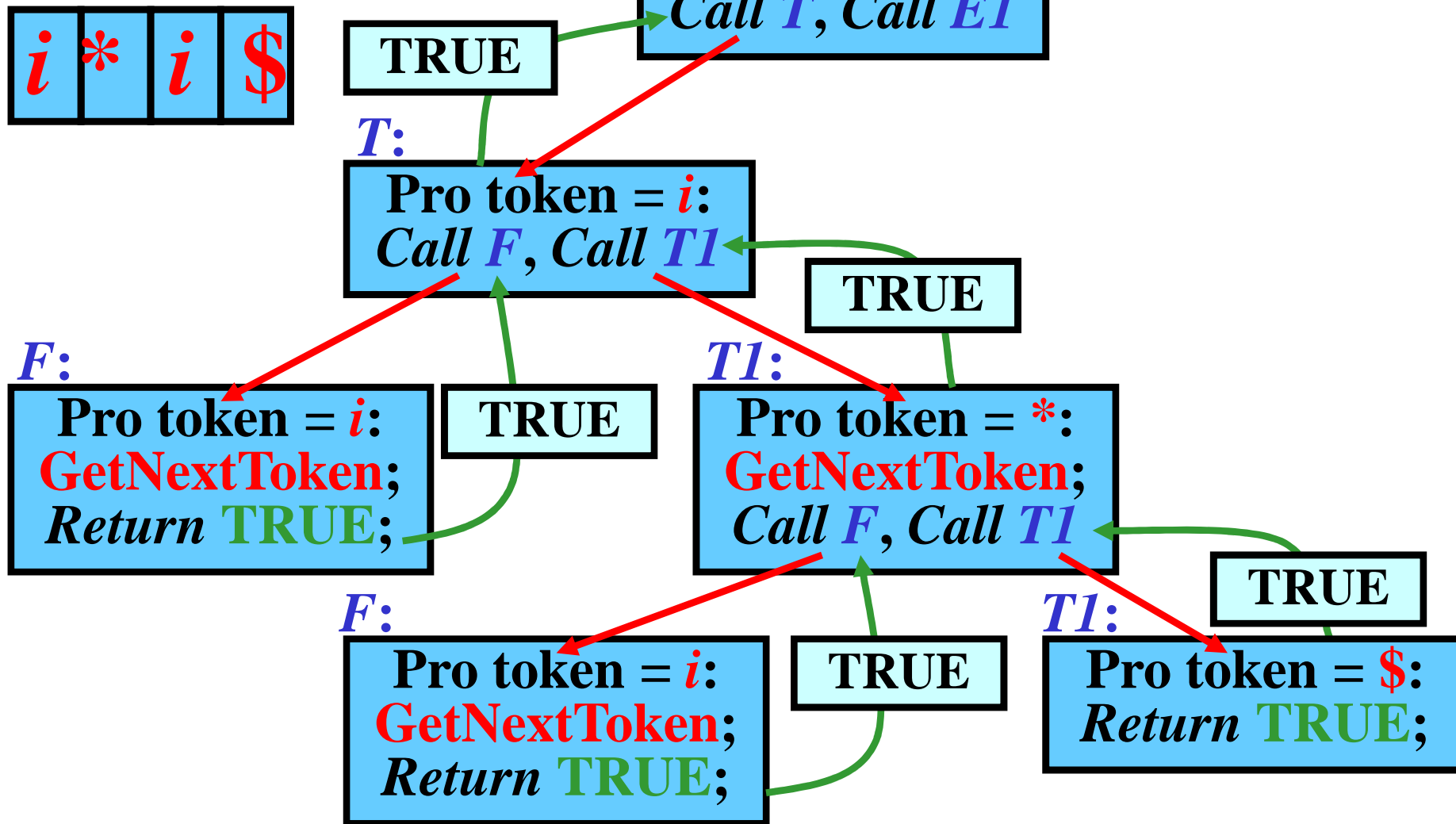


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i$

Start: **GetNextToken;**

*Call **E**;*

Vstupní řetězec:



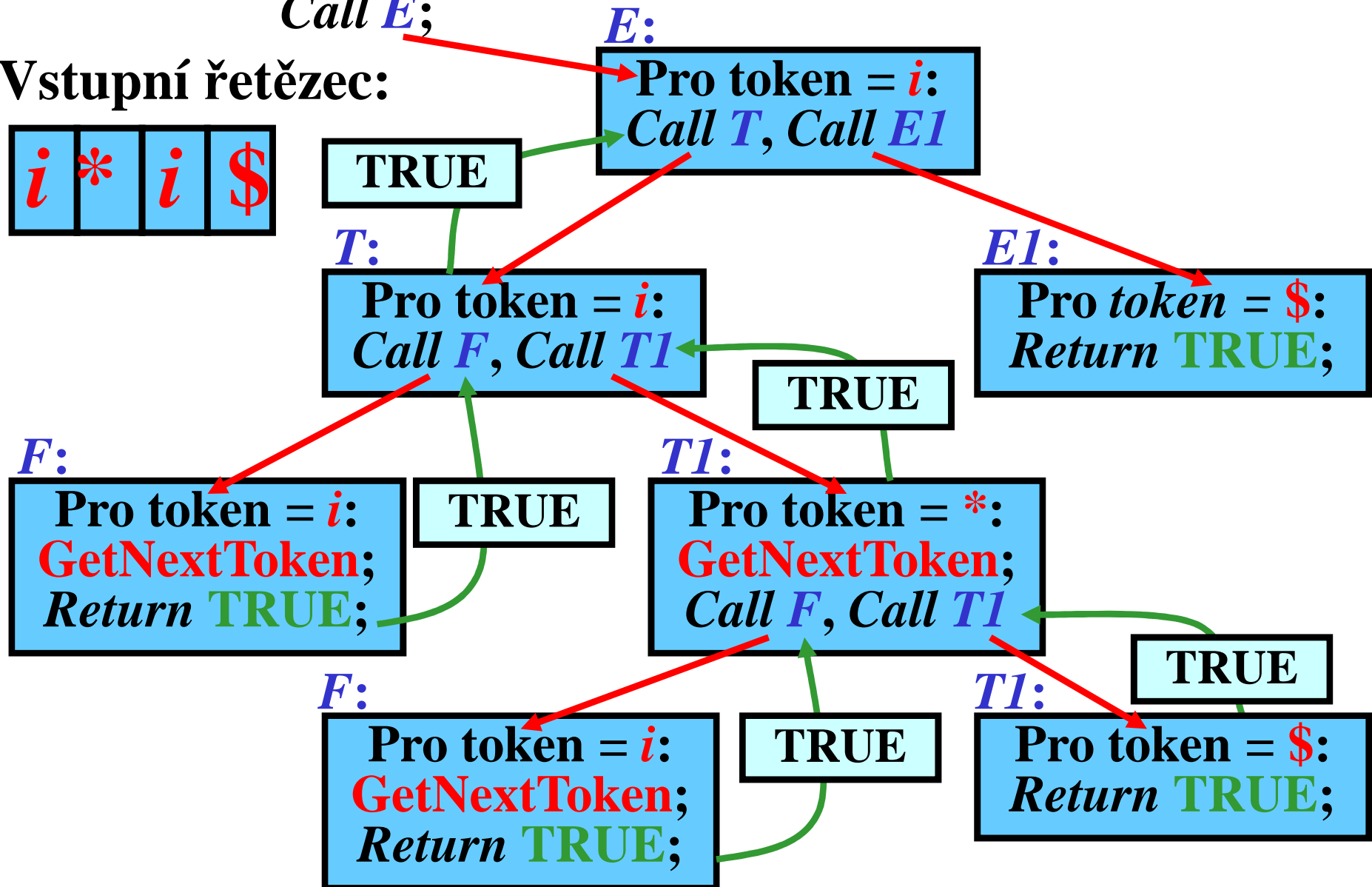
Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E ;

Vstupní řetězec:

i $*$ i $\$$

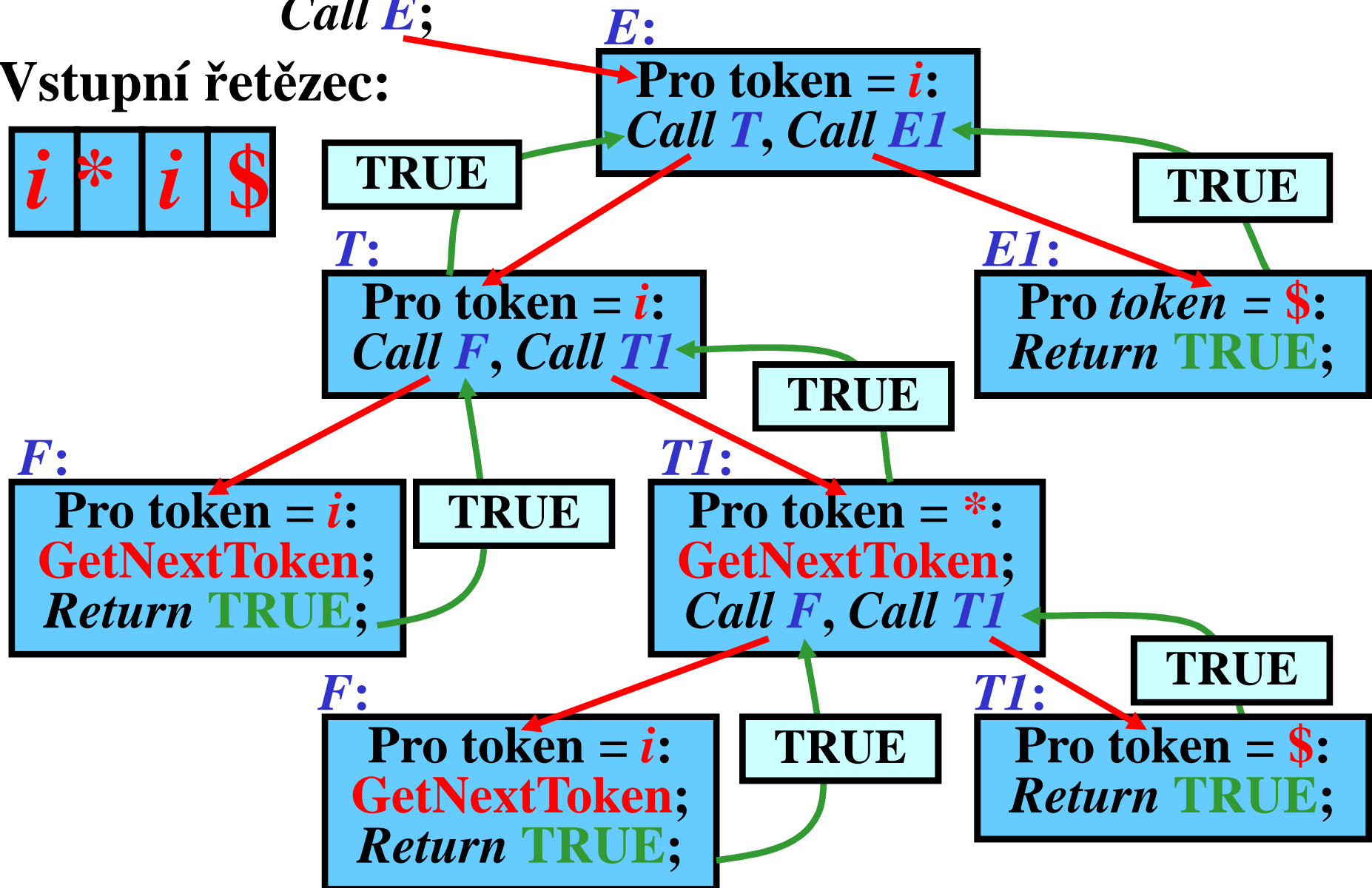
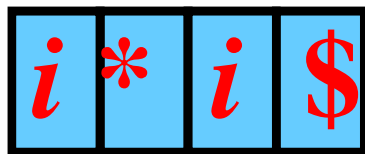


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

Call E;

Vstupní řetězec:

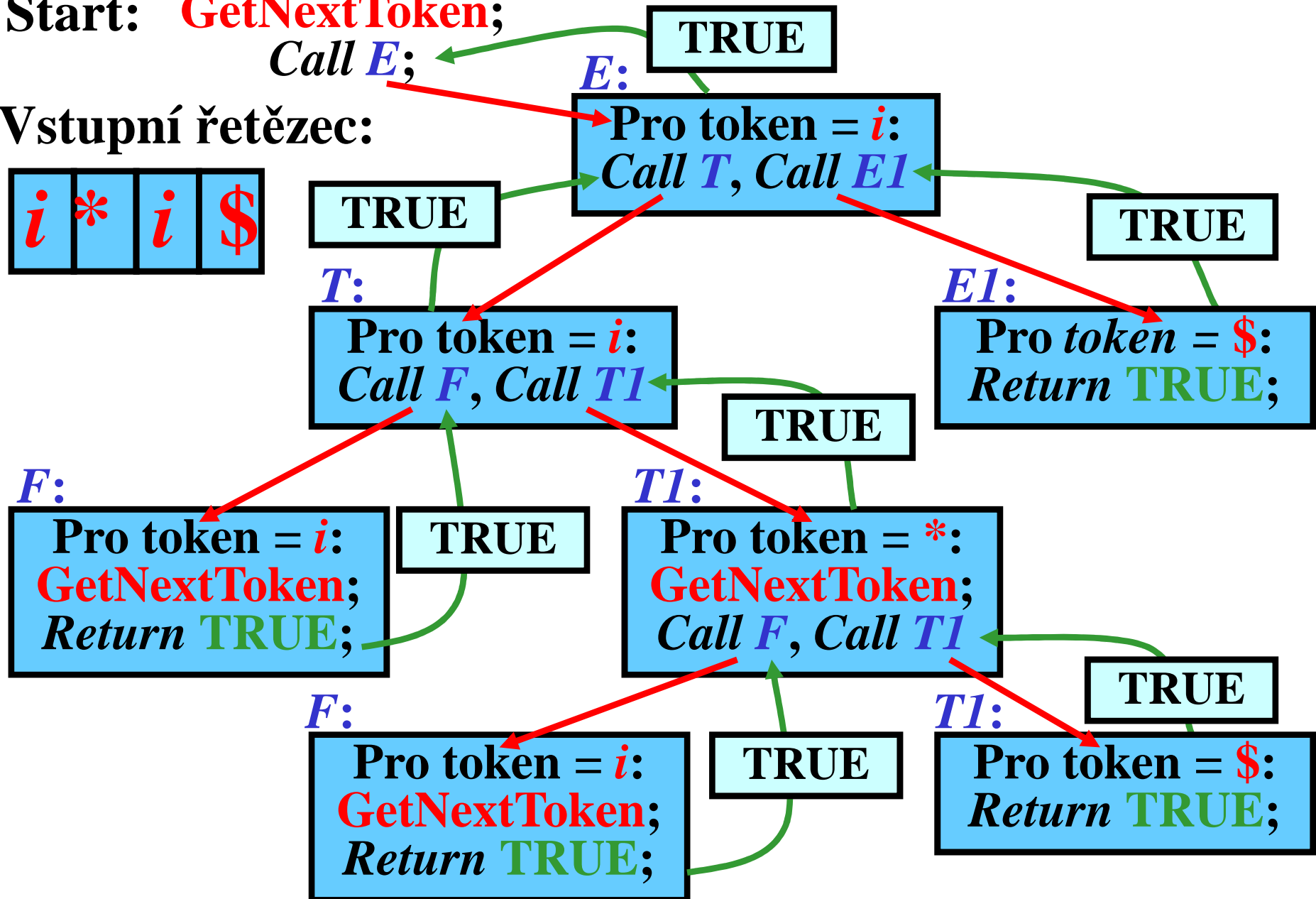
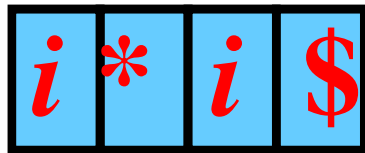


Rekurzivní sestup: Ilustrace pro $i*i\$$

Start: **GetNextToken;**

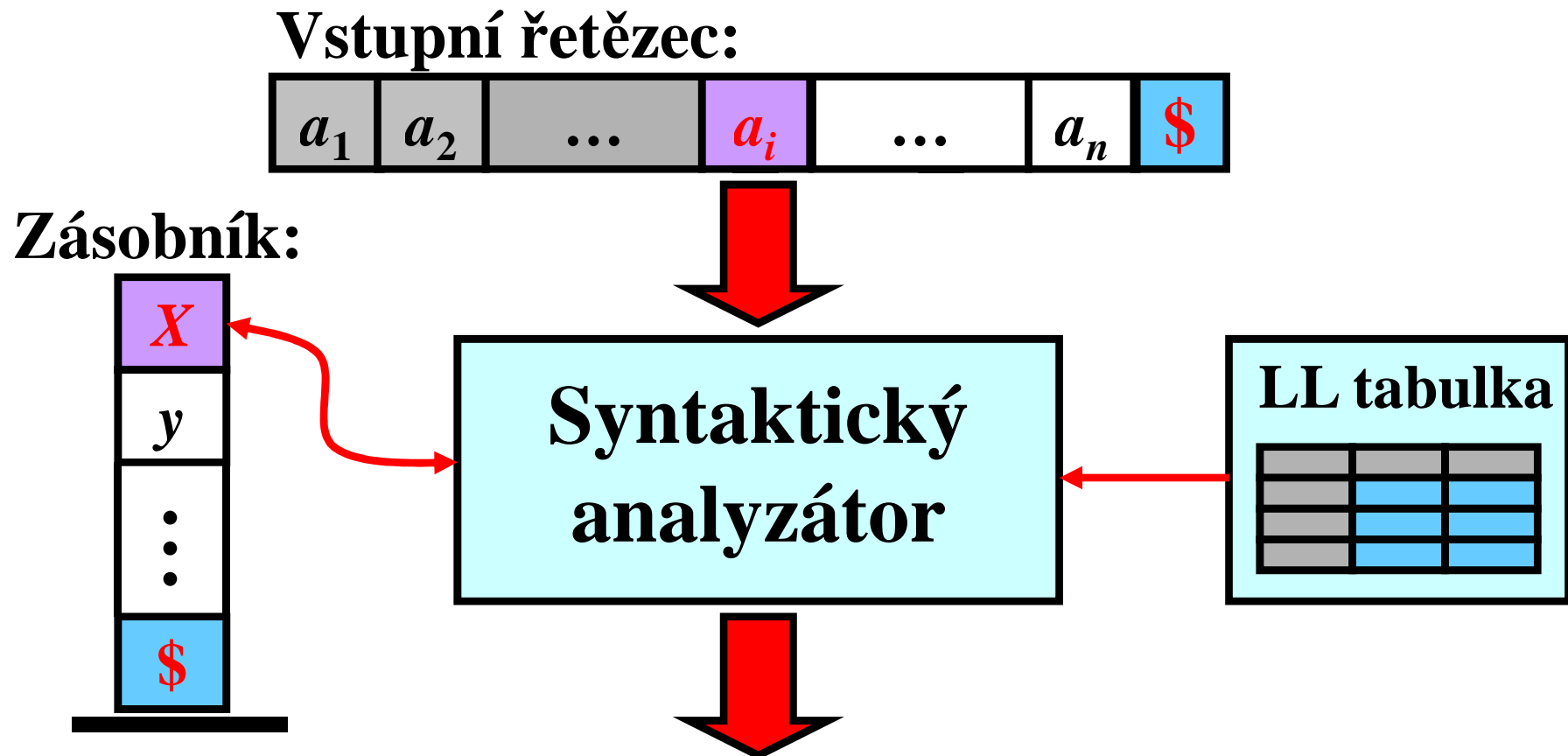
Call E;

Vstupní řetězec:



Prediktivní syntaktická analýza

- Model pro prediktivní syntaktickou analýzu:



Levý rozbor = posloupnost pravidel, která je použita v nejlevější derivaci pro vstupní řetězec.

Prediktivní SA: Algoritmus

- **Vstup:** LL-tabulka pro $G = (N, T, P, S)$; $x \in T^*$
- **Výstup:** Levý rozbor pro x , pokud $x \in L(G)$ jinak chyba

• Metoda:

- push(**\$**) & push(**S**) na zásobník
- repeat
 - necht' **X** je vrchol zásobníku a **a** aktuální token
 - case X of:
 - **X** = **\$**: if **a** = **\$** then úspěch
 else chyba;
 - **X** $\in T$: if **X** = **a** then pop(**X**) & přečti další **a** ze vstupního řetězce
 else chyba;
 - **X** $\in N$: if **r**: **X** \rightarrow **x** \in LL-tabulka[**X**, **a**] then
 zaměň na vrcholu zásobníku **X** za reversal(**x**) & zapiš **r** na výstup
 else chyba;
- until úspěch or chyba

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i* * *i* \$

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace

Prediktivní SA: Příklad

	i	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
E	1			1		
E'		2			3	3
T	4			4		
T'		6	5		6	6
F	8			7		

Vstupní řetězec: $i * i \$$

Pravidla:

- 1: $E \rightarrow TE'$
- 2: $E' \rightarrow +TE'$
- 3: $E' \rightarrow \varepsilon$
- 4: $T \rightarrow FT'$
- 5: $T' \rightarrow *FT'$
- 6: $T' \rightarrow \varepsilon$
- 7: $F \rightarrow (E)$
- 8: $F \rightarrow i$

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
\$ <i>E</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<u><i>E</i></u> ⇒ <u><i>TE'</i></u>

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
<i>\$E</i>	<i>i*i\$</i>	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<i>E</i> ⇒ <i>TE'</i>
<i>\$E'T</i>	<i>i*i\$</i>	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <i>FT'E'</i>

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
\$ <i>E</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<u><i>E</i></u> ⇒ <u><i>TE'</i></u>
\$ <i>E'</i> <i>T</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <u><i>FT'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i</i> <u><i>T'</i></u> <i>E'</i>

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → *+TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
<i>\$E</i>	<i>i*i\$</i>	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<i>E</i> ⇒ <i>TE'</i>
<i>\$E'T</i>	<i>i*i\$</i>	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <i>FT'E'</i>
<i>\$E'T'F</i>	<i>i*i\$</i>	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>iT'E'</i>
<i>\$E'T'i</i>	<i>i*i\$</i>		

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Pravidla:

1: $E \rightarrow TE'$

2: $E' \rightarrow +TE'$

3: $E' \rightarrow \varepsilon$

4: $T \rightarrow FT'$

5: $T' \rightarrow *FT'$

6: $T' \rightarrow \varepsilon$

7: $F \rightarrow (E)$

8: $F \rightarrow i$

Vstupní řetězec: $i * i \$$

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
$\$E$	$i*i\$$	1: $E \rightarrow TE'$	$\underline{E} \Rightarrow \underline{TE'}$
$\$E'T$	$i*i\$$	4: $T \rightarrow FT'$	$\Rightarrow \underline{FT'E'}$
$\$E'T'F$	$i*i\$$	8: $F \rightarrow i$	$\Rightarrow i\underline{T'E'}$
$\$E'T'i$	$i*i\$$		
$\$E'T'$	$*i\$$	5: $T' \rightarrow *FT'$	$\Rightarrow i*\underline{FT'E'}$

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → *+TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
<i>\$E</i>	<i>i*i\$</i>	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<i>E</i> ⇒ <i><u>T</u>E'</i>
<i>\$E'T</i>	<i>i*i\$</i>	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <i><u>FT'</u>E'</i>
<i>\$E'T'F</i>	<i>i*i\$</i>	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i><u>iT'</u>E'</i>
<i>\$E'T'i</i>	<i>i*i\$</i>		
<i>\$E'T'</i>	<i>*i\$</i>	5: <i>T'</i> → <i>*FT'</i>	⇒ <i><u>i*FT'</u>E'</i>
<i>\$E'T'F*</i>	<i>*i\$</i>		

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
<i>\$E</i>	<i>i*i\$</i>	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<i>E</i> ⇒ <i>TE'</i>
<i>\$E'T</i>	<i>i*i\$</i>	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <i>FT'E'</i>
<i>\$E'T'F</i>	<i>i*i\$</i>	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>iT'E'</i>
<i>\$E'T'i</i>	<i>i*i\$</i>		
<i>\$E'T'</i>	<i>*i\$</i>	5: <i>T'</i> → * <i>FT'</i>	⇒ <i>i*FT'E'</i>
<i>\$E'T'F*</i>	<i>*i\$</i>		
<i>\$E'T'F</i>	<i>i\$</i>	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i*iT'E'</i>

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
<i>\$E</i>	<i>i*i\$</i>	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<i>E</i> ⇒ <i>TE'</i>
<i>\$E'T</i>	<i>i*i\$</i>	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <i>FT'E'</i>
<i>\$E'T'F</i>	<i>i*i\$</i>	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>iT'E'</i>
<i>\$E'T'i</i>	<i>i*i\$</i>		
<i>\$E'T'</i>	<i>*i\$</i>	5: <i>T'</i> → * <i>FT'</i>	⇒ <i>i*FT'E'</i>
<i>\$E'T'F*</i>	<i>*i\$</i>		
<i>\$E'T'F</i>	<i>i\$</i>	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i*iT'E'</i>
<i>\$E'T'i</i>	<i>i\$</i>		

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
\$ <i>E</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<u><i>E</i></u> ⇒ <u><i>TE'</i></u>
\$ <i>E'</i> <i>T</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <u><i>FT'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i</i> <u><i>T'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	* <i>i</i> \$	5: <i>T'</i> → * <i>FT'</i>	⇒ <i>i</i> * <u><i>FT'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i> *	* <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i</i> * <i>i</i> <u><i>T'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	\$	6: <i>T'</i> → ε	⇒ <i>i</i> * <i>i</i> <u><i>E'</i></u>

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
\$ <i>E</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<u><i>E</i></u> ⇒ <u><i>TE'</i></u>
\$ <i>E'</i> <i>T</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <u><i>FT'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i</i> <u><i>T'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	* <i>i</i> \$	5: <i>T'</i> → * <i>FT'</i>	⇒ <i>i</i> * <u><i>FT'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i> *	* <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i</i> * <i>i</i> <u><i>T'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	\$	6: <i>T'</i> → ε	⇒ <i>i</i> * <i>i</i> <u><i>E'</i></u>
\$ <i>E'</i>	\$	3: <i>E'</i> → ε	⇒ <i>i</i> * <i>i</i>

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
\$ <i>E</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<u><i>E</i></u> ⇒ <u><i>TE'</i></u>
\$ <i>E'</i> <i>T</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <u><i>FT'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i</i> <u><i>T'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	* <i>i</i> \$	5: <i>T'</i> → * <i>FT'</i>	⇒ <i>i</i> * <u><i>FT'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i> *	* <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i</i> * <i>i</i> <u><i>T'</i></u> <i>E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	\$	6: <i>T'</i> → ε	⇒ <i>i</i> * <i>i</i> <u><i>E'</i></u>
\$ <i>E'</i>	\$	3: <i>E'</i> → ε	⇒ <i>i</i> * <i>i</i>
\$	\$		

Prediktivní SA: Příklad

	<i>i</i>	+	*	()	\$
<i>E</i>	1			1		
<i>E'</i>		2			3	3
<i>T</i>	4			4		
<i>T'</i>		6	5		6	6
<i>F</i>	8			7		

Vstupní řetězec: *i * i \$*

Pravidla:

1: *E* → *TE'*

2: *E'* → +*TE'*

3: *E'* → ε

4: *T* → *FT'*

5: *T'* → **FT'*

6: *T'* → ε

7: *F* → (*E*)

8: *F* → *i*

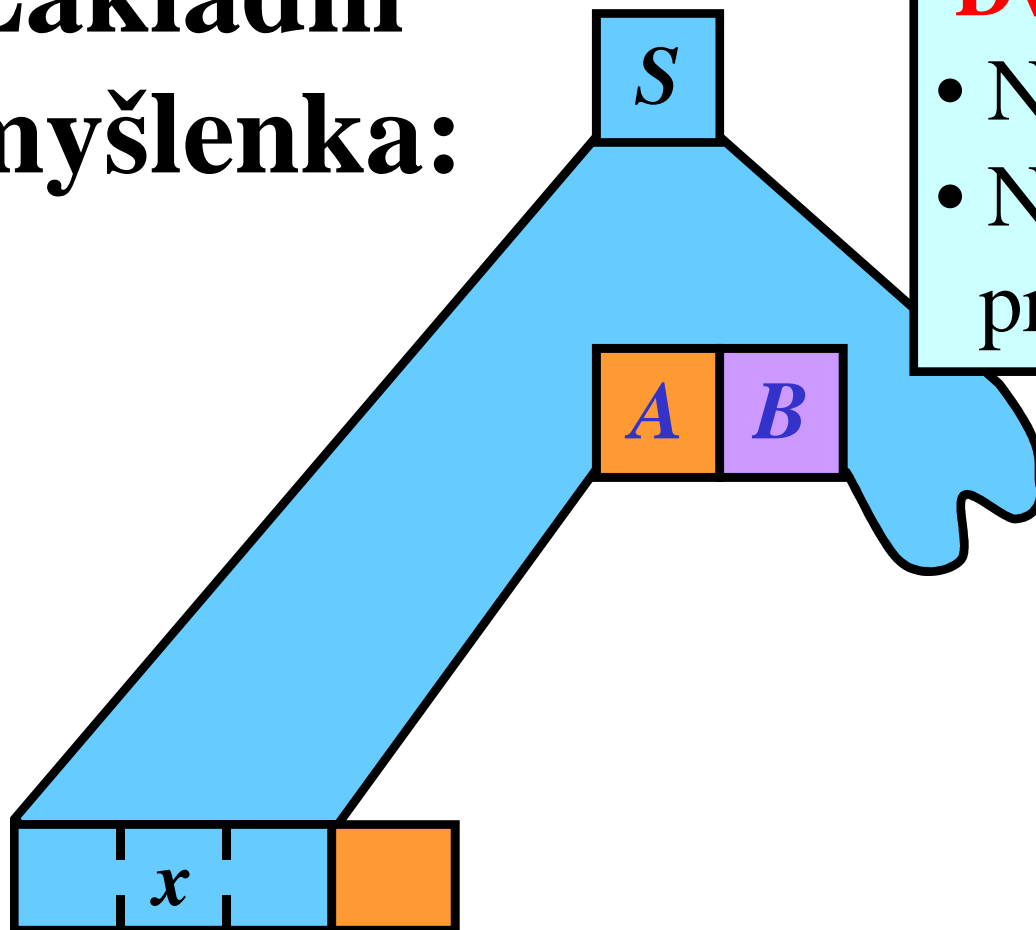
Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
\$ <i>E</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	1: <i>E</i> → <i>TE'</i>	<i>E</i> ⇒ <i>TE'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	4: <i>T</i> → <i>FT'</i>	⇒ <i>FT'E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>iT'E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> * <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	* <i>i</i> \$	5: <i>T'</i> → * <i>FT'</i>	⇒ <i>i*FT'E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F*</i>	* <i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>F</i>	<i>i</i> \$	8: <i>F</i> → <i>i</i>	⇒ <i>i*iT'E'</i>
\$ <i>E'</i> <i>T'</i> <i>i</i>	<i>i</i> \$		
\$ <i>E'</i> <i>T'</i>	\$	6: <i>T'</i> → ε	⇒ <i>i*iE'</i>
\$ <i>E'</i>	\$	3: <i>E'</i> → ε	⇒ <i>i*i</i>
\$	\$		

Úspěch

Levý rozbor: 1485863

Zotavení z chyb: Úvod

**Základní
myšlenka:**



Dva typy chyb:

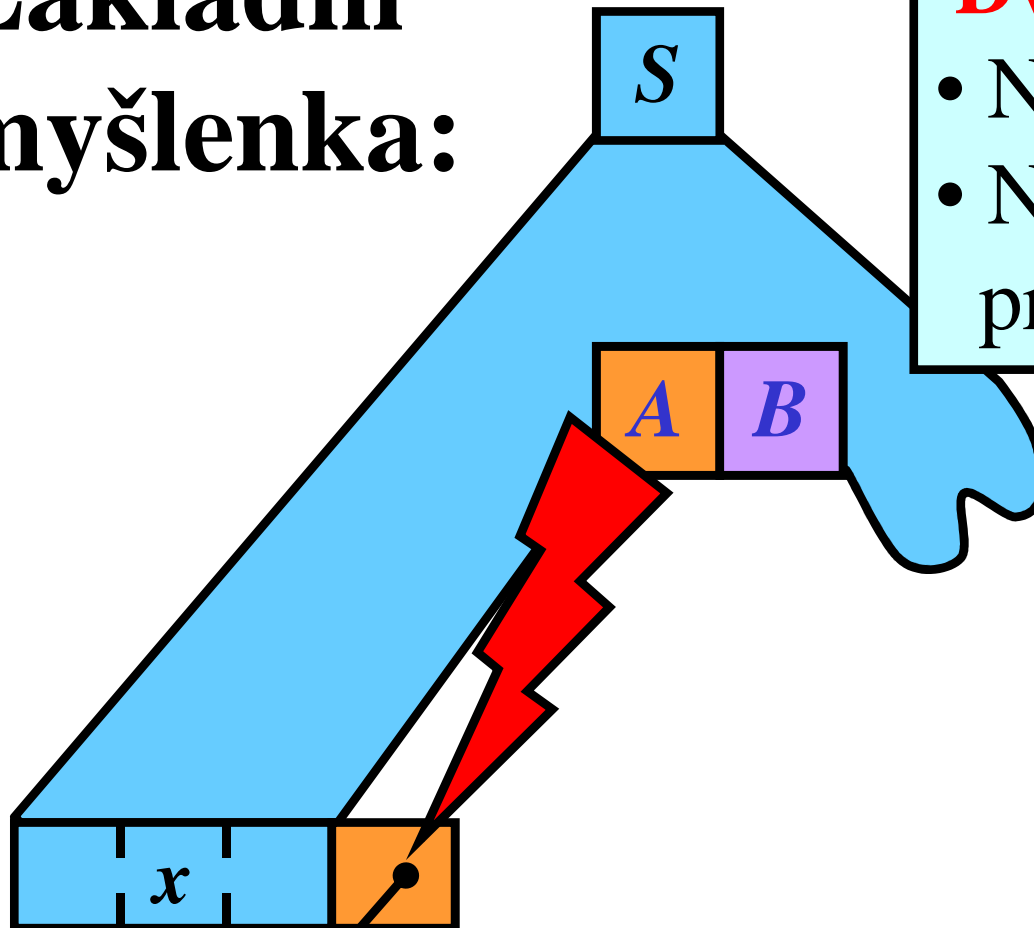
- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo

Zotavenení z chyb: Úvod

**Základní
myšlenka:**

Dva typy chyb:

- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo



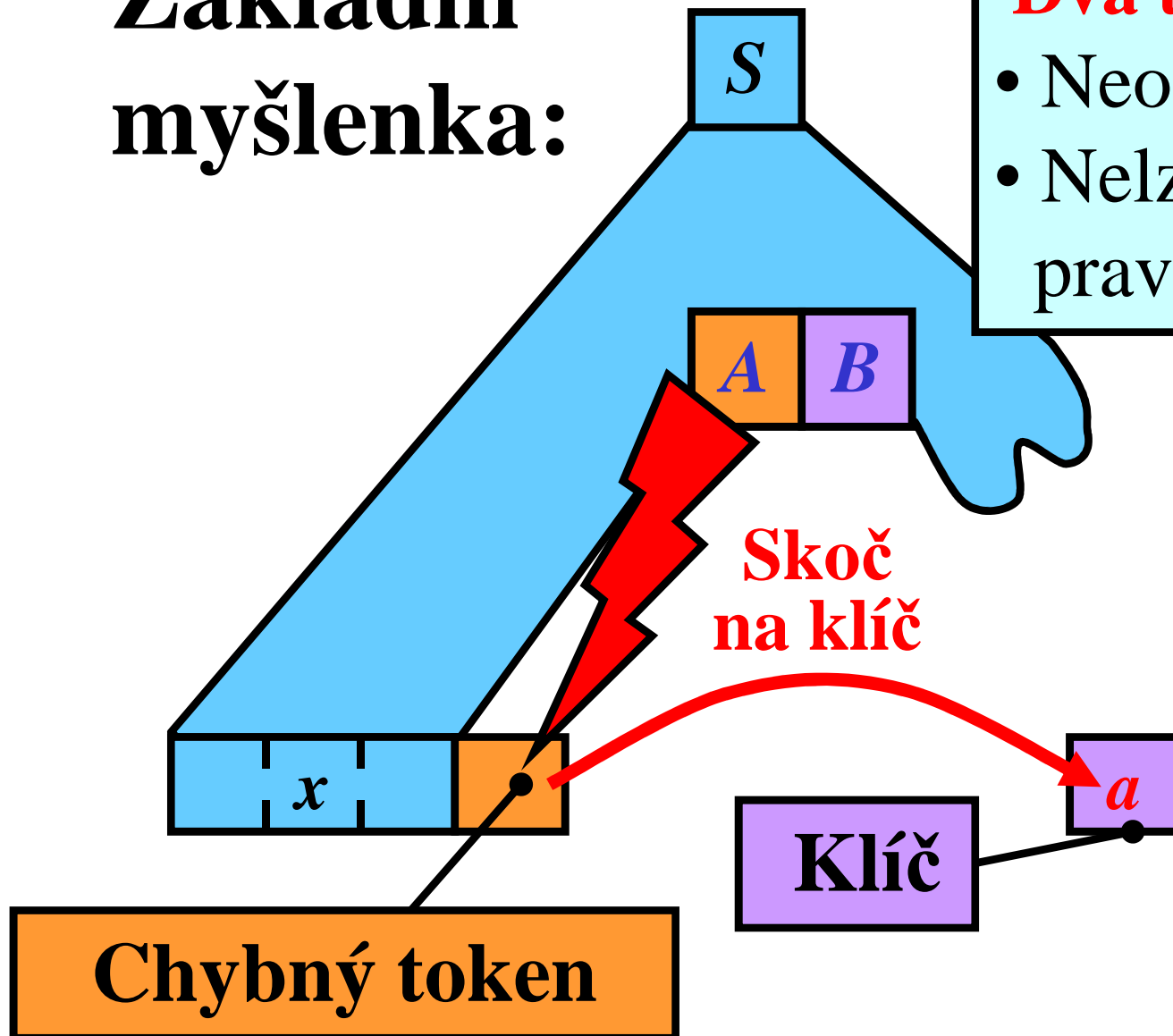
Chybný token

Zotavení z chyb: Úvod

**Základní
myšlenka:**

Dva typy chyb:

- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo

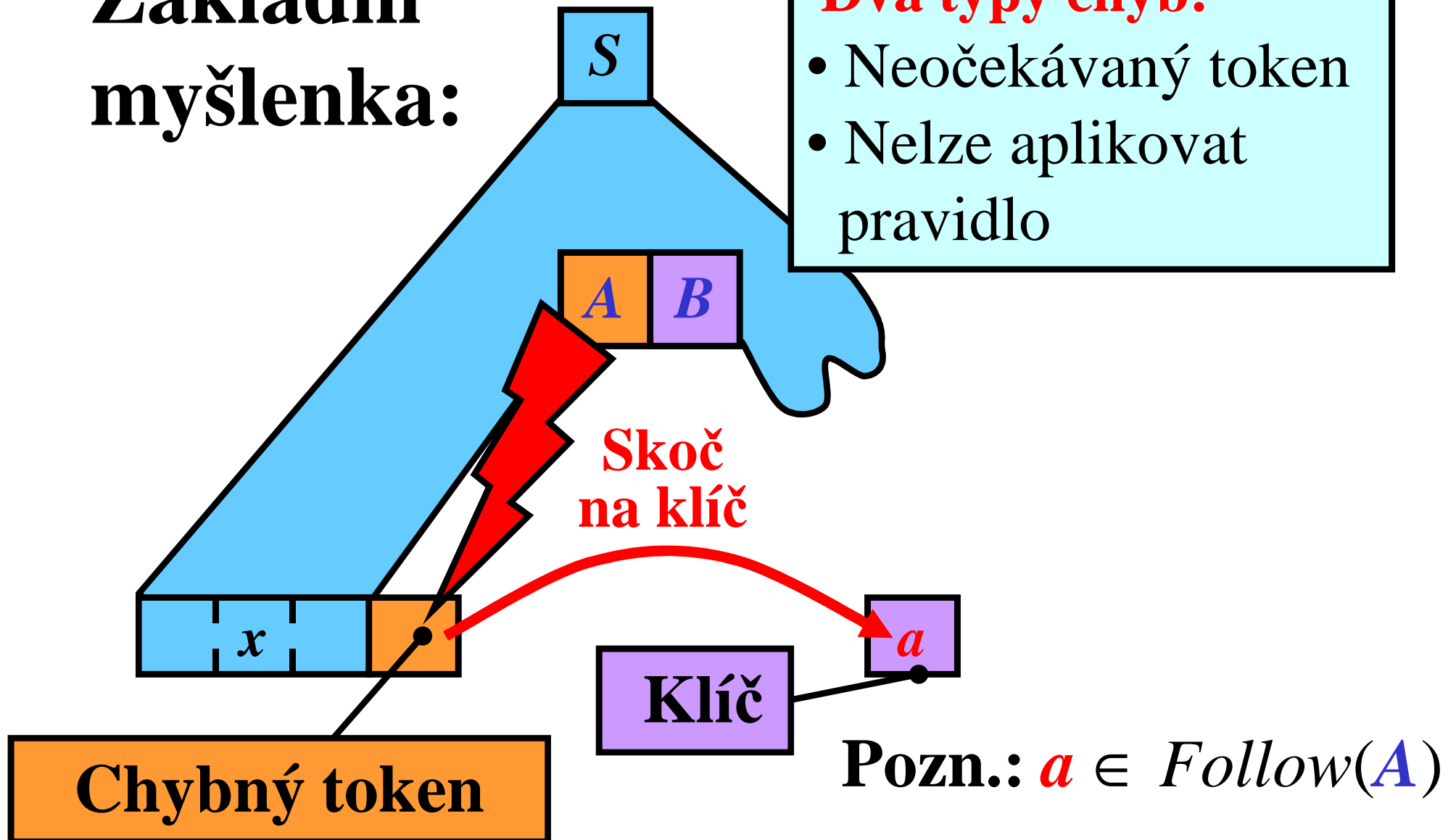


Zotavení z chyb: Úvod

**Základní
myšlenka:**

Dva typy chyb:

- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo

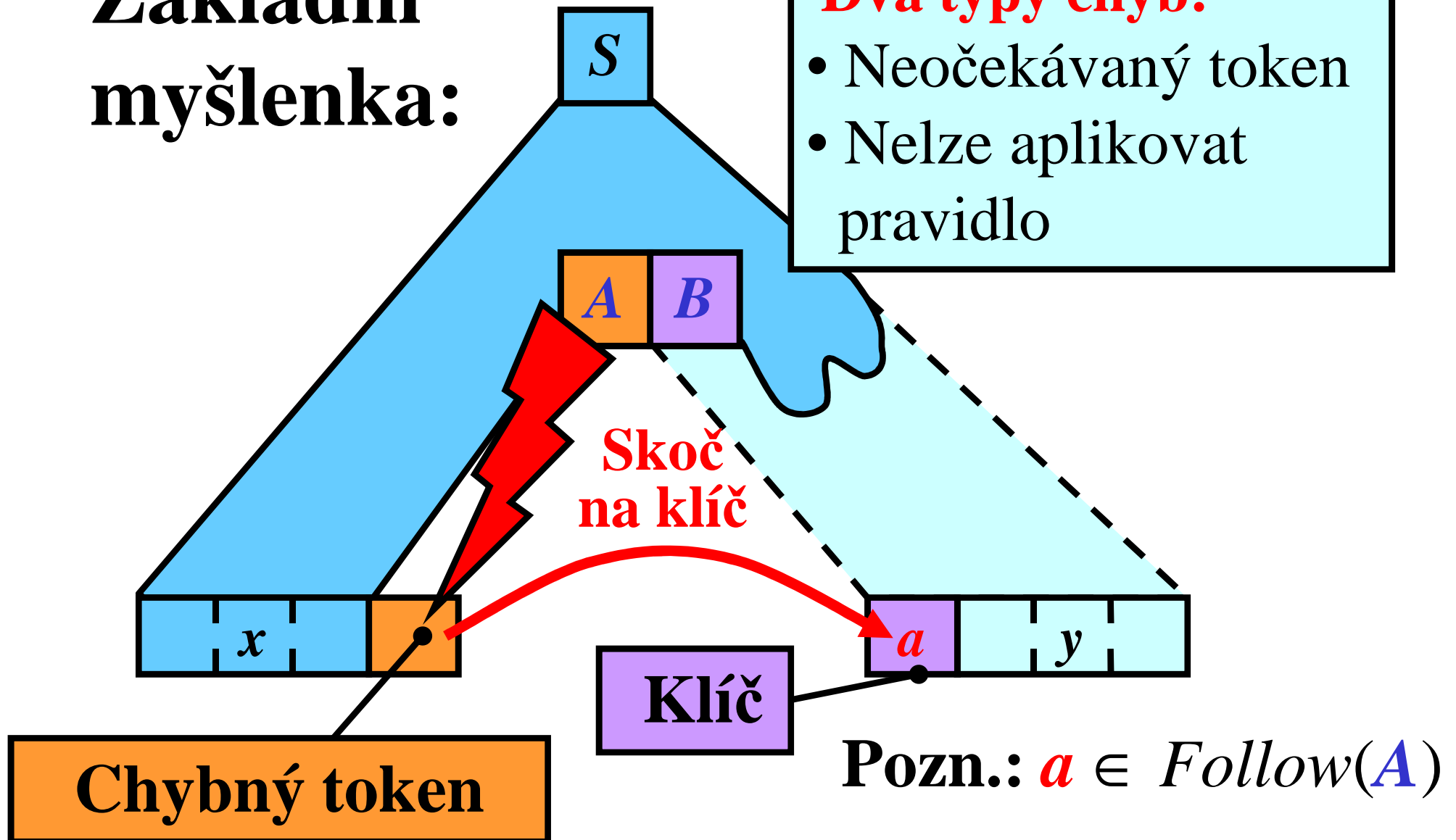


Zotavení z chyb: Úvod

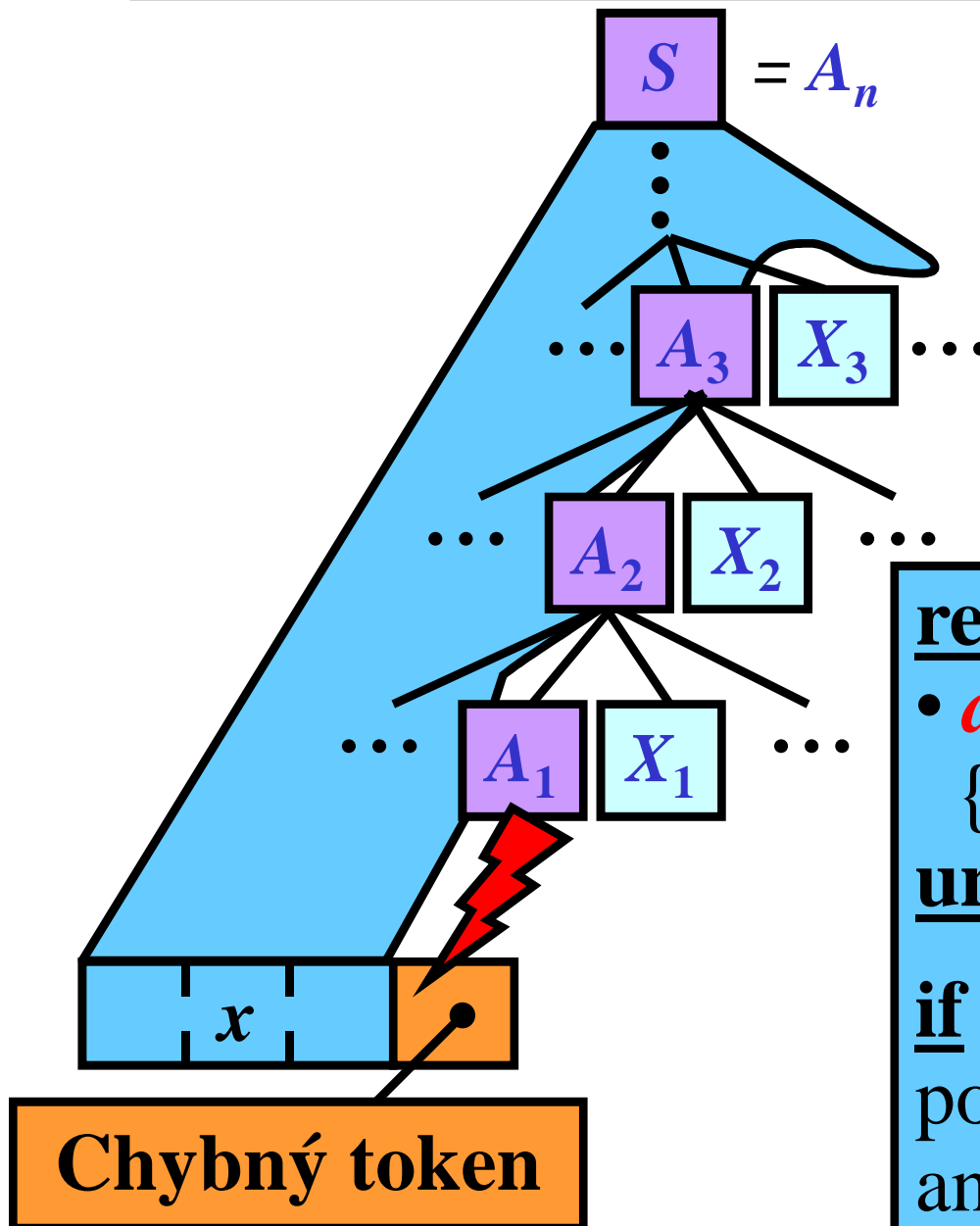
**Základní
myšlenka:**

Dva typy chyb:

- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo



Hartmannova metoda: Zotavení z chyb



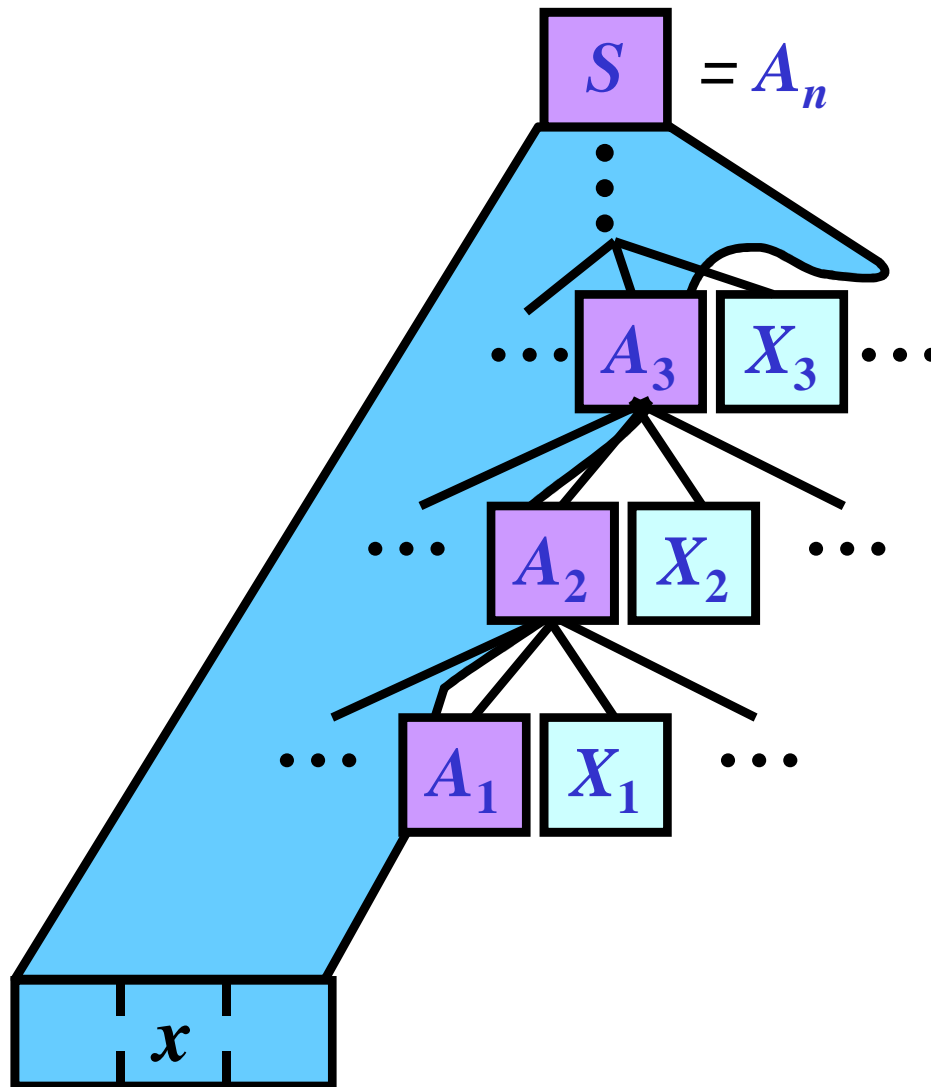
• Necht' **Context**(A_1) =
 $Follow(A_1) \cup$
 $Follow(A_2) \cup$
 \dots
 $Follow(A_n)$

repeat

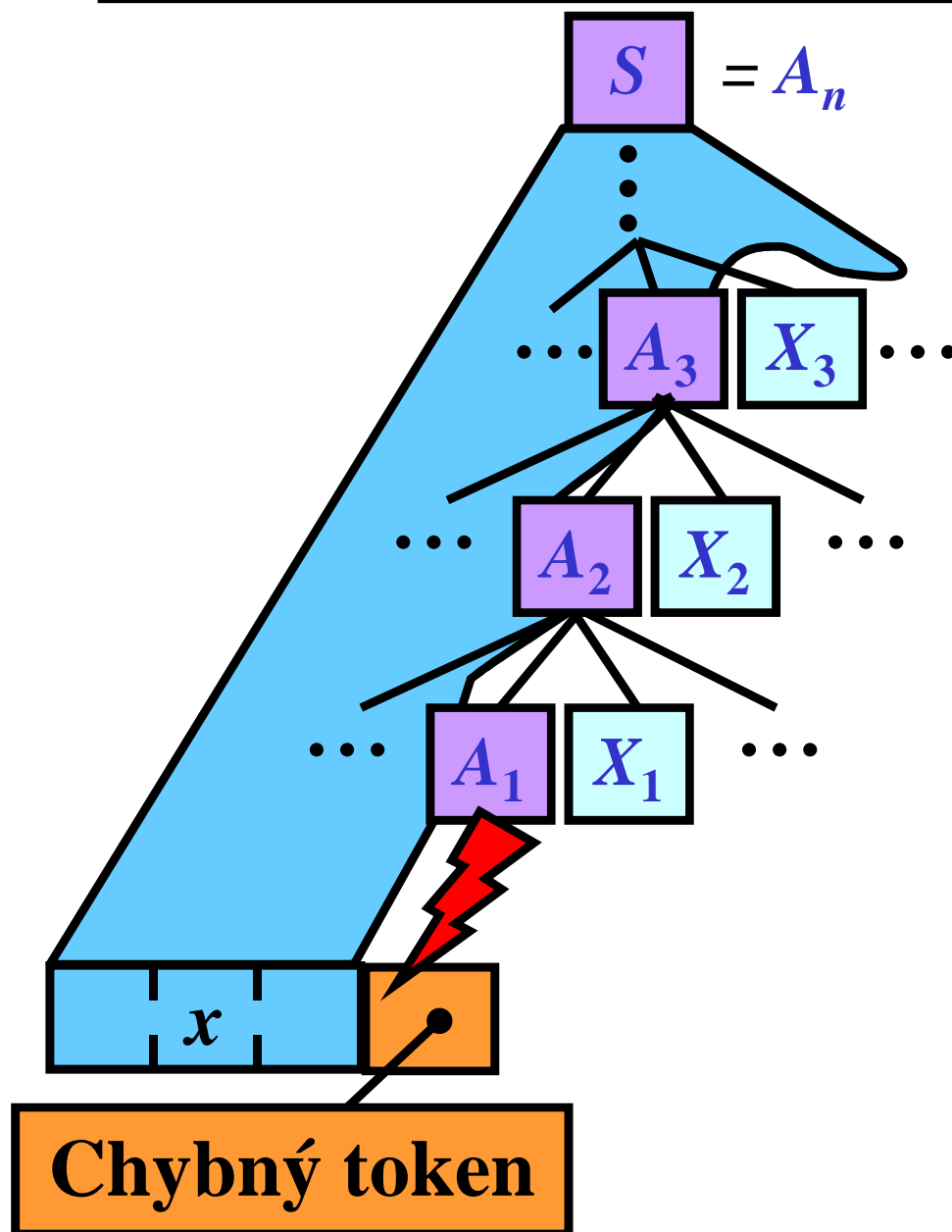
• $a := \text{GetNextToken};$
 {Tyto tokeny přeskoč}
until a v množ. **Context**(A_1)

if a v množ. $Follow(A_i)$ then
 pokračuj v syntaktické
 analýze od symbolu X_i .

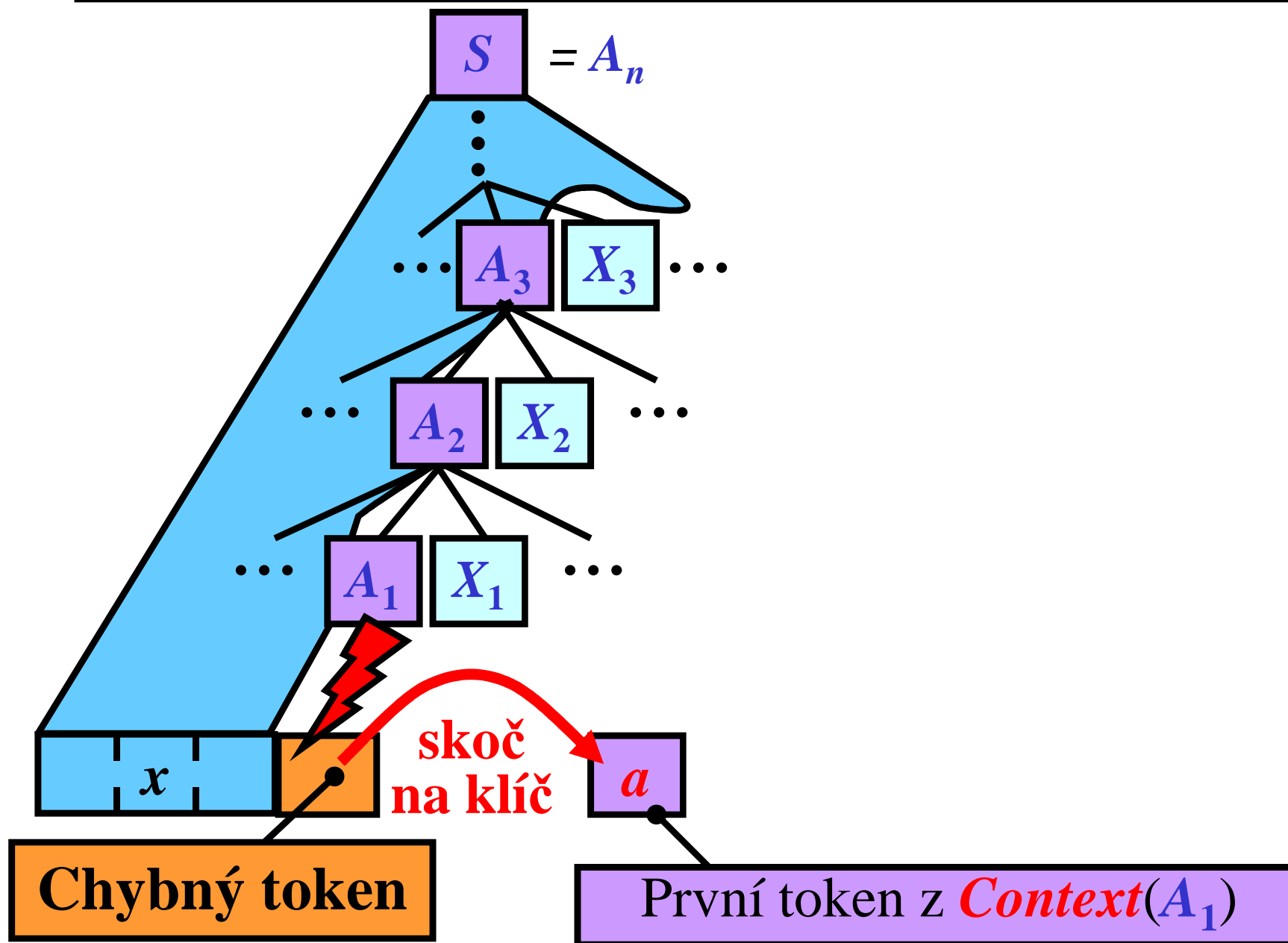
Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2



Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2

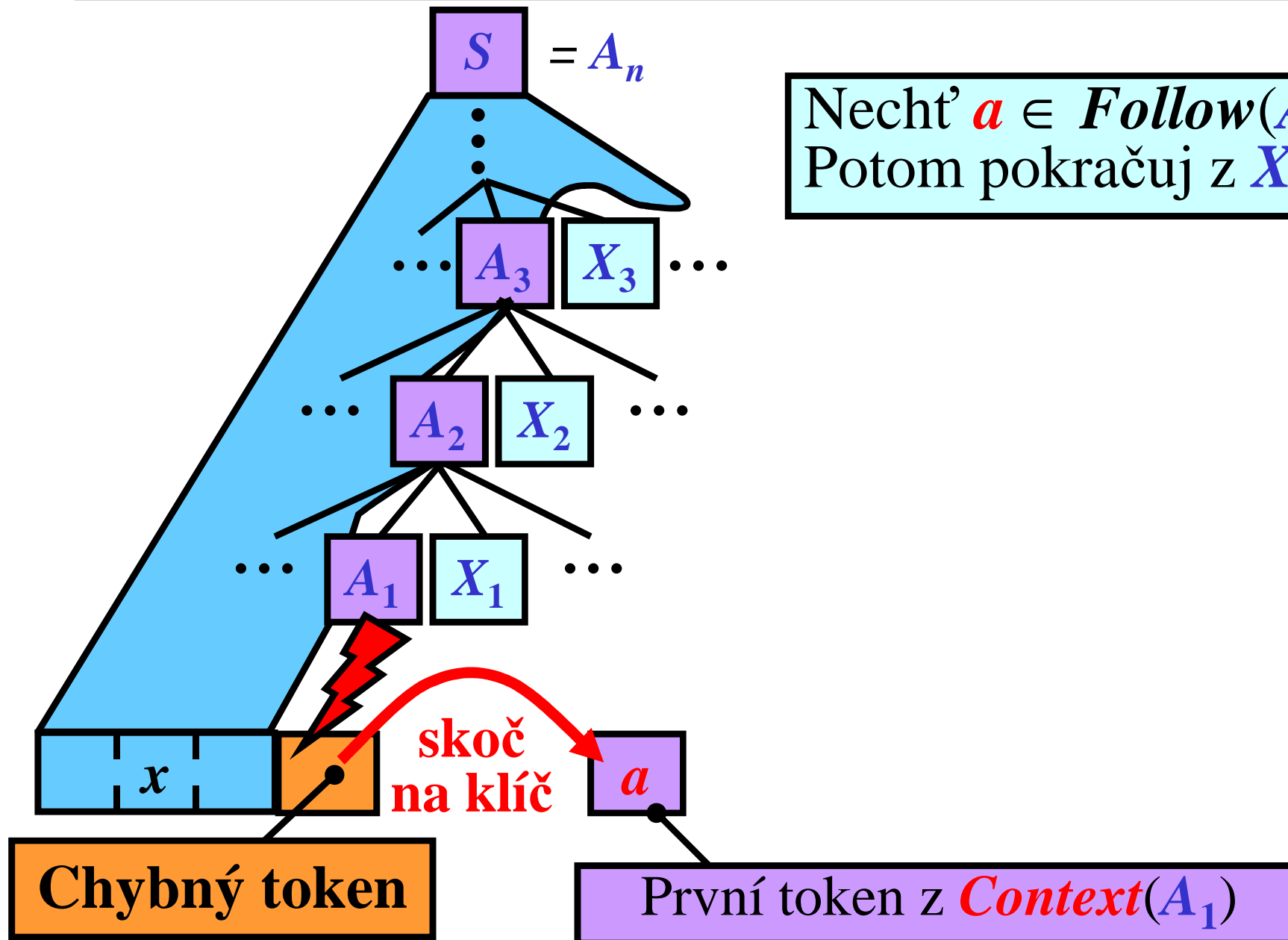


Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2

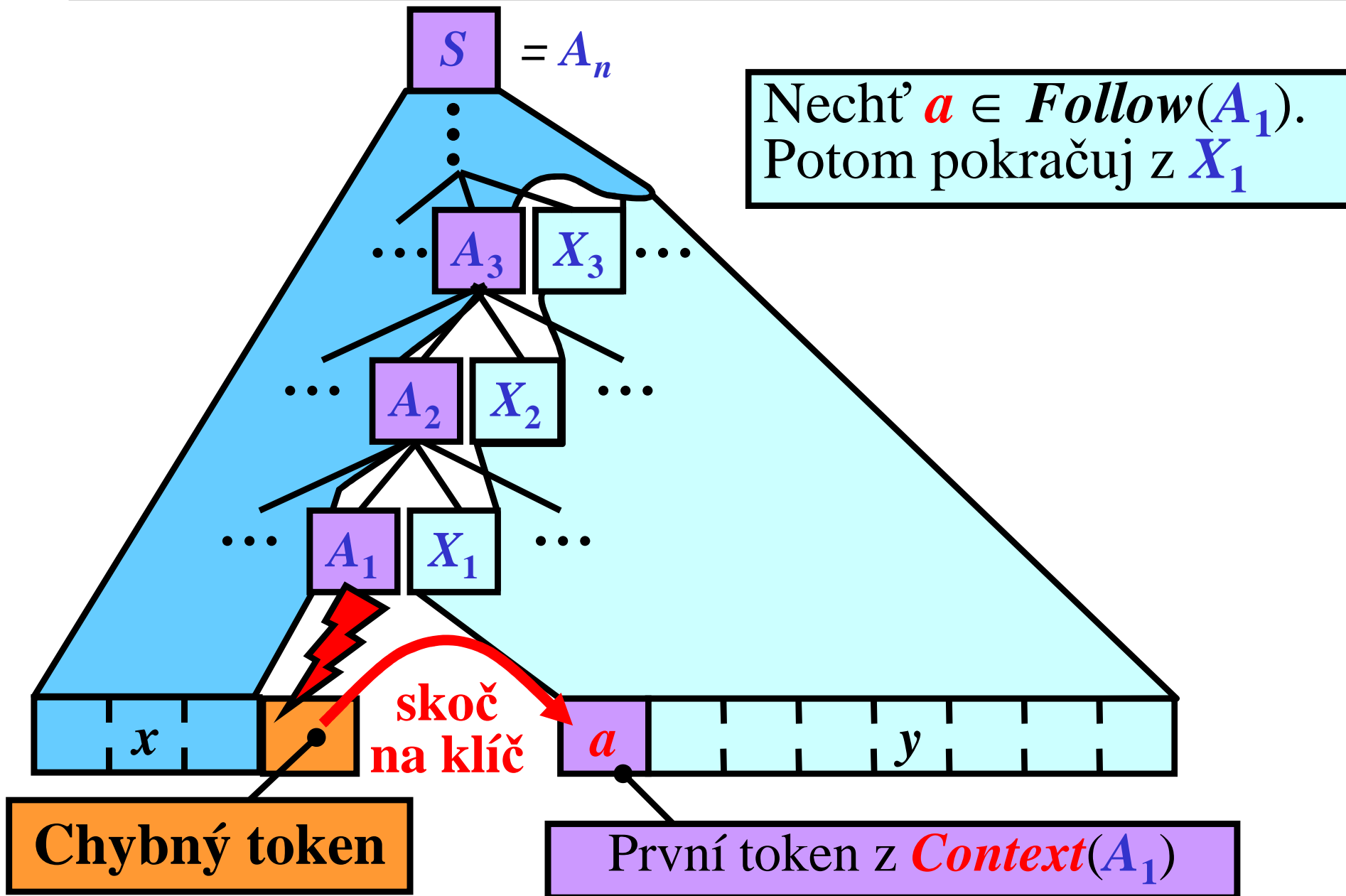


Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2

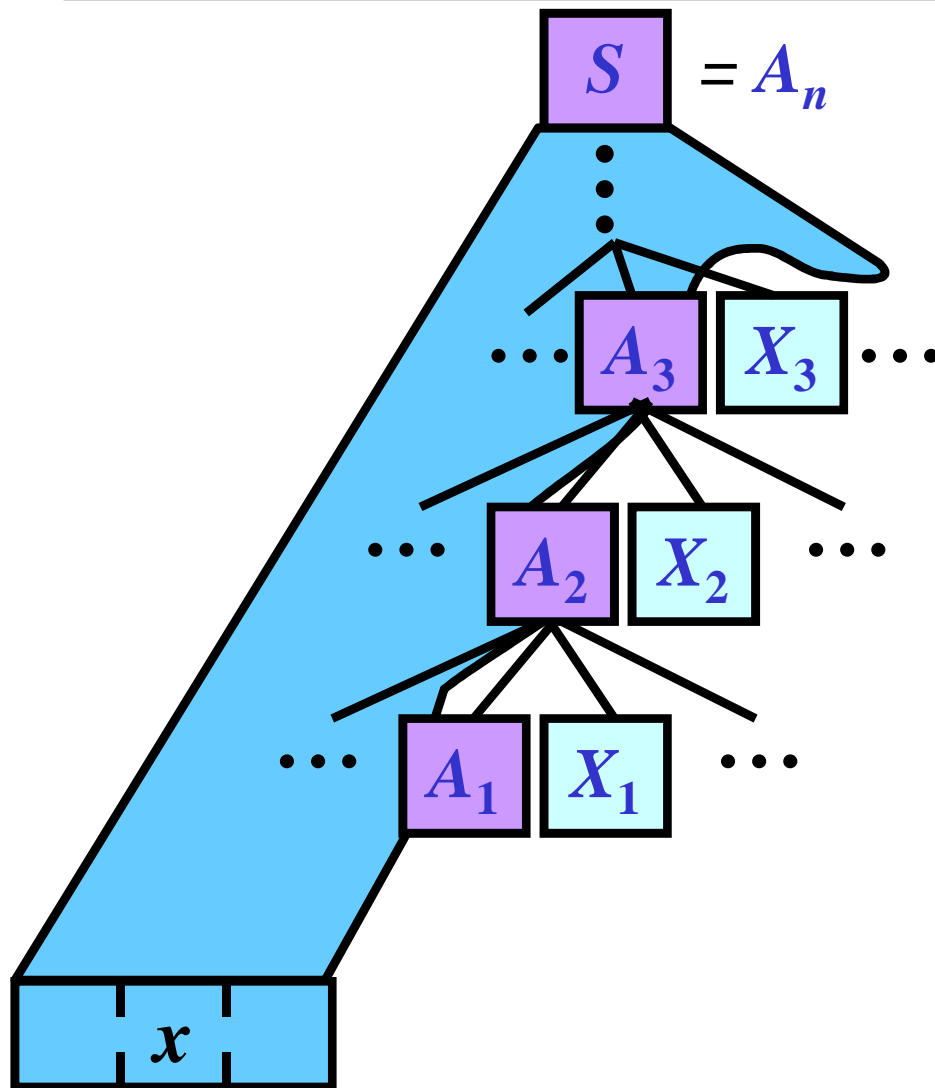
Necht' $a \in \textit{Follow}(A_1)$.
Potom pokračuj z X_1



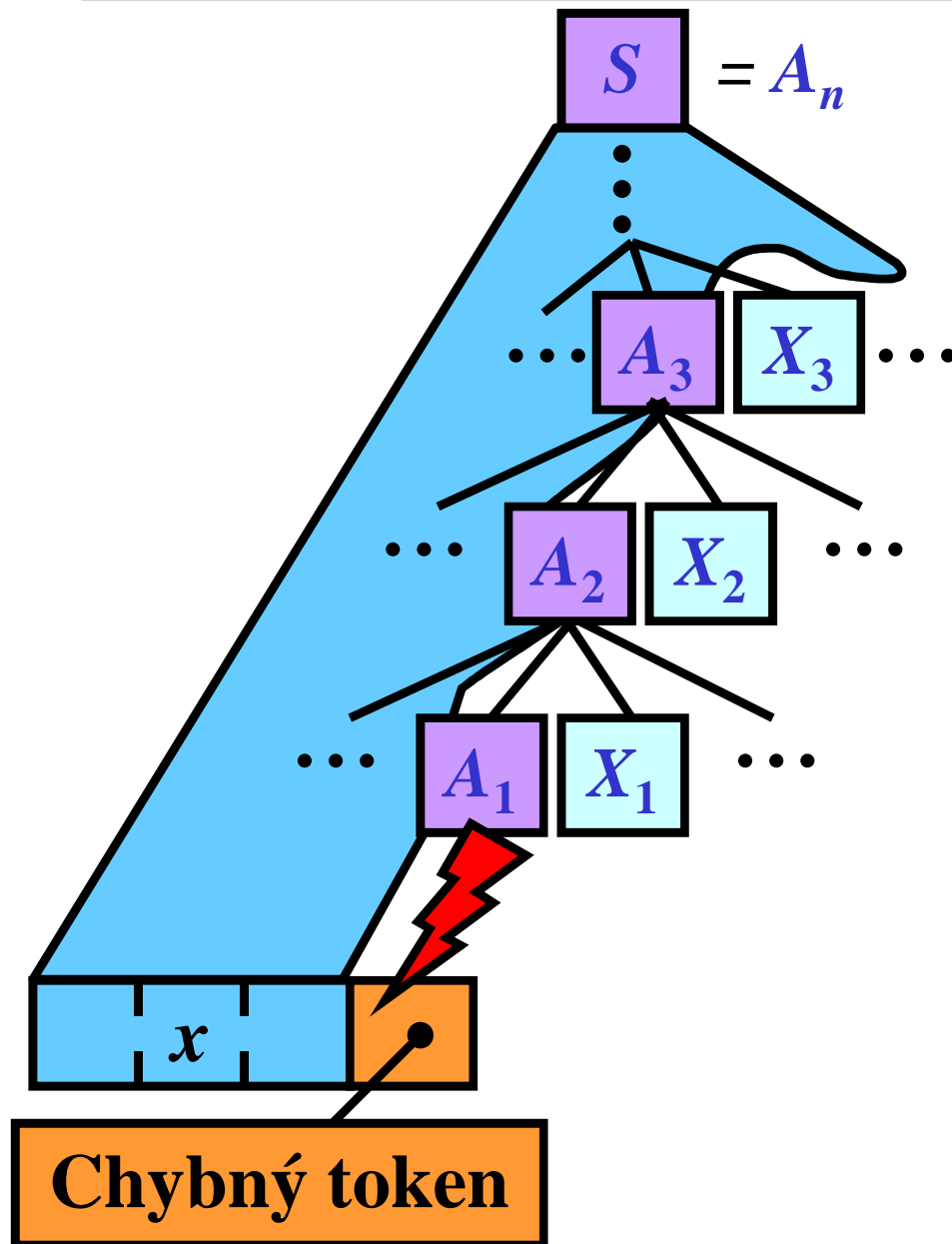
Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2



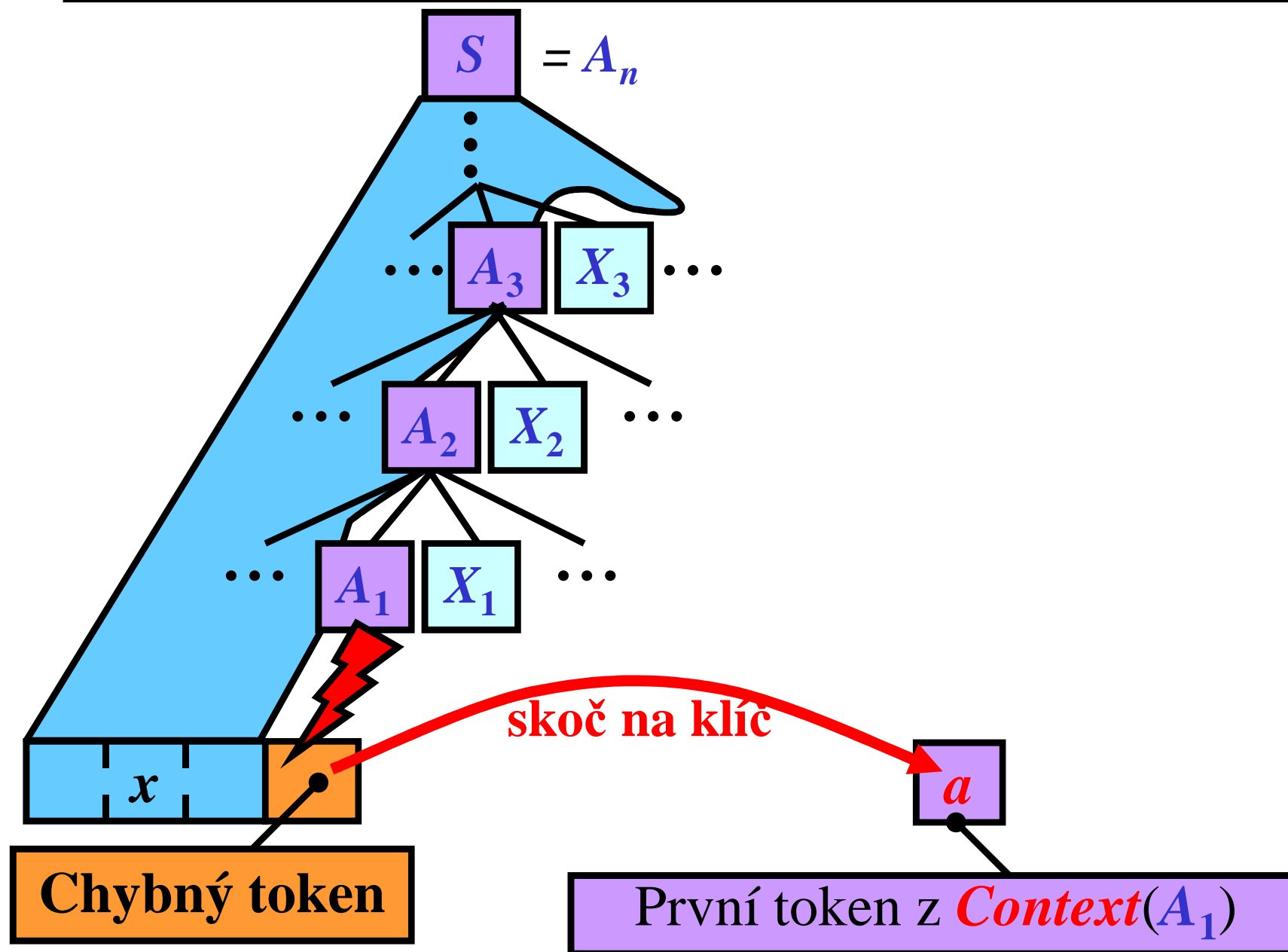
Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2



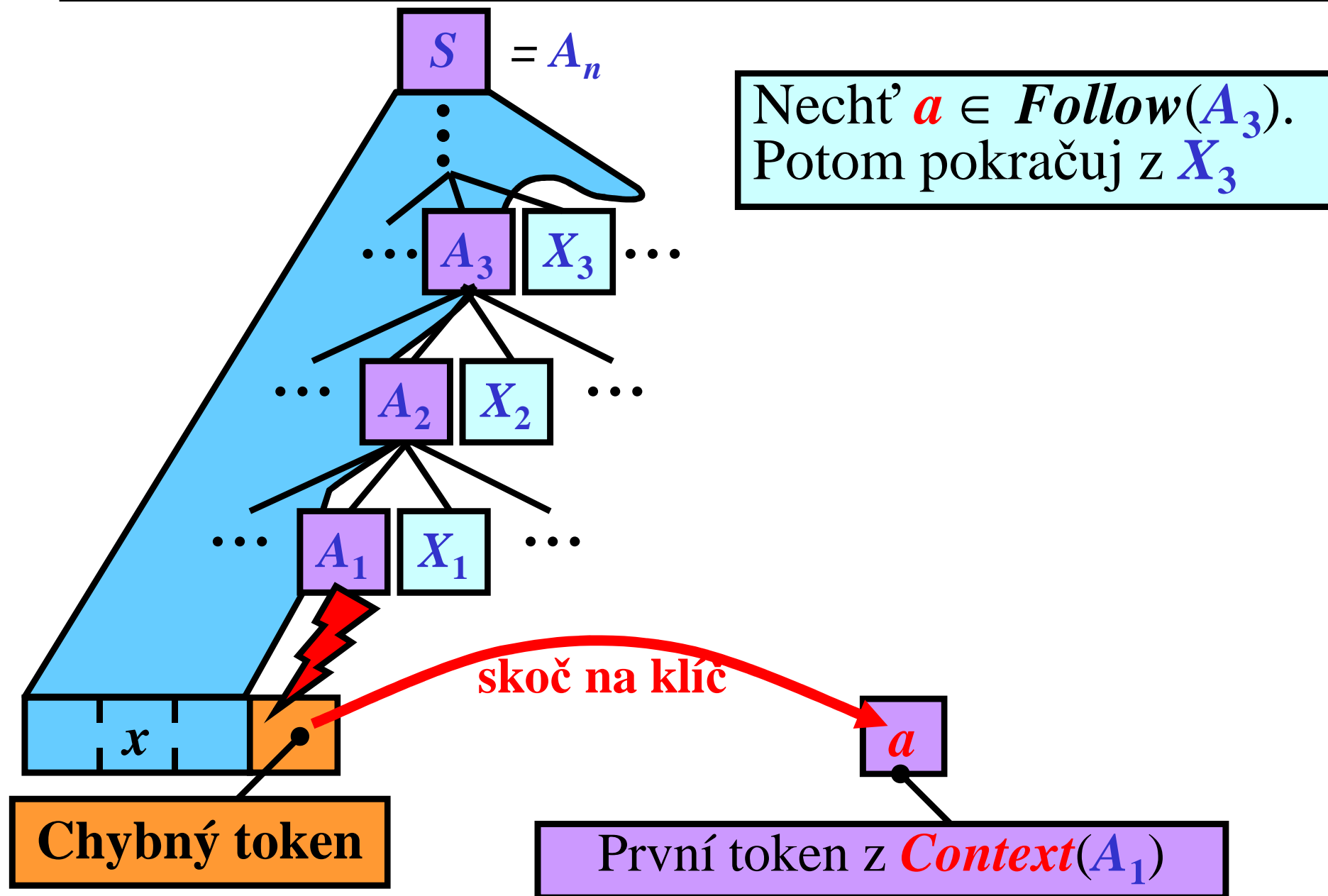
Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2



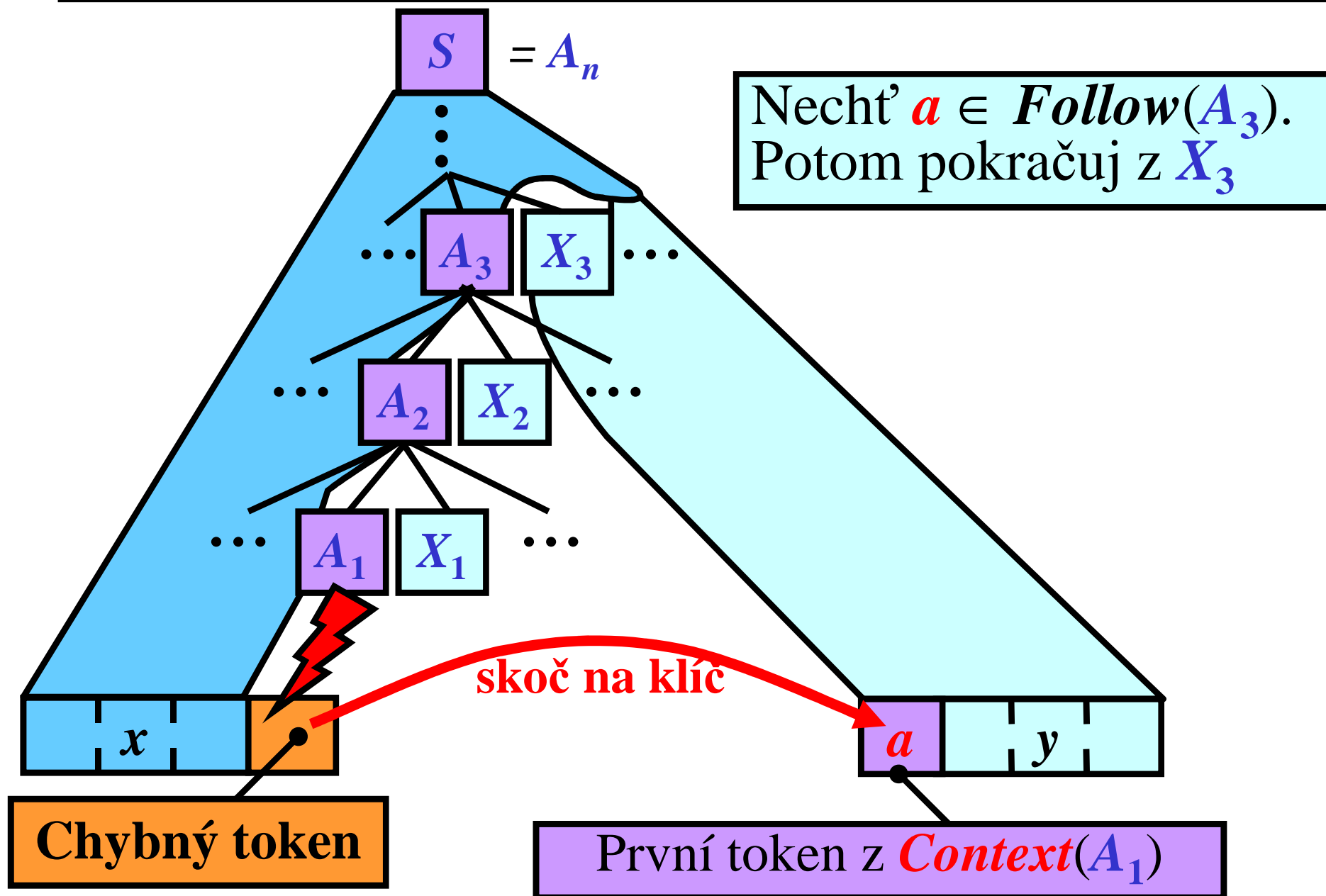
Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2



Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2



Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2



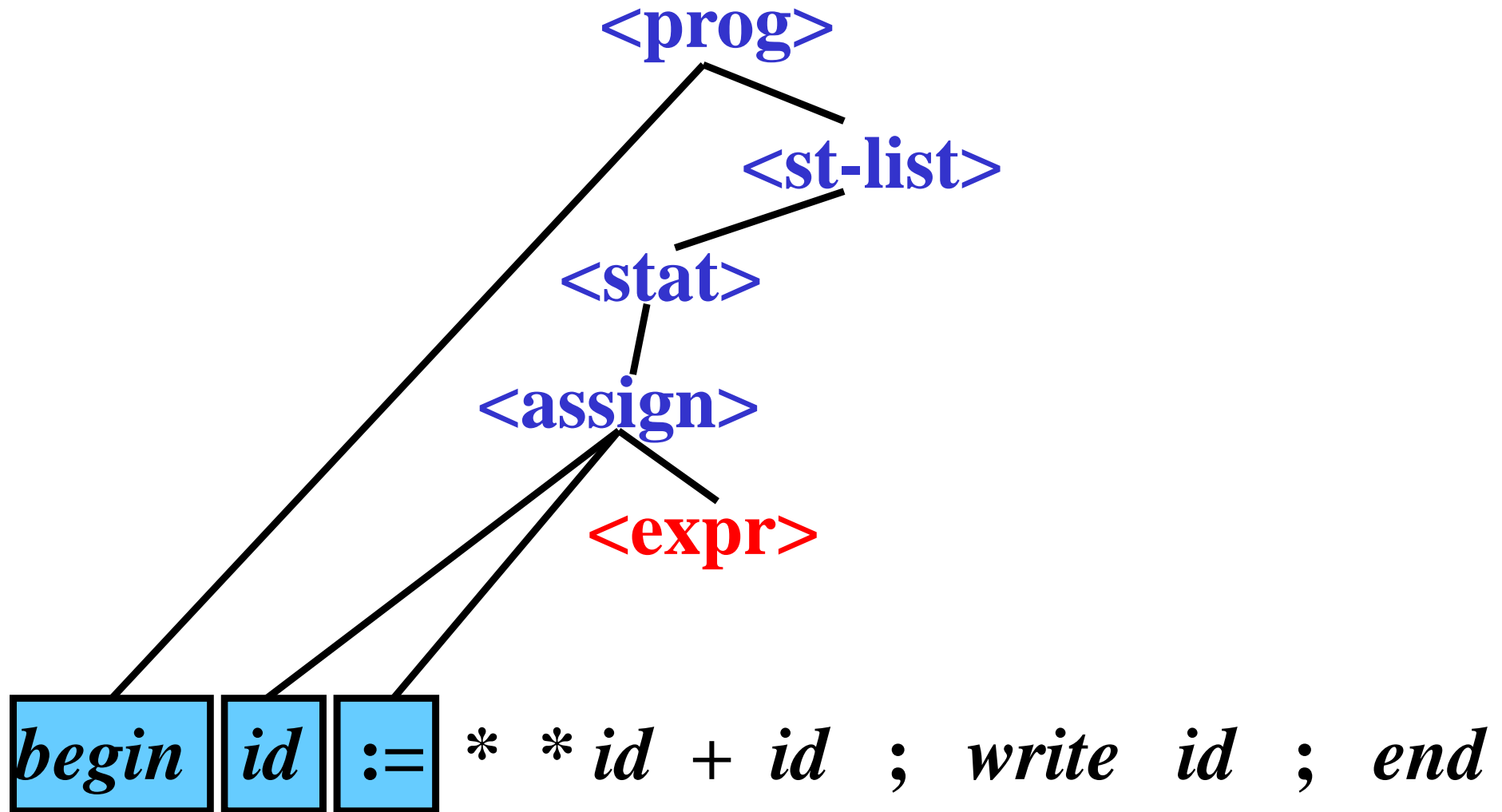
Context(X) pro prediktivní SA: Varianta I

Pro $G = (N, T, P, S)$,

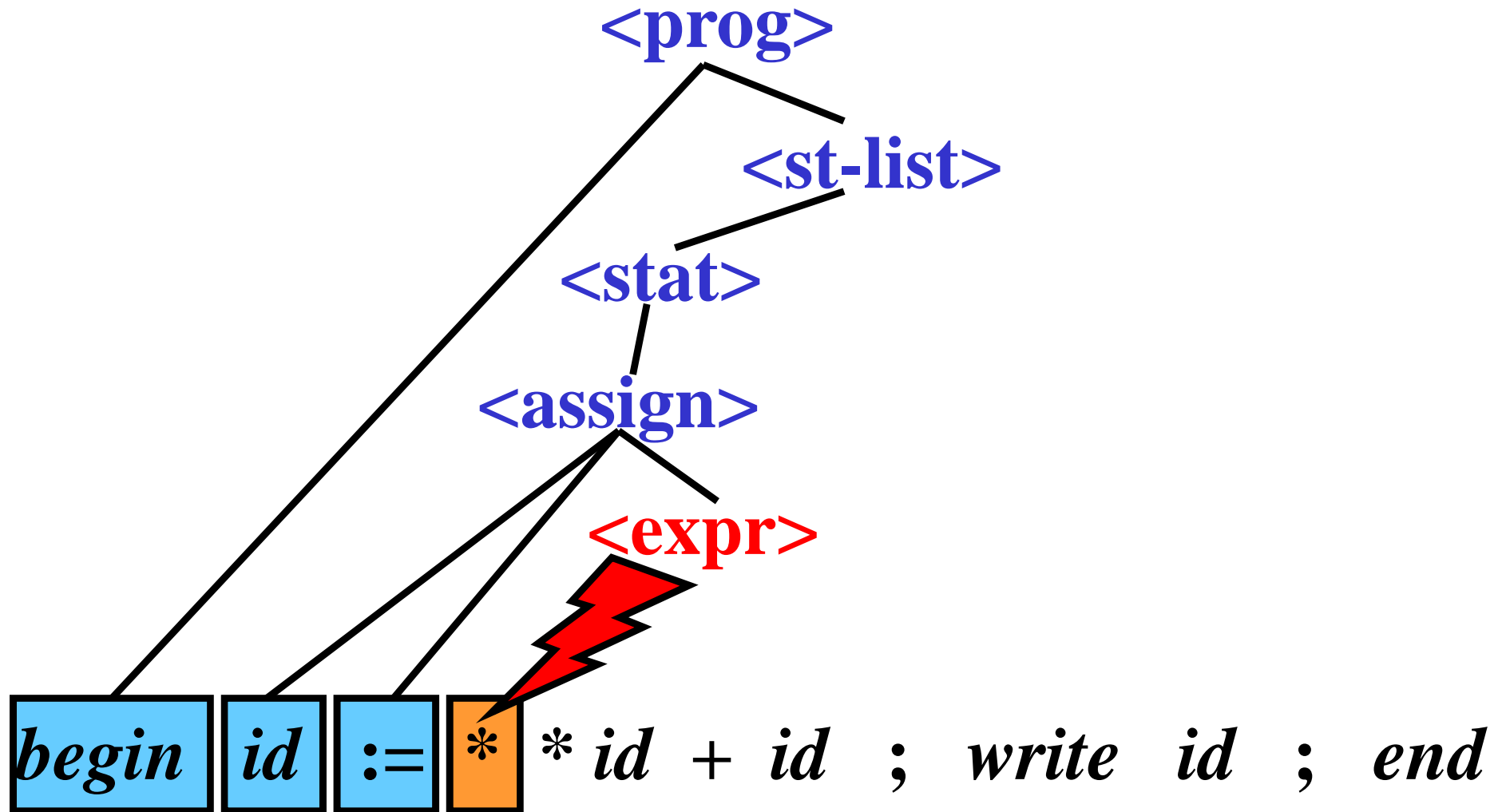
Context(A) = *Follow*(A) pro všechna $A \in N$

- **Metoda:**
- Necht' A je vrchol zásobníku & žádné pravidlo nelze použít:
- repeat
 - $a := \text{GetNextToken};$
{ Tyto tokeny jsou přeskočeny }
 - until a v množině ***Context***(A)
- odstraň A ze zásobníku;

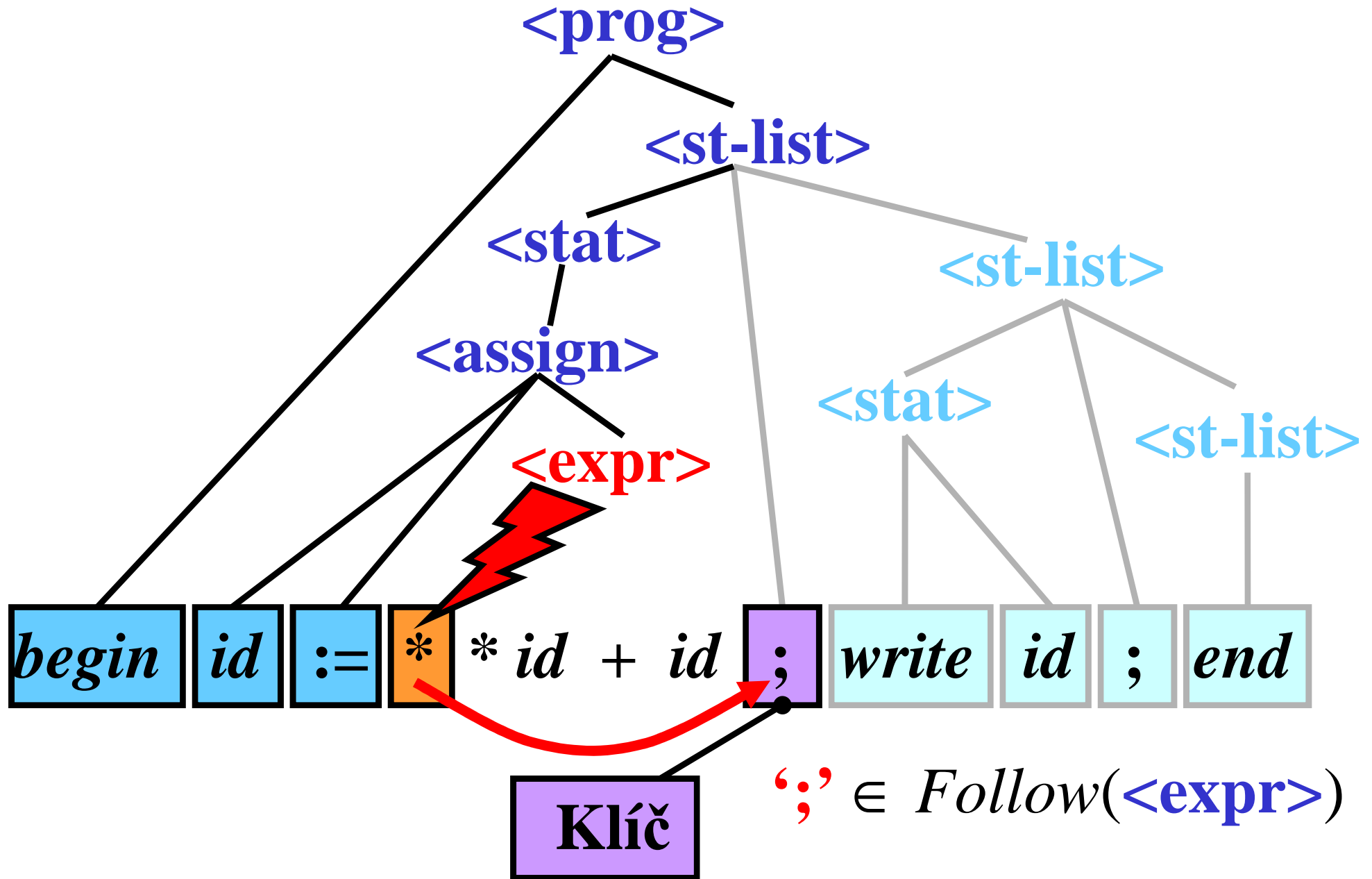
Varianta I: Příklad



Varianta I: Příklad



Varianta I: Příklad



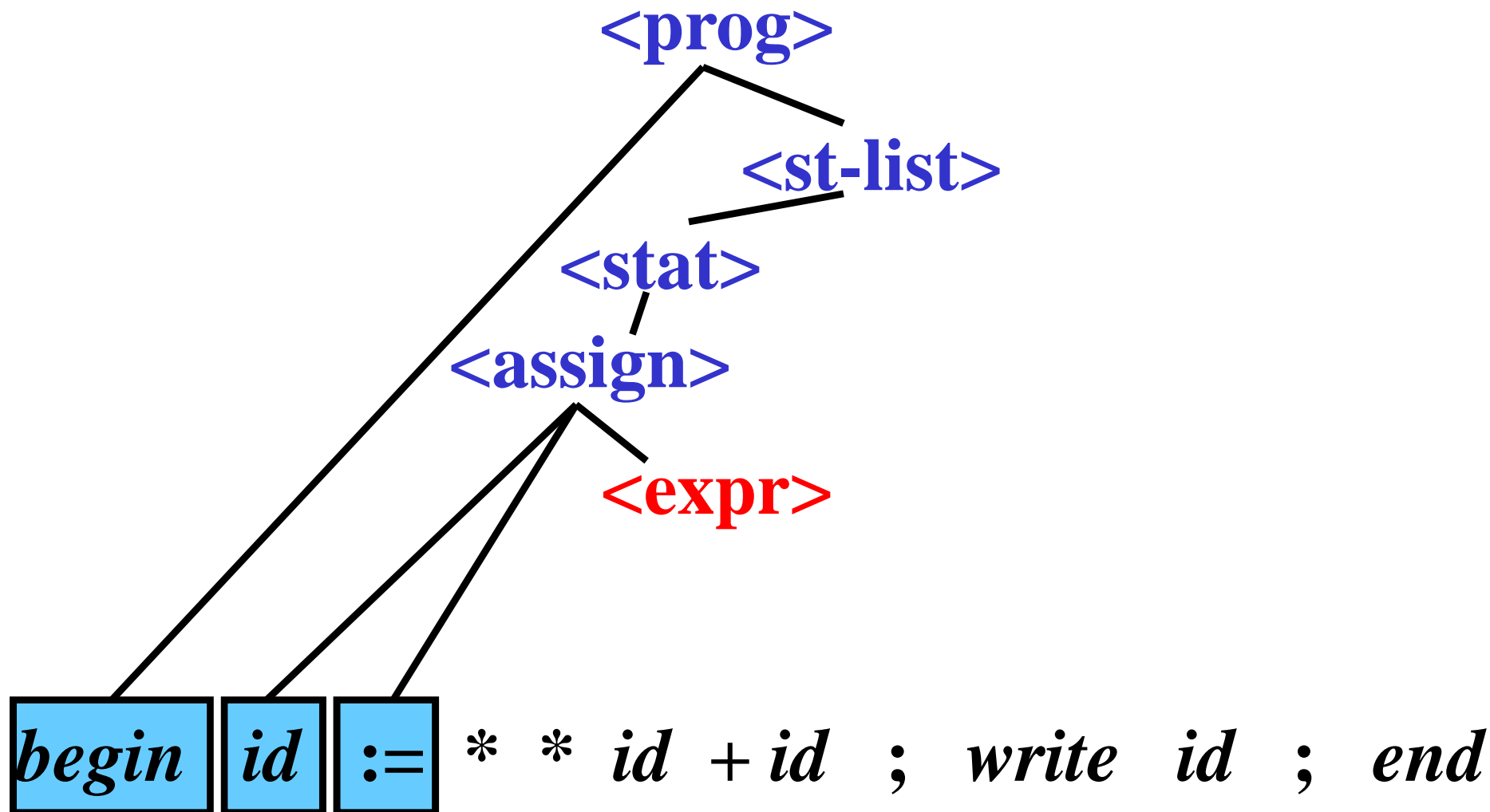
Context(X) pro prediktivní SA: Varianta II

Pro $G = (N, T, P, S)$,

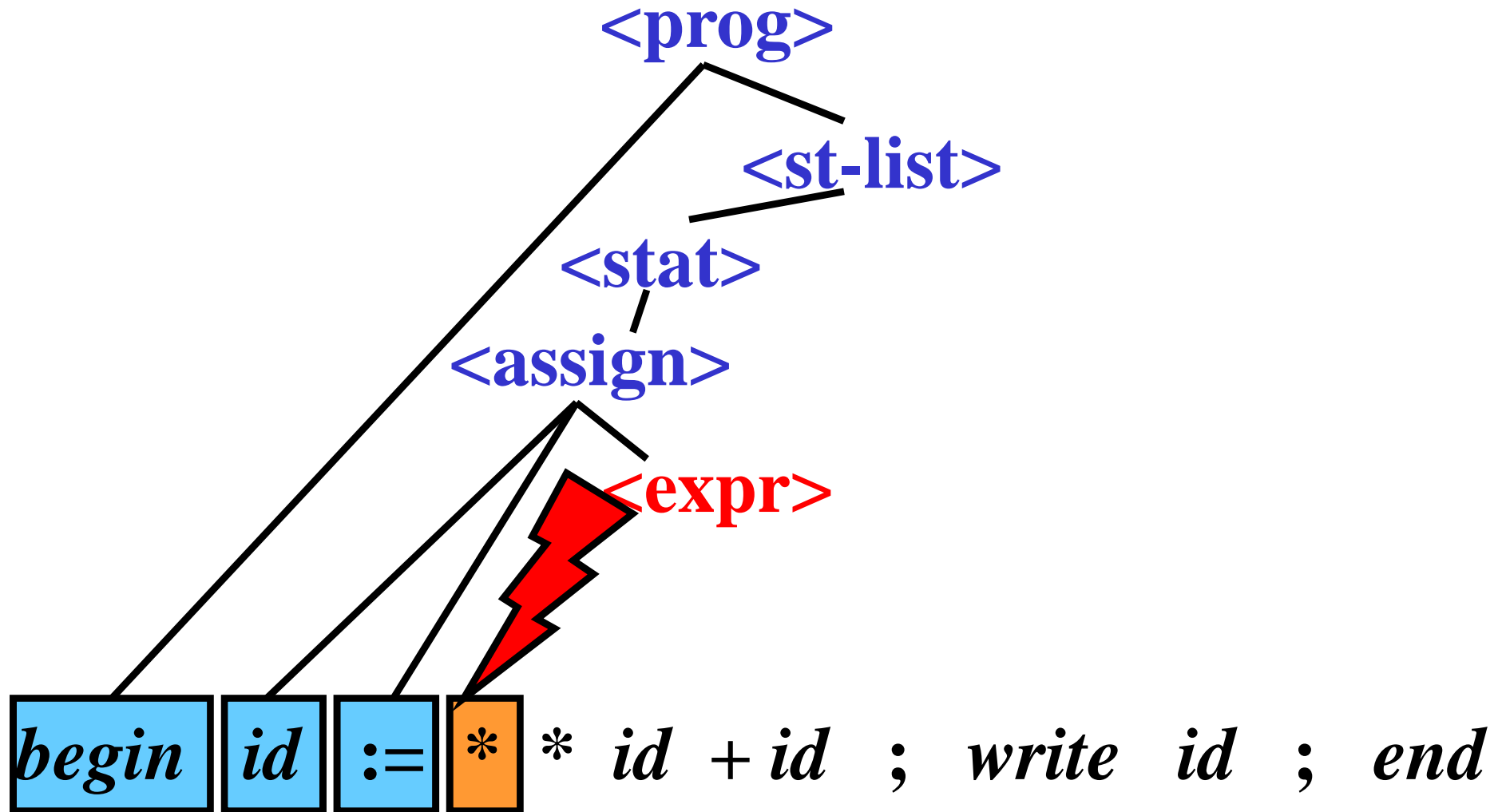
Context(A) = *First(A)* \cup *Follow(A)* pro všechna $A \in N$

- **Metoda:**
- Necht' A je vrchol zásobníku & žádné pravidlo nelze použít:
- repeat
 - $a := \text{GetNextToken};$
 - { Tyto tokeny jsou přeskočeny }
 - until a v množině ***Context(A)***
- if $a \in \text{First}(A)$ then ponech symbol A na zásobníku
else odstraň A ze zásobníku; // $a \in \text{Follow}(A)$

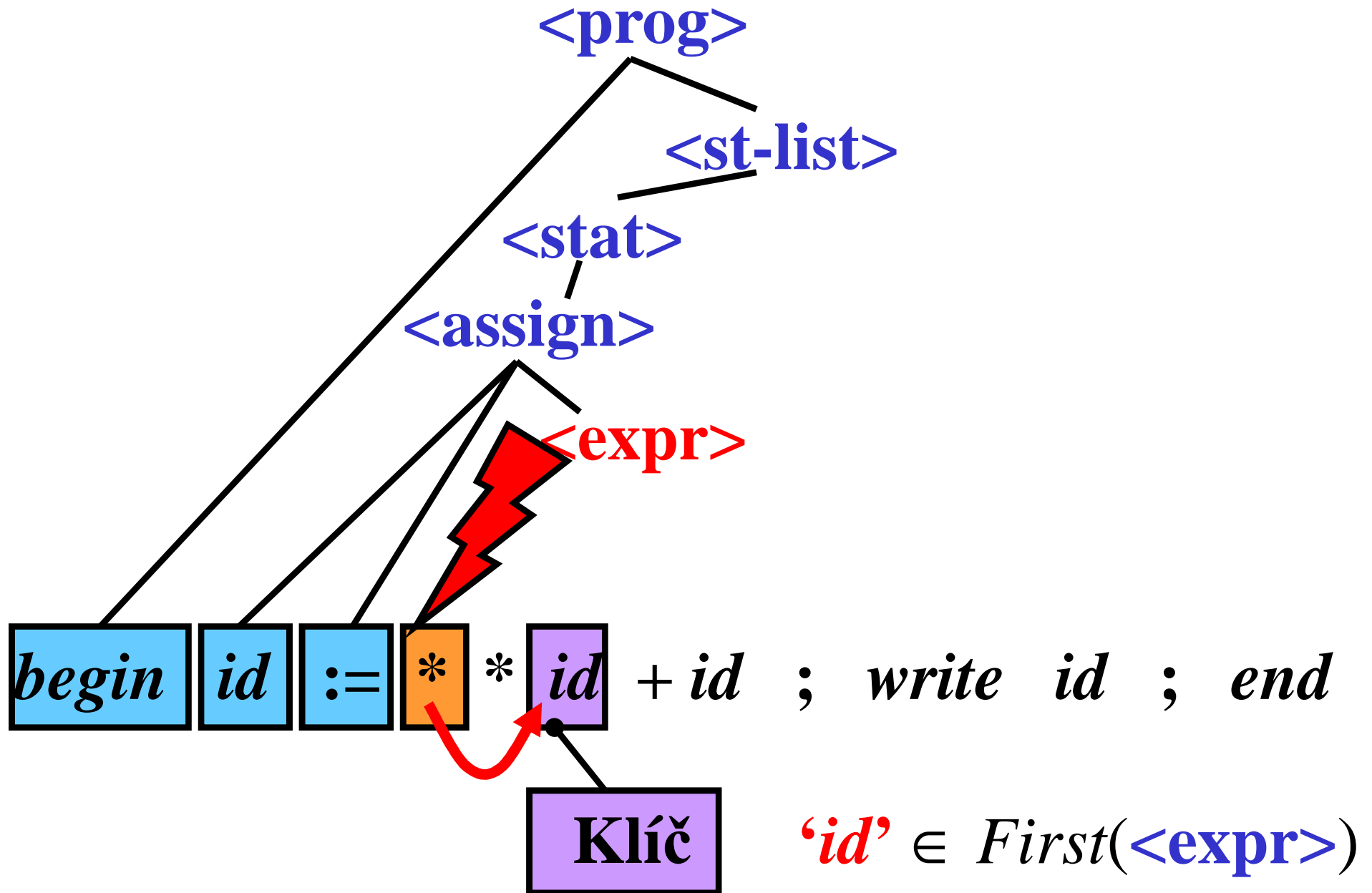
Varianta II: Příklad



Varianta II: Příklad



Varianta II: Příklad



Varianta II: Příklad

