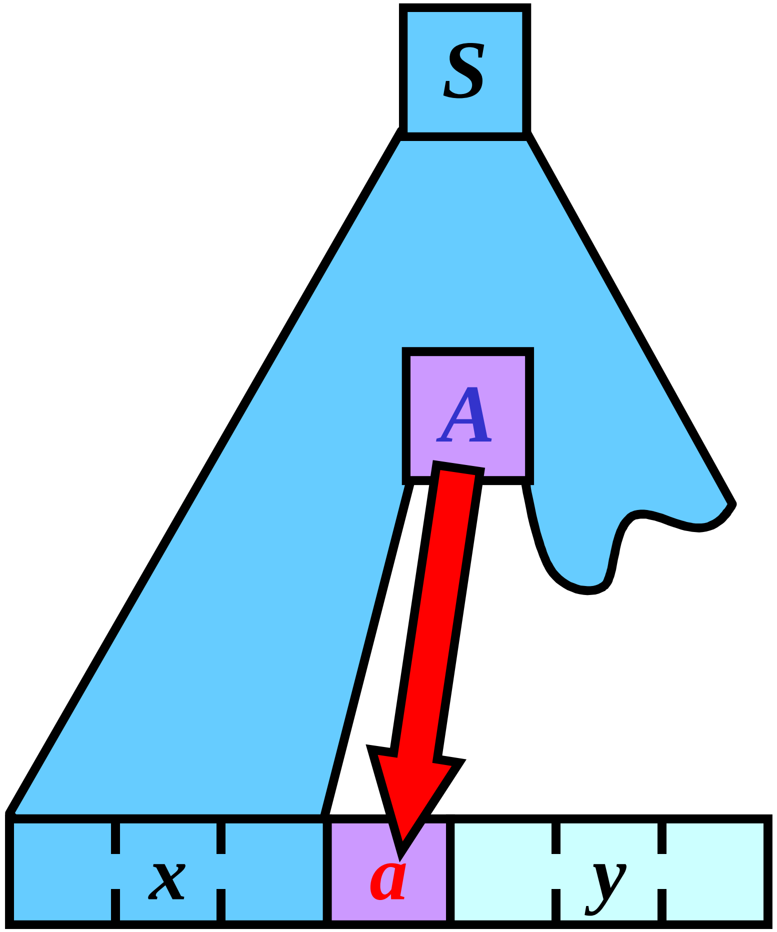
Kapitola VII.
Syntaktická analýza shora dolů

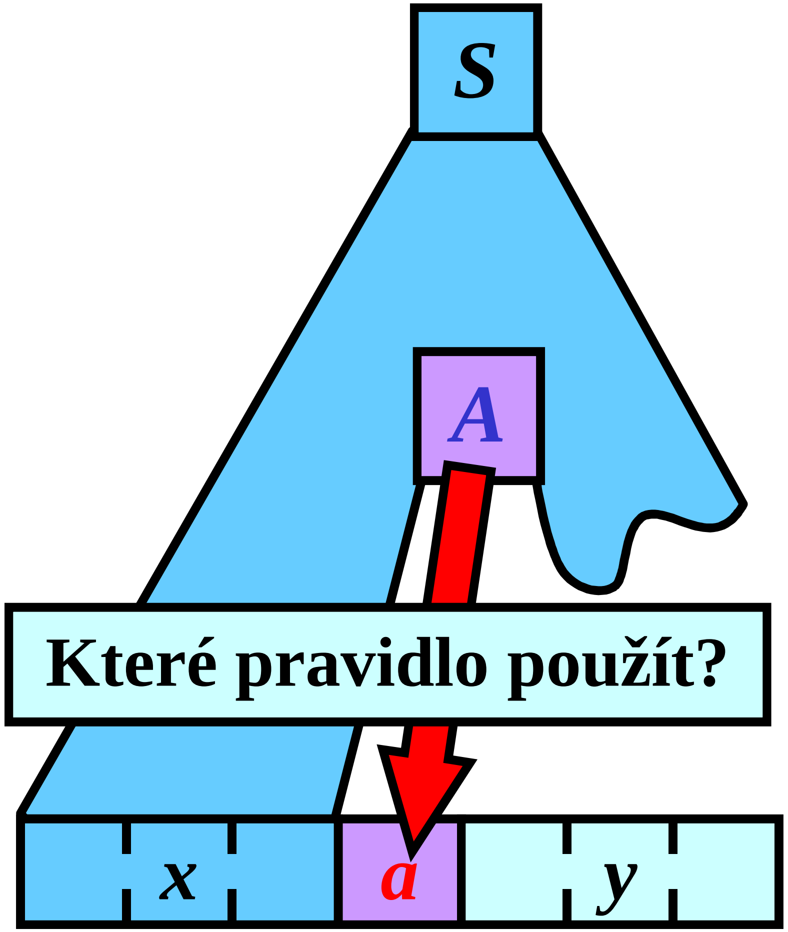
SA shora dolů: Úvod

Problém:



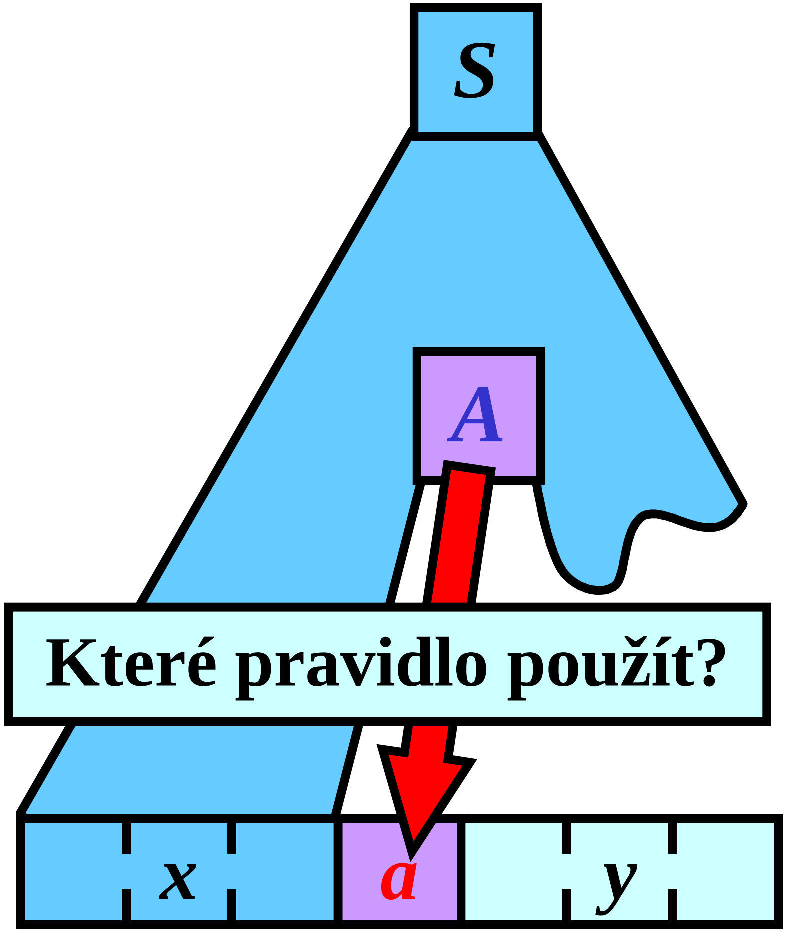
SA shora dolů: Úvod

Problém:



SA shora dolů: Úvod

Problém:



Myšlenka:

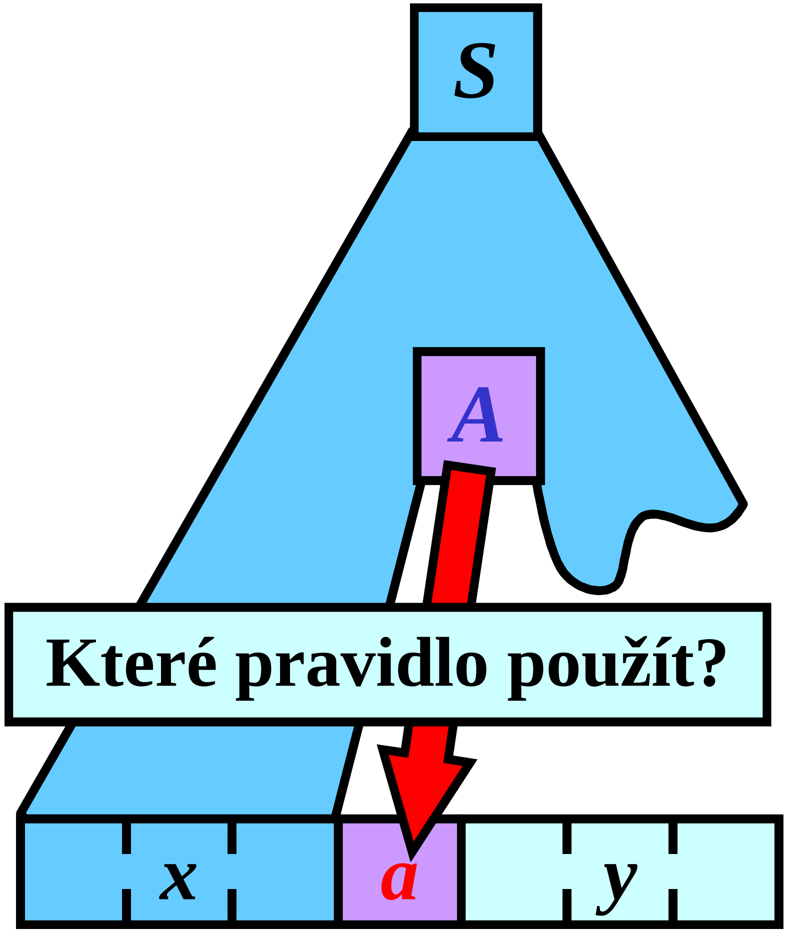
Tabulka:

α	...	*a*	...
...			
A		α(*A*, *a*)	
...			

Použij: r: $A \rightarrow x$

SA shora dolů: Úvod

Problém:



Myšlenka:

Tabulka:

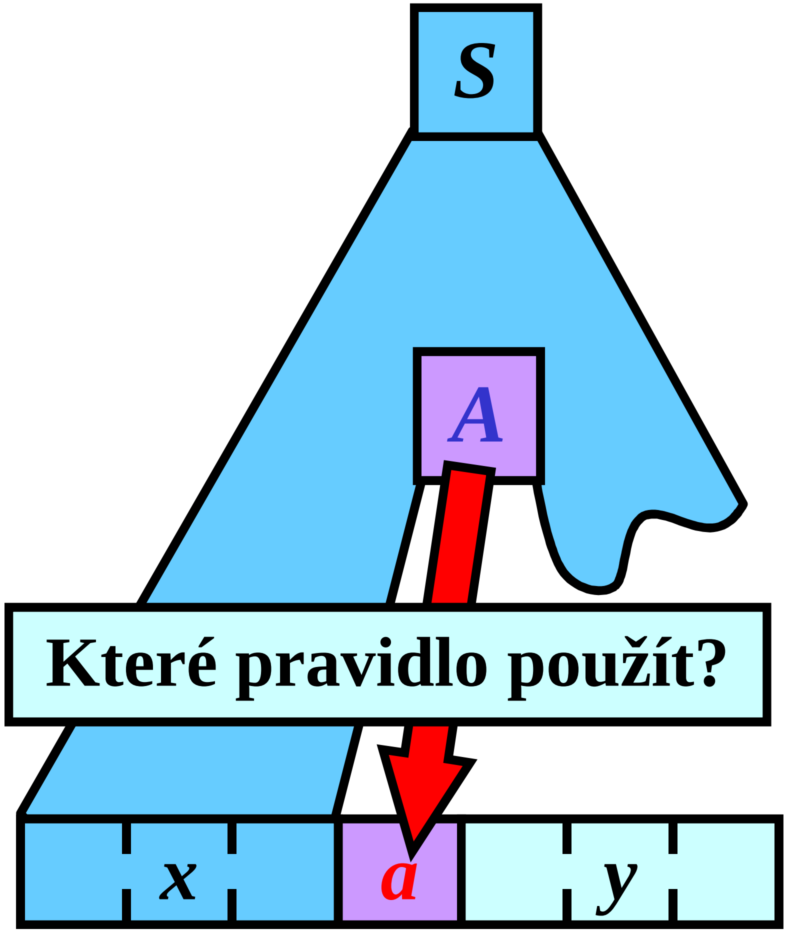
α	...	*a*	...
...			
A		α(*A*, *a*)	
...			

Použij: ***r***: ***A*** → ***x***

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

SA shora dolů: Úvod

Problém:



Myšlenka:

Tabulka:

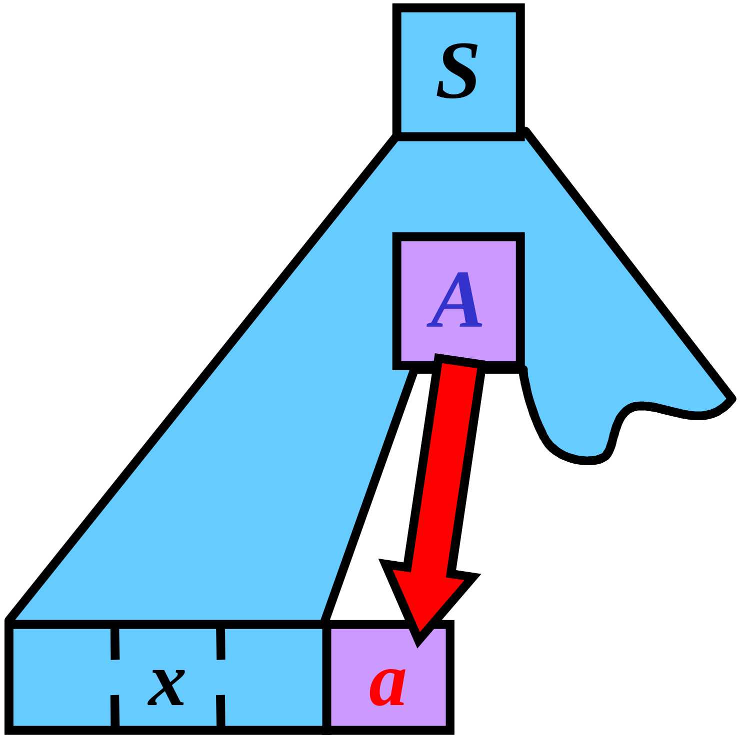
α	...	a	...
...			
A		$\alpha(A, a)$	
...			

Použij: $r: A \rightarrow x$

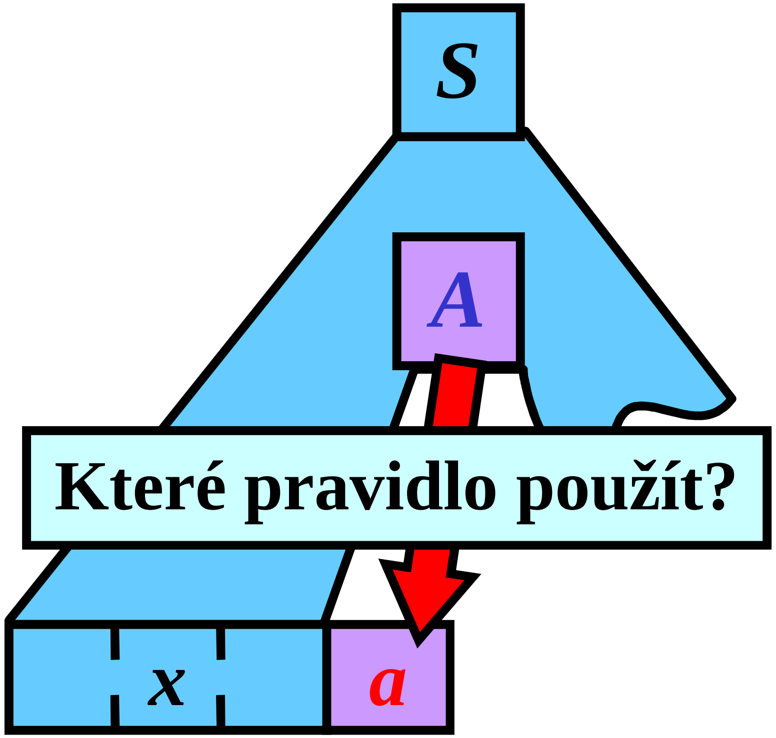
Otázka: Je možné sestrojit tuto tabulku pro **libovolnou** BKG?

Odpověď: NE

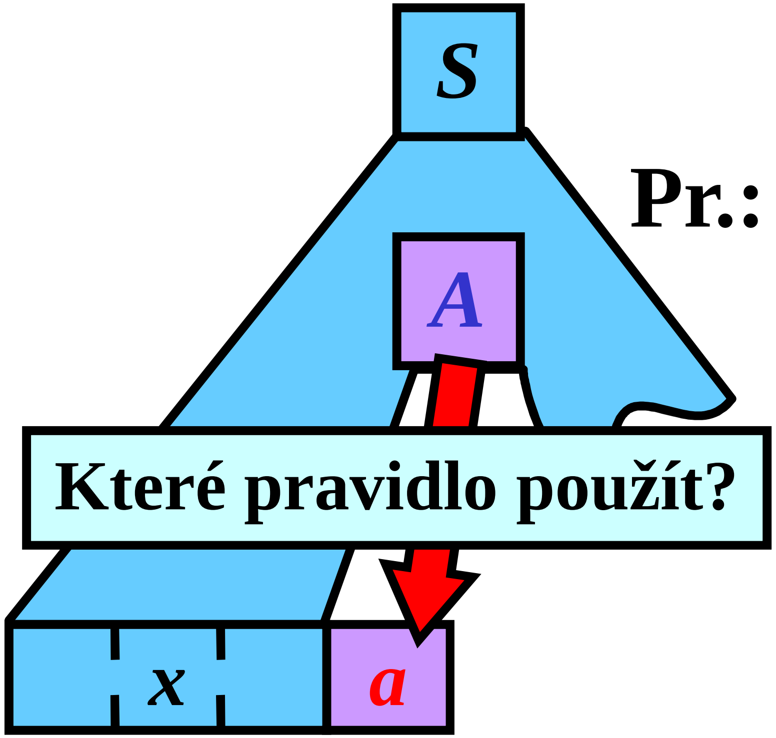
Výběr pravidla pomocí tabulky



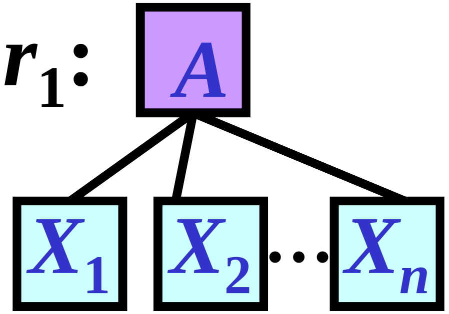
Výběr pravidla pomocí tabulky



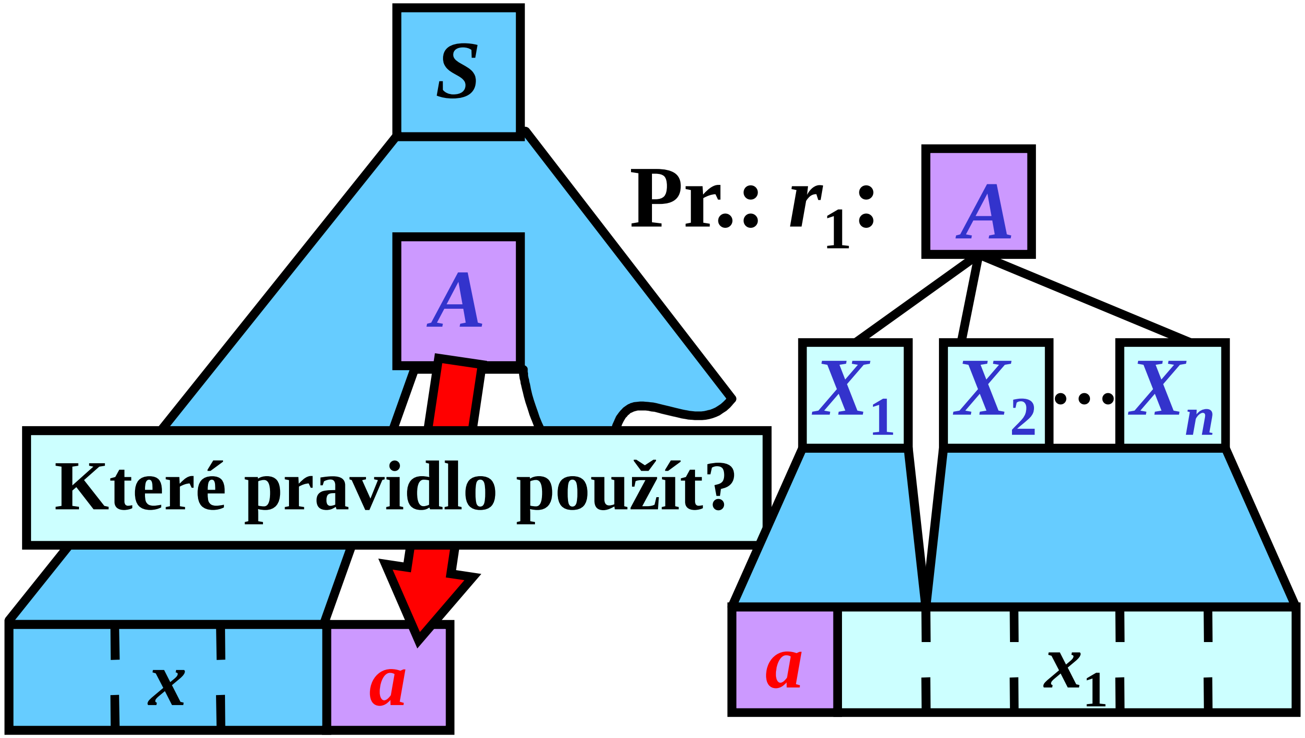
Výběr pravidla pomocí tabulky



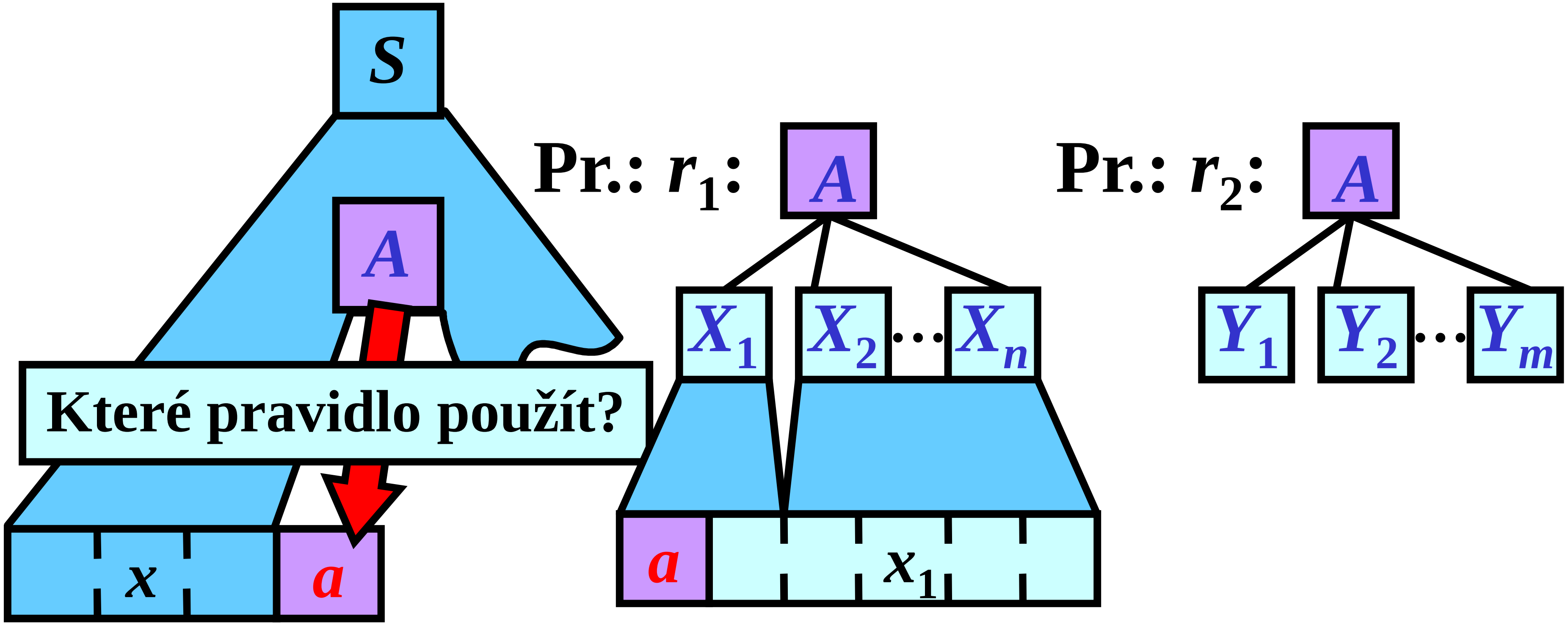
Pr.: r_1:



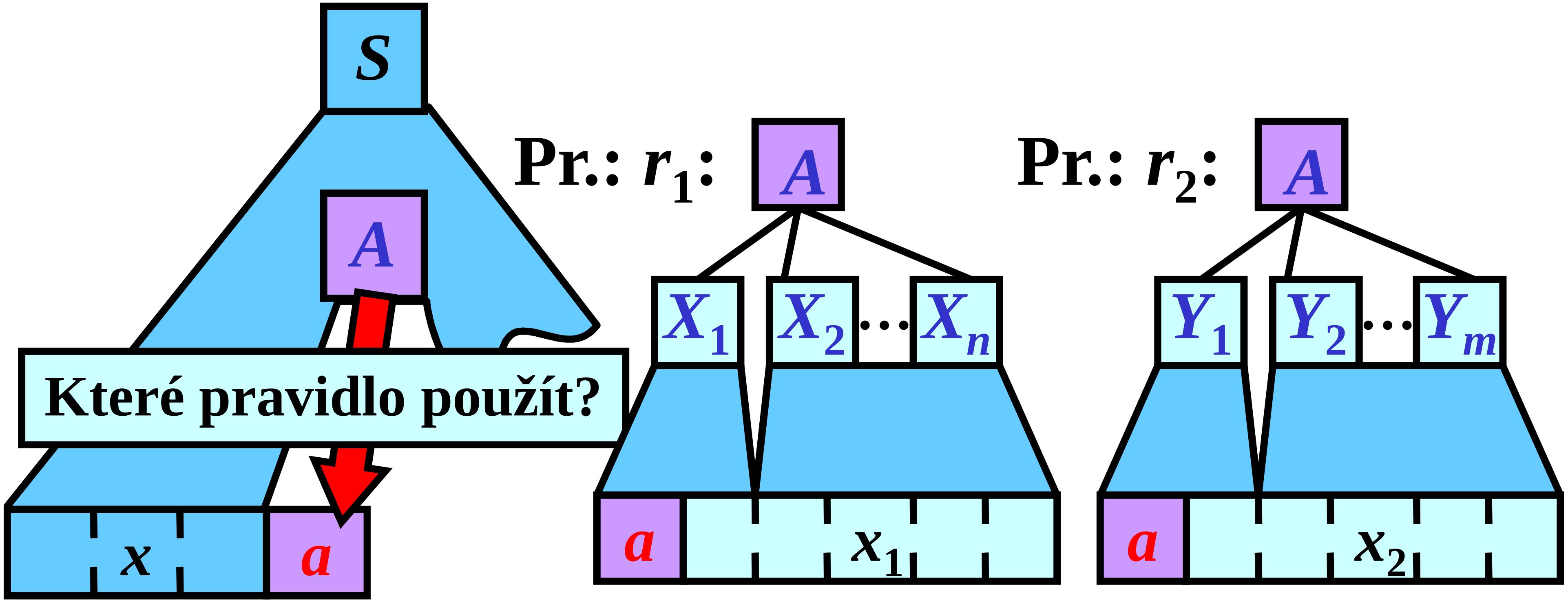
Výběr pravidla pomocí tabulky



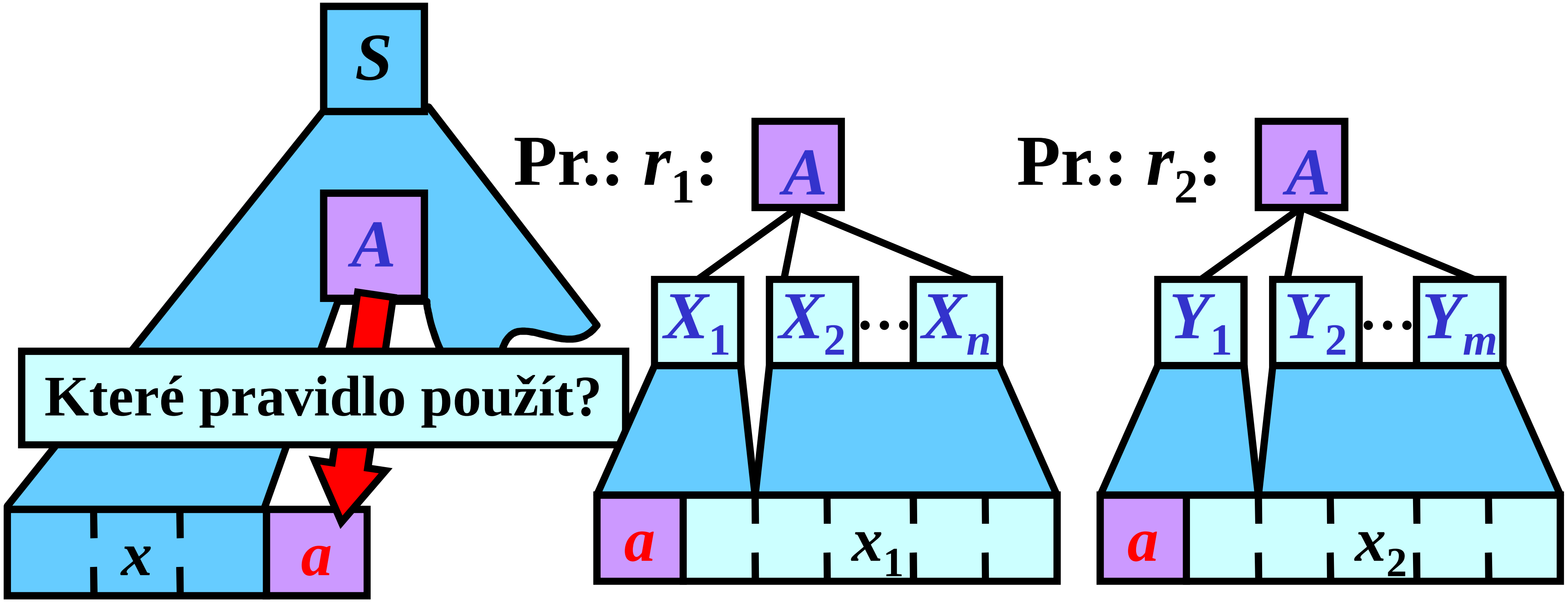
Výběr pravidla pomocí tabulky



Výběr pravidla pomocí tabulky



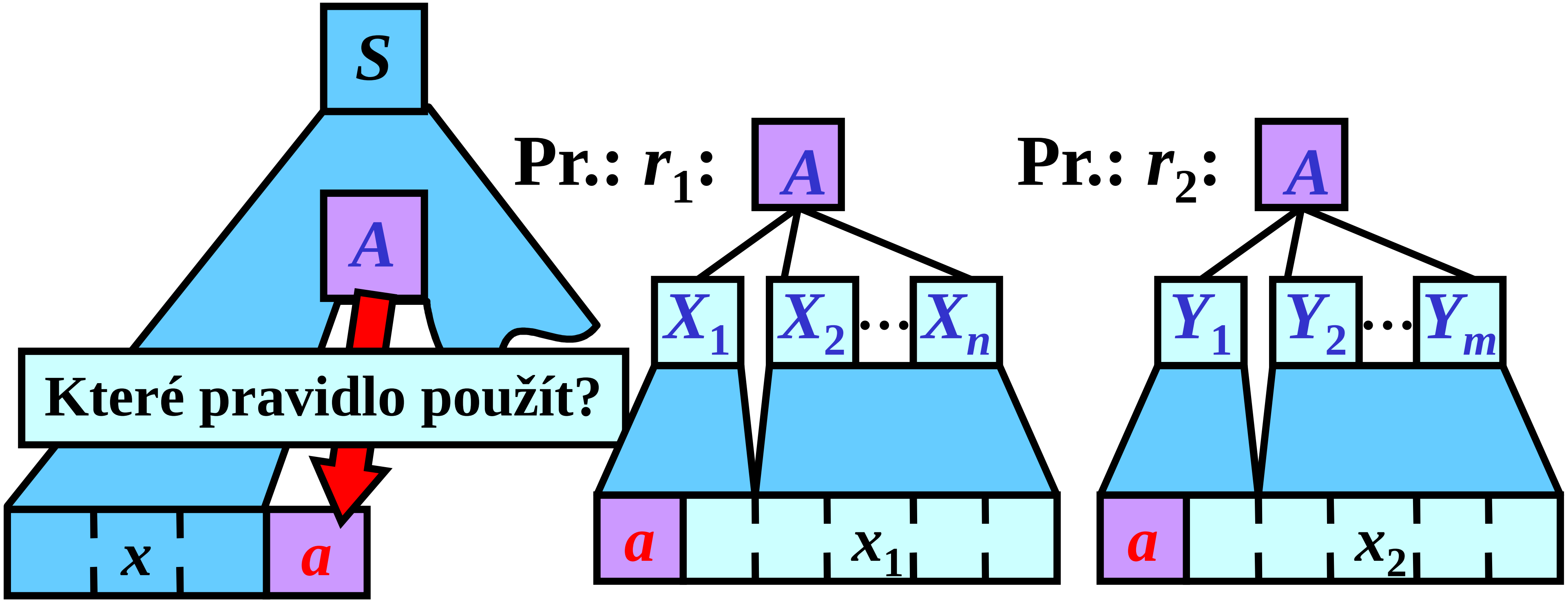
Výběr pravidla pomocí tabulky



Tabulka:

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

Výběr pravidla pomocí tabulky



Tabulka:

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

?

Použij r_1: $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$

Použij r_2: $A \rightarrow Y_1Y_2\ldots Y_m$

Množina *First*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro každé $x \in (N \cup T)^*$ je definováno *First*(x) jako:
First(x) = $\{a: a \in T, x \Rightarrow^* ay; y \in (N \cup T)^*\}$.

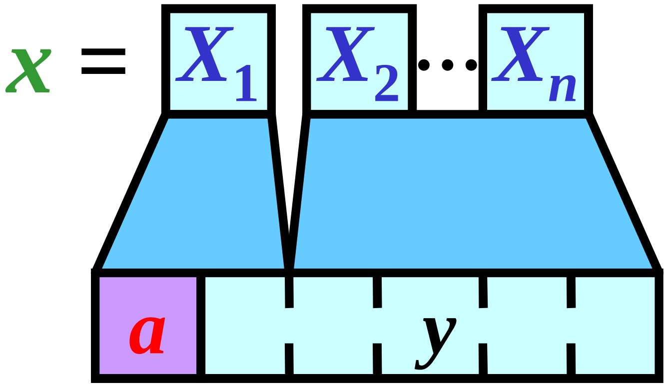
Ilustrace: $x = \boxed{X_1}\ \boxed{X_2} \cdots \boxed{X_n}$

Množina *First*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:

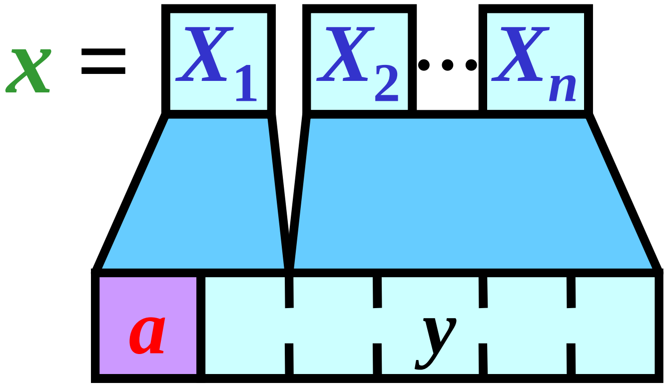


Množina *First*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:



$x = X_1X_2\ldots X_n \Rightarrow^* ay$

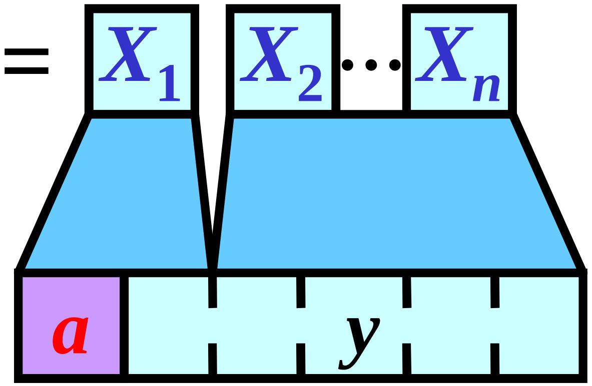
Množina *First*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:

$x =$



$x = X_1X_2\ldots X_n \Rightarrow^* ay$

$a \in First(x)$

LL gramatika bez ε-pravidel

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG bez ε-pravidel. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \to X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

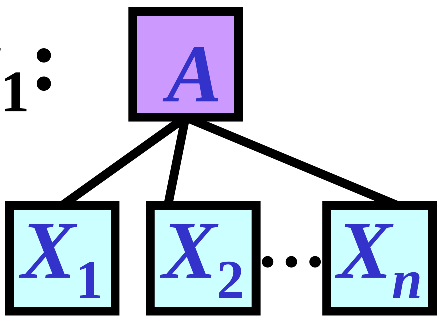
Ilustrace:

LL gramatika bez ε-pravidel

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:

Pr. r_1:

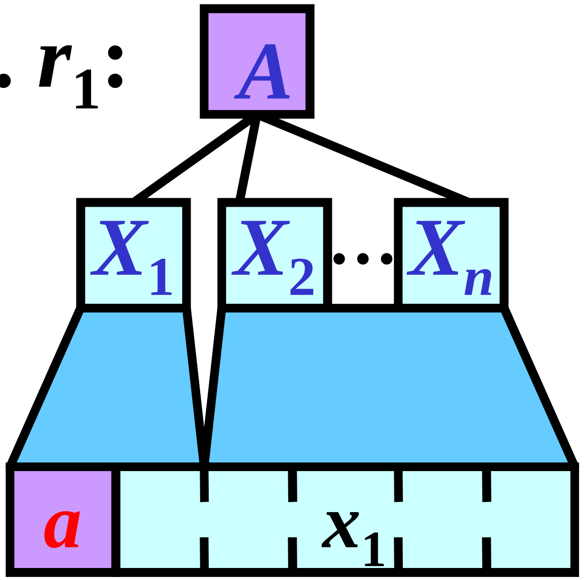


LL gramatika bez ε-pravidel

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:

Pr. r_1:

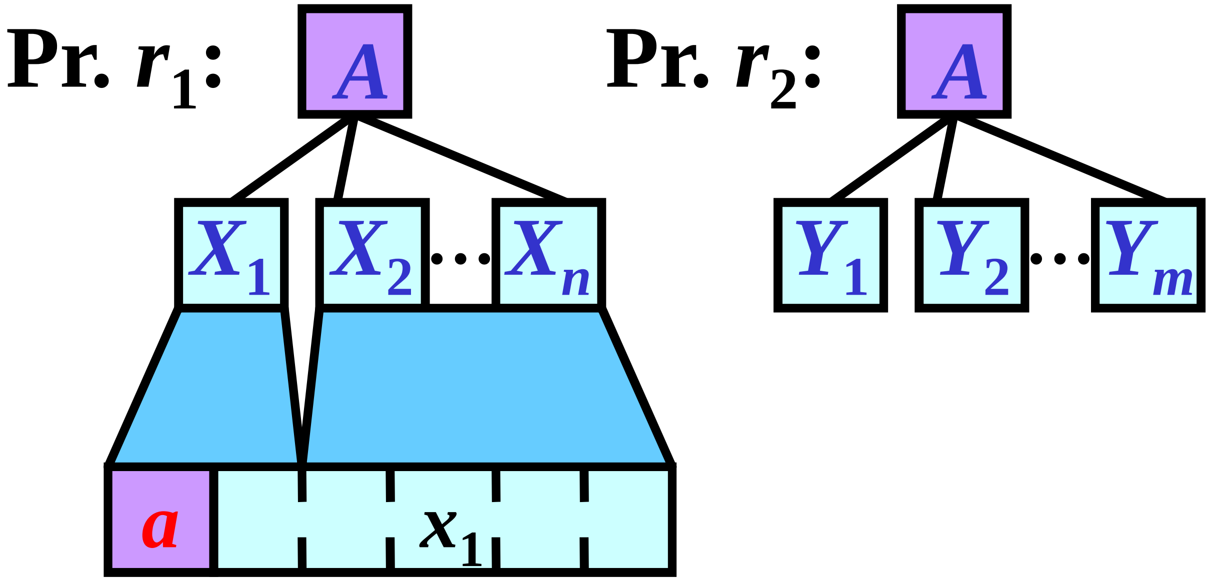


$a \in First(X_1X_2...X_n)$

LL gramatika bez ε-pravidel

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:

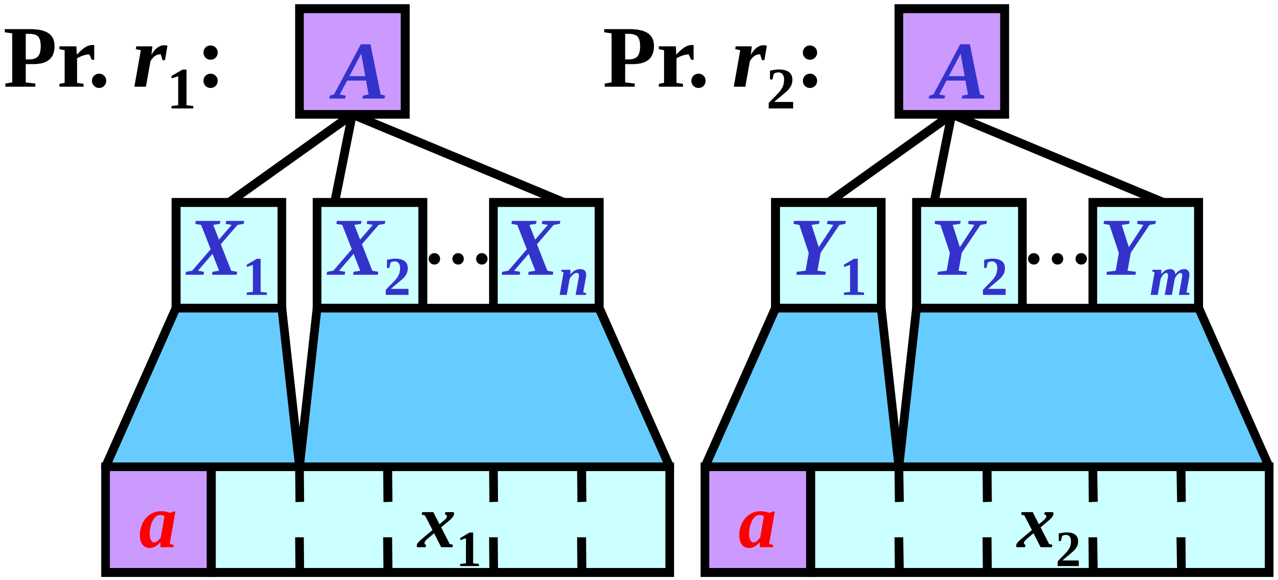


$a \in First(X_1X_2...X_n)$

LL gramatika bez ε-pravidel

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:



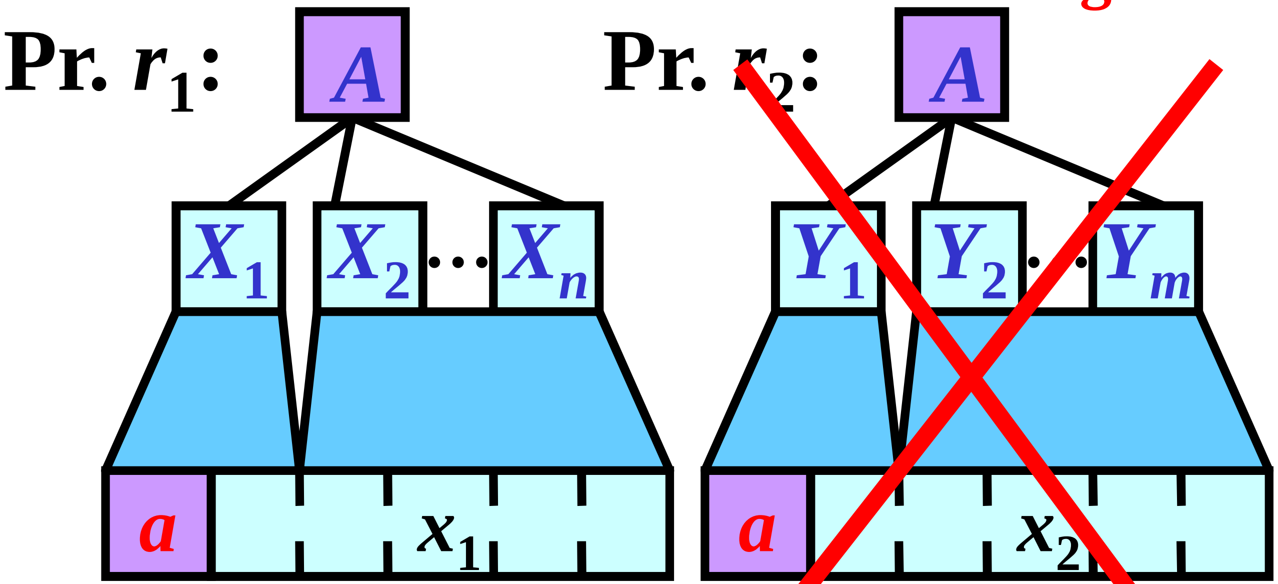
$a \in First(X_1X_2...X_n)$ $a \in First(Y_1Y_2...Y_m)$

LL gramatika bez ε-pravidel

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG <u>bez ε-pravidel</u>. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \to X_1X_2...X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Nesmí nastat v LL-gramatice



$a \in First(X_1X_2...X_n)$ $\quad$ $a \in First(Y_1Y_2...Y_m)$

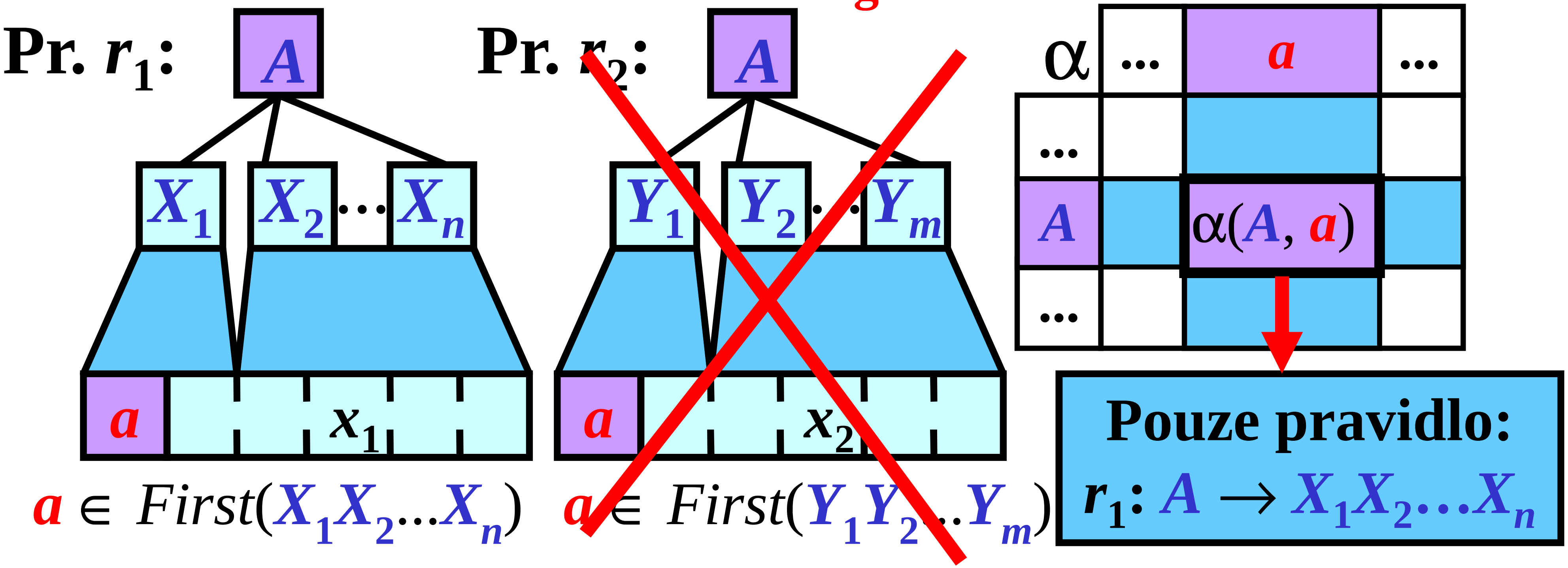
LL gramatika bez ε-pravidel

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG <u>bez ε-pravidel</u>. G je *LL gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a $A \in N$ existuje **maximálně jedno pravidlo** $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ takové, že: $a \in First(X_1X_2\ldots X_n)$

Ilustrace:

Nesmí nastat v LL-gramatice

Tabulka:



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
```

$\in$ 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 $\boldsymbol{a} \in T$: $First(\boldsymbol{a}) := \{\boldsymbol{a}\}$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:**
- **if** $A \to X_1X_2\dots X_n \in P$, **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 $\boldsymbol{a} \in T$: $First(\boldsymbol{a}) := \{\boldsymbol{a}\}$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:**
- **if** $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$, **then** přidej $First(X_1)$ do $First(A)$

Ilustrace:

1) pro každé $a \in T$:

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

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 $\boldsymbol{a} \in T$: $First(\boldsymbol{a}) := \{\boldsymbol{a}\}$
- **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 $First(A)$

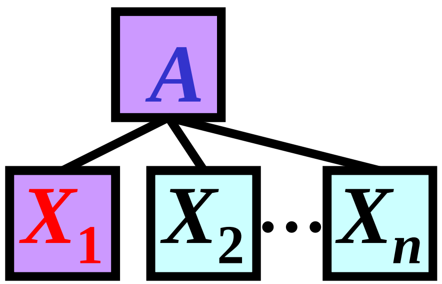
Ilustrace:

1) pro každé $\boldsymbol{a} \in T$:

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

protože $\boldsymbol{a} \Rightarrow^0 \boldsymbol{a}$

2)



Algoritmus: *First*(*X*)

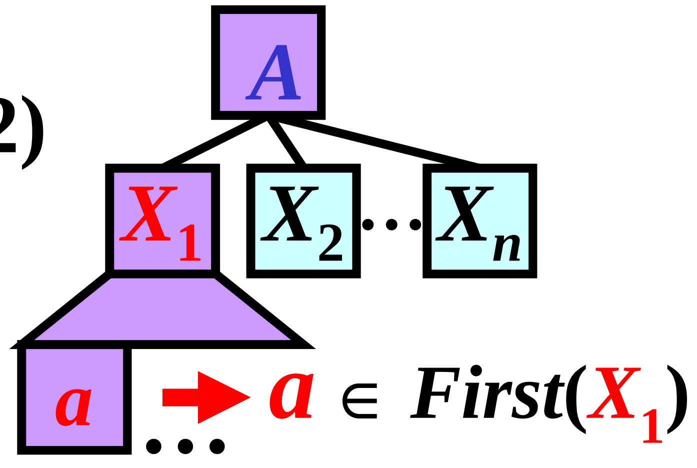
- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$ **bez ε-pravidel**
- **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$

- **Metoda:**
- pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:**
- **if** $A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$, **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: $First(X)$

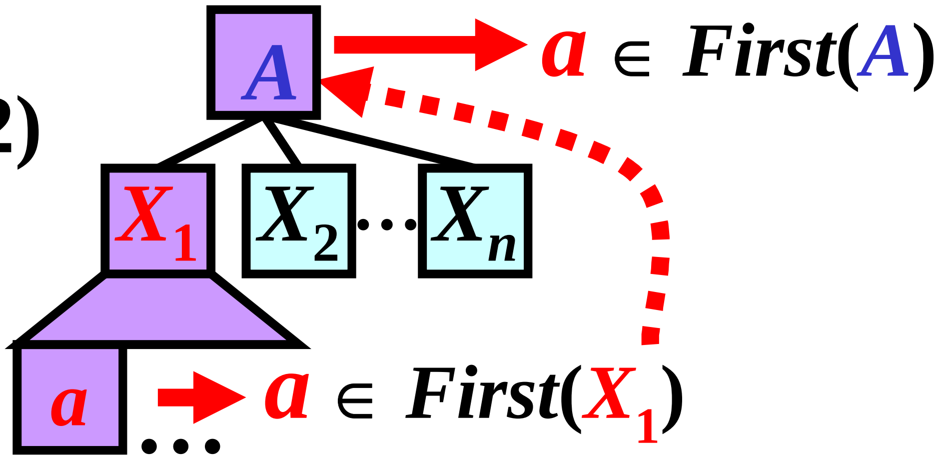
- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$ **bez ε-pravidel**
- **Výstup:** $First(X)$ pro každé $X \in N \cup T$

- **Metoda:**
- pro každé $a \in T$: $First(a) := \{a\}$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:**
- **if** $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$, **then** přidej $First(X_1)$ do $First(A)$

Ilustrace:

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

2)



First(*X*) pro JPJ: Příklad

First(**begin**) := {**begin**}	*First*(**id**) := {**id**}	*First*(**,**) := {**,**}
First(**end**) := {**end**}	*First*(**int**) := {**int**}	*First*(**(**) := {**(**}
First(**read**) := {**read**}	*First*(**:=**) := {**:=**}	*First*(**)**) := {**)**}
First(**write**) := {**write**}	*First*(**add**) := {**add**}	*First*(**;**) := {**;**}

First(*X*) pro JPJ: Příklad

First(**begin**) := {**begin**}	*First*(**id**) := {**id**}	*First*(**,**) := {**,**}
First(**end**) := {**end**}	*First*(**int**) := {**int**}	*First*(**(**) := {**(**}
First(**read**) := {**read**}	*First*(**:=**) := {**:=**}	*First*(**)**) := {**)**}
First(**write**) := {**write**}	*First*(**add**) := {**add**}	*First*(**;**) := {**;**}

<item> $\rightarrow$ **id** $\in P$**:** **přidej** *First*(**id**) **do** *First*(**<item>**)

<item> $\rightarrow$ **int** $\in P$**:** **přidej** *First*(**int**) **do** *First*(**<item>**)

Celkově: *First*(**<item>**) **= {id, int}**

First(*X*) pro JPJ: Příklad

First(**begin**)	:= {**begin**}	*First*(**id**)	:= {**id**}	*First*(**,**)	:= {**,**}
First(**end**)	:= {**end**}	*First*(**int**)	:= {**int**}	*First*(**(**)	:= {**(**}
First(**read**)	:= {**read**}	*First*(**:=**)	:= {**:=**}	*First*(**)**)	:= {**)**}
First(**write**)	:= {**write**}	*First*(**add**)	:= {**add**}	*First*(**;**)	:= {**;**}

<item> → **id** ∈ *P*: **přidej** *First*(**id**) **do** *First*(**<item>**)

<item> → **int** ∈ *P*: **přidej** *First*(**int**) **do** *First*(**<item>**)

Celkově: *First*(**<item>**) = {**id**, **int**}

<it-list> → **)** ∈ *P*: **přidej** *First*(**)**) **do** *First*(**<it-list>**)

<it-list> → **,** … ∈ *P*: **přidej** *First*(**,**) **do** *First*(**<it-list>**)

Celkově: *First*(**<it-list>**) = {**)**, **,**}

First(*X*) pro JPJ: Příklad

First(**begin**) := {**begin**}	*First*(**id**) := {**id**}	*First*(**,**) := {**,**}
First(**end**) := {**end**}	*First*(**int**) := {**int**}	*First*(**(**) := {**(**}
First(**read**) := {**read**}	*First*(**:=**) := {**:=**}	*First*(**)**) := {**)**}
First(**write**) := {**write**}	*First*(**add**) := {**add**}	*First*(**;**) := {**;**}

<item> → **id** ∈ *P*:	**přidej** *First*(**id**)	**do** *First*(**<item>**)
<item> → **int** ∈ *P*:	**přidej** *First*(**int**)	**do** *First*(**<item>**)
Celkově: *First*(**<item>**)	= {**id**, **int**}	
<it-list> → **)** ∈ *P*:	**přidej** *First*(**)**)	**do** *First*(**<it-list>**)
<it-list> → **,** … ∈ *P*:	**přidej** *First*(**,**)	**do** *First*(**<it-list>**)
Celkově: *First*(**<it-list>**)	= {**)**, **,**}	
<stat> → **id** … ∈ *P*:	**přidej** *First*(**id**)	**do** *First*(**<stat>**)
<stat> → **write** … ∈ *P*:	**přidej** *First*(**write**)	**do** *First*(**<stat>**)
<stat> → **read** … ∈ *P*:	**přidej** *First*(**read**)	**do** *First*(**<stat>**)
Celkově: *First*(**<stat>**)	= {**id**, **write**, **read**}	

First(*X*) pro JPJ: Příklad

First(**begin**) := {**begin**}	*First*(**id**) := {**id**}	*First*(**,**) := {**,**}
First(**end**) := {**end**}	*First*(**int**) := {**int**}	*First*(**(**) := {**(**}
First(**read**) := {**read**}	*First*(**:=**) := {**:=**}	*First*(**)**) := {**)**}
First(**write**) := {**write**}	*First*(**add**) := {**add**}	*First*(**;**) := {**;**}

<item> → **id** ∈ *P*: **přidej** *First*(**id**) **do** *First*(**<item>**)
<item> → **int** ∈ *P*: **přidej** *First*(**int**) **do** *First*(**<item>**)
Celkově: *First*(**<item>**) = {**id**, **int**}

<it-list> → **)** ∈ *P*: **přidej** *First*(**)**) **do** *First*(**<it-list>**)
<it-list> → **, …** ∈ *P*: **přidej** *First*(**,**) **do** *First*(**<it-list>**)
Celkově: *First*(**<it-list>**) = {**)**, **,**}

<stat> → **id …** ∈ *P*: **přidej** *First*(**id**) **do** *First*(**<stat>**)
<stat> → **write …** ∈ *P*: **přidej** *First*(**write**) **do** *First*(**<stat>**)
<stat> → **read …** ∈ *P*: **přidej** *First*(**read**) **do** *First*(**<stat>**)
Celkově: *First*(**<stat>**) = {**id**, **write**, **read**}

<st-list> → **end** ∈ *P*: **přidej** *First*(**end**) **do** *First*(**<st-list>**)
<st-list> → **<stat> …** ∈ *P*: **přidej** *First*(**<stat>**) **do** *First*(**<st-list>**)
Celkově: *First*(**<st-list>**) = {**id**, **write**, **read**, **end**}

First(*X*) pro JPJ: Příklad

First(**begin**) := {**begin**}	*First*(**id**) := {**id**}	*First*(**,**) := {**,**}
First(**end**) := {**end**}	*First*(**int**) := {**int**}	*First*(**(**) := {**(**}
First(**read**) := {**read**}	*First*(**:=**) := {**:=**}	*First*(**)**) := {**)**}
First(**write**) := {**write**}	*First*(**add**) := {**add**}	*First*(**;**) := {**;**}

<item> → **id** ∈ *P*: **přidej** *First*(**id**) **do** *First*(**<item>**)
<item> → **int** ∈ *P*: **přidej** *First*(**int**) **do** *First*(**<item>**)
Celkově: *First*(**<item>**) = {**id**, **int**}

<it-list> → **)** ∈ *P*: **přidej** *First*(**)**) **do** *First*(**<it-list>**)
<it-list> → **,** … ∈ *P*: **přidej** *First*(**,**) **do** *First*(**<it-list>**)
Celkově: *First*(**<it-list>**) = {**)**, **,**}

<stat> → **id** … ∈ *P*: **přidej** *First*(**id**) **do** *First*(**<stat>**)
<stat> → **write** … ∈ *P*: **přidej** *First*(**write**) **do** *First*(**<stat>**)
<stat> → **read** … ∈ *P*: **přidej** *First*(**read**) **do** *First*(**<stat>**)
Celkově: *First*(**<stat>**) = {**id**, **write**, **read**}

<st-list> → **end** ∈ *P*: **přidej** *First*(**end**) **do** *First*(**<st-list>**)
<st-list> → **<stat>** … ∈ *P*: **přidej** *First*(**<stat>**) **do** *First*(**<st-list>**)
Celkově: *First*(**<st-list>**) = {**id**, **write**, **read**, **end**}

<prog> → **begin** … ∈ *P*: **přidej** *First*(**begin**) **do** *First*(**<prog>**)
Celkově: *First*(**<prog>**) = {**begin**}

Konstrukce LL-tabulky

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

Konstrukce LL-tabulky

α	…	a	…
…			
A		$\alpha(A, a)$	
…			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in First(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné $\Rightarrow$ **CHYBA**

Konstrukce LL-tabulky

α	…	*a*	…
…			
A		α(*A*, *a*)	
…			

$\alpha(A, a) = A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in First(X_1)$; jinak α(*A*, *a*) je prázdné ⇒ **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

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

Prav. r: $A \to X_1X_2\ldots X_n$	$First(X_1)$
1: <prog> → begin …	{begin}
2: <st-list> → <stat>…	{id, write, read}
3: <st-list> → end	{end}
4: <stat> → read …	{read}
5: <stat> → write …	{write}
6: <stat> → id …	{id}
7: <it-list> → , …	{,}
8: <it-list> →)	{)}
9: <item> → int	{int}
10: <item> → id	{id}

Konstrukce LL-tabulky

α	…	*a*	…
…			
A		α(*A*, *a*)	
…			

α(*A*, *a*) = $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in First(X_1)$; jinak α(*A*, *a*) je prázdné ⇒ **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	:=	…
<prog>				
<st-list>	2			
<stat>				
<it-list>				
<item>				

id ∈ *First*(<stat>)

Prav. *r*: $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$	$First(X_1)$
1: <prog> → begin …	{begin}
2: <st-list> → <stat>…	{id, write, read}
3: <st-list> → end	{end}
4: <stat> → read …	{read}
5: <stat> → write …	{write}
6: <stat> → id …	{id}
7: <it-list> → , …	{,}
8: <it-list> →)	{)}
9: <item> → int	{int}
10: <item> → id	{id}

Konstrukce LL-tabulky

α	…	*a*	…
…			
A		α(*A*, *a*)	
…			

$\alpha(A, a) = A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in First(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné ⇒ **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	:=	…
<prog>				
<st-list>	2			
<stat>	6			
<it-list>				
<item>				

id ∈ *First*(<stat>)

id ∈ *First*(id)

Prav. *r*: $A \to X_1X_2\ldots X_n$	***First*(X_1)**
1: <prog> → begin …	{begin}
2: <st-list> → <stat>…	{id, write, read}
3: <st-list> → end	{end}
4: <stat> → read …	{read}
5: <stat> → write …	{write}
6: <stat> → id …	{id}
7: <it-list> → , …	{,}
8: <it-list> →)	{)}
9: <item> → int	{int}
10: <item> → id	{id}

Konstrukce LL-tabulky

α	…	a	…
…			
A		α(A, a)	
…			

α(A, a) = $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in First(X_1)$; jinak α(A, a) je prázdné ⇒ **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	:=	…
<prog>				
<st-list>	2			
<stat>	6			
<it-list>				
<item>	10			

2: id ∈ *First*(<stat>)

6: id ∈ *First*(id)

10: id ∈ *First*(id)

Prav. *r*: $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$	***First***(X_1)
1: <prog> → begin …	{begin}
2: <st-list> → <stat>…	{id, write, read}
3: <st-list> → end	{end}
4: <stat> → read …	{read}
5: <stat> → write …	{write}
6: <stat> → id …	{id}
7: <it-list> → , …	{,}
8: <it-list> →)	{)}
9: <item> → int	{int}
10: <item> → id	{id}

Konstrukce LL-tabulky

α	…	*a*	…
…			
A		α(*A*, *a*)	
…			

$\alpha(A, a) = A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in First(X_1)$; jinak $\alpha(A, a)$ je prázdné ⇒ **CHYBA**

Vytvořme: LL tabulku

	id	int	:=	…
<prog>				
<st-list>	2			
<stat>	6			
<it-list>				
<item>	10			

id ∈ *First*(<stat>)

id ∈ *First*(id)

id ∈ *First*(id)

Prav. *r*: $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$	$First(X_1)$
1: <prog> → begin …	{begin}
2: <st-list> → <stat>…	{id, write, read}
3: <st-list> → end	{end}
4: <stat> → read …	{read}
5: <stat> → write …	{write}
6: <stat> → id …	{id}
7: <it-list> → , …	{,}
8: <it-list> →)	{)}
9: <item> → int	{int}
10: <item> → id	{id}

Zbytek vytvoříme analogicky.

SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

<prog>

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```

Lexikální analyzátor

begin

SA založená na LL-tabulce: Příklad

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** **(** …
7: <it-list> → **,** <item> <it-list>
8: <it-list> → **)**
9: <item> → **int**
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						

<prog>

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```

Lexikální analyzátor

begin

SA založená na LL-tabulce: Příklad

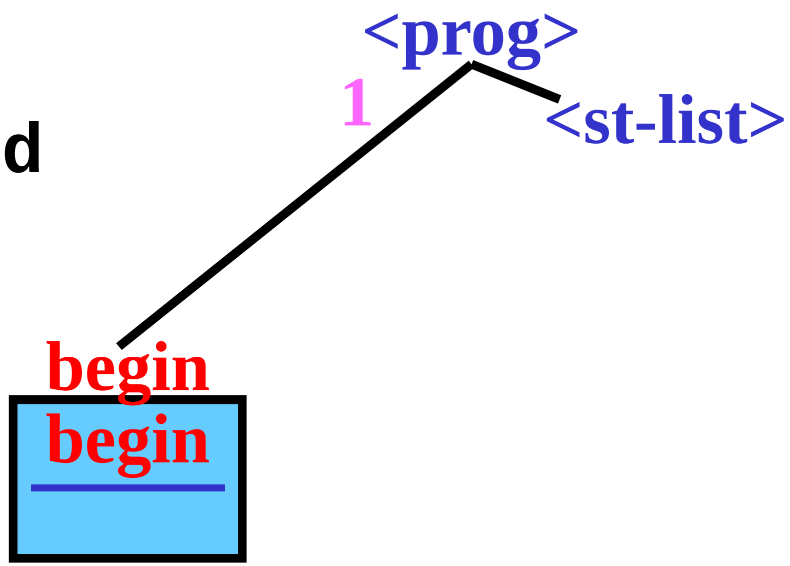
1: <prog> → **begin** <st-list>
2: <st-list> → <stat> **;** <st-list>
3: <st-list> → **end**
4: <stat> → **read id**
5: <stat> → **write** <item>
6: <stat> → **id := add (** …
7: <it-list> → **,** <item> <it-list>
8: <it-list> → **)**
9: <item> → **int**
10: <item> → **id**

	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



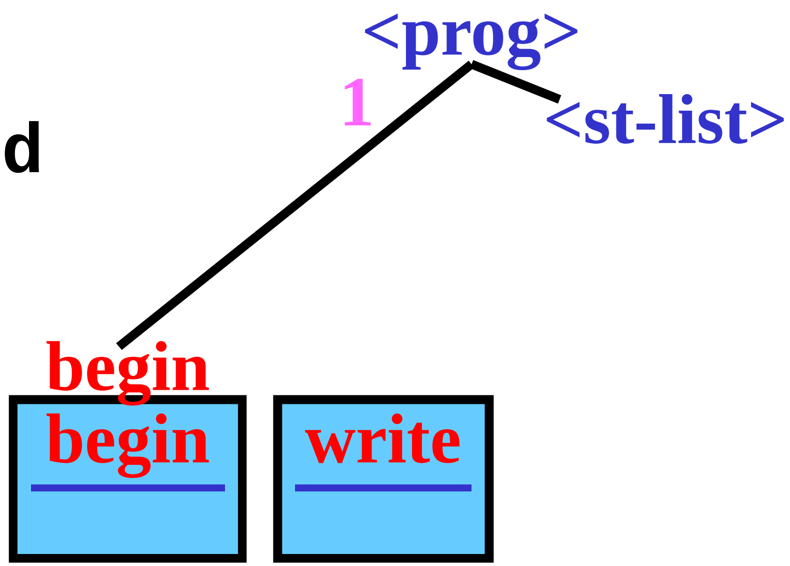
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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



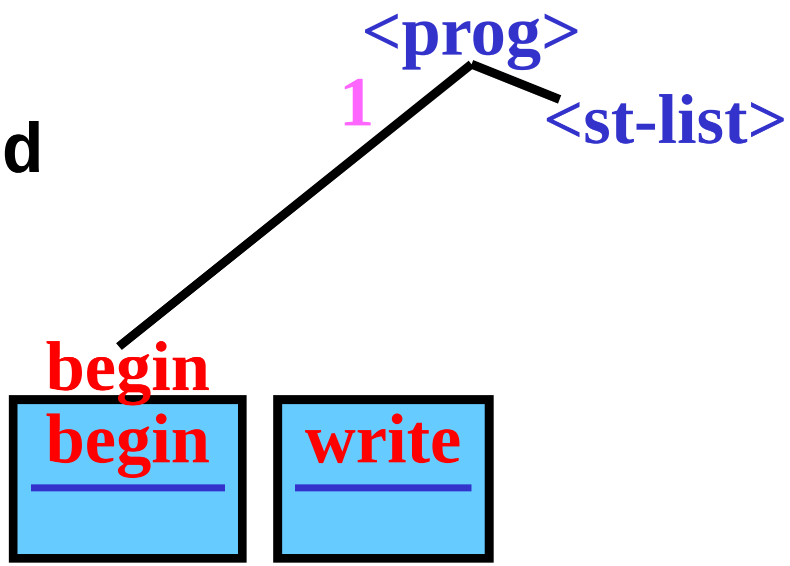
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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 (…
7: <it-list> → , <item> <it-list>
8: <it-list> →)
9: <item> → int
10: <item> → id

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

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```



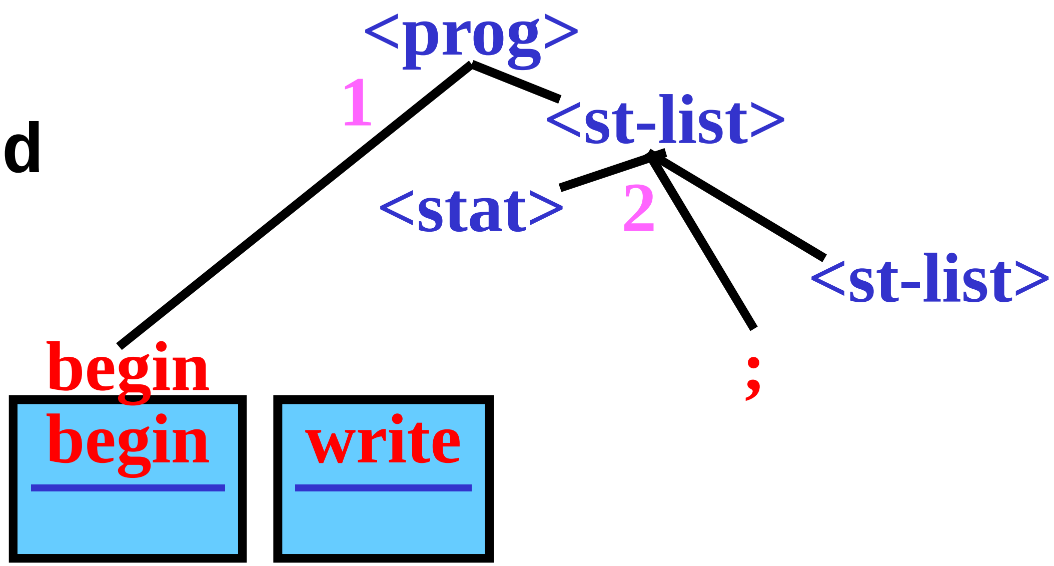
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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



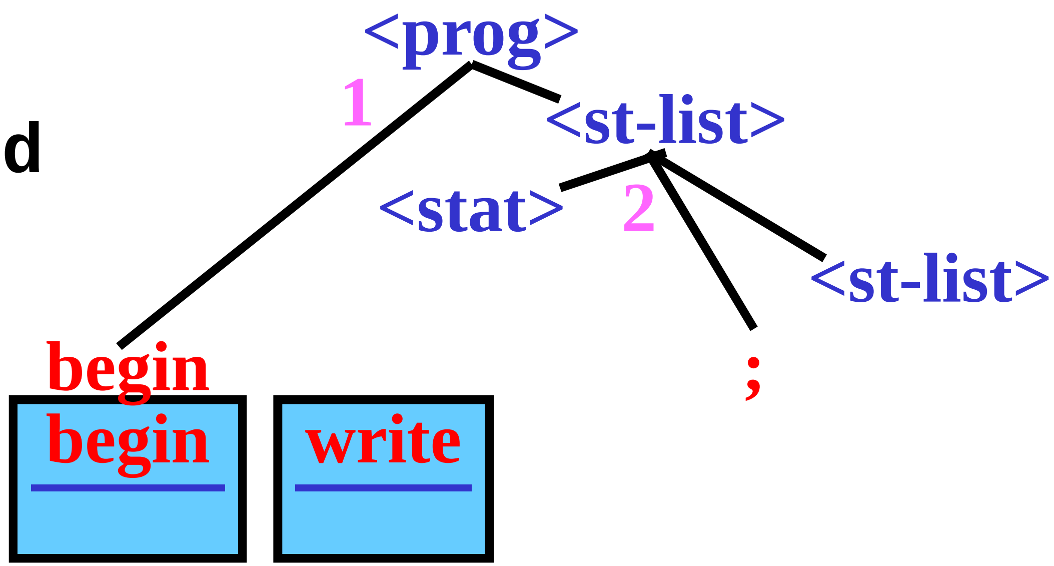
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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	$\boxed{5}$	6							
<it-list>							7		8			
<item>					10	9						

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```



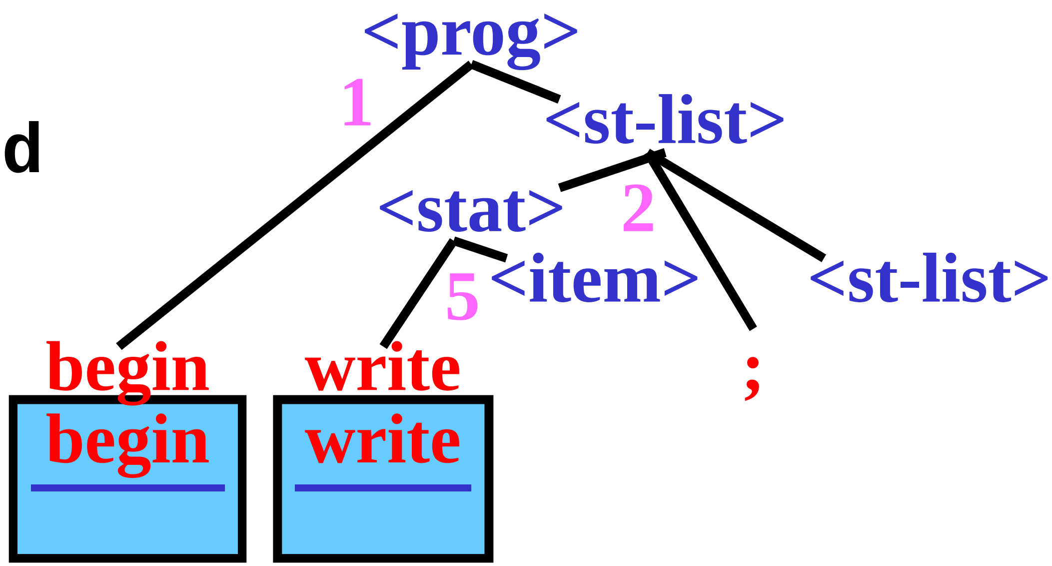
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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



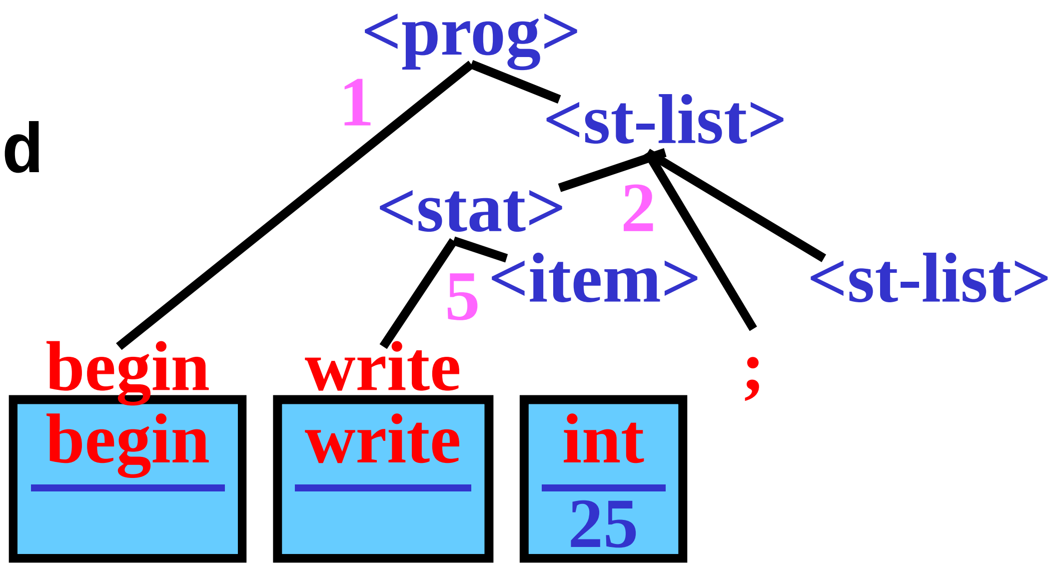
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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 (…
7: <it-list> → , <item> <it-list>
8: <it-list> →)
9: <item> → int
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
```



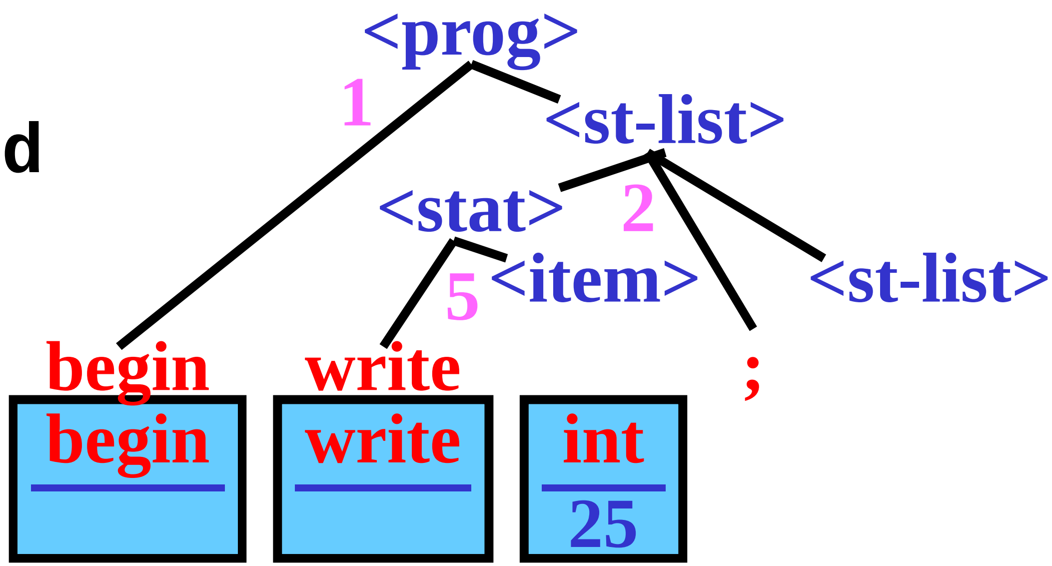
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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 (…
7: <it-list> → , <item> <it-list>
8: <it-list> →)
9: <item> → int
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	$\boxed{9}$						

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```



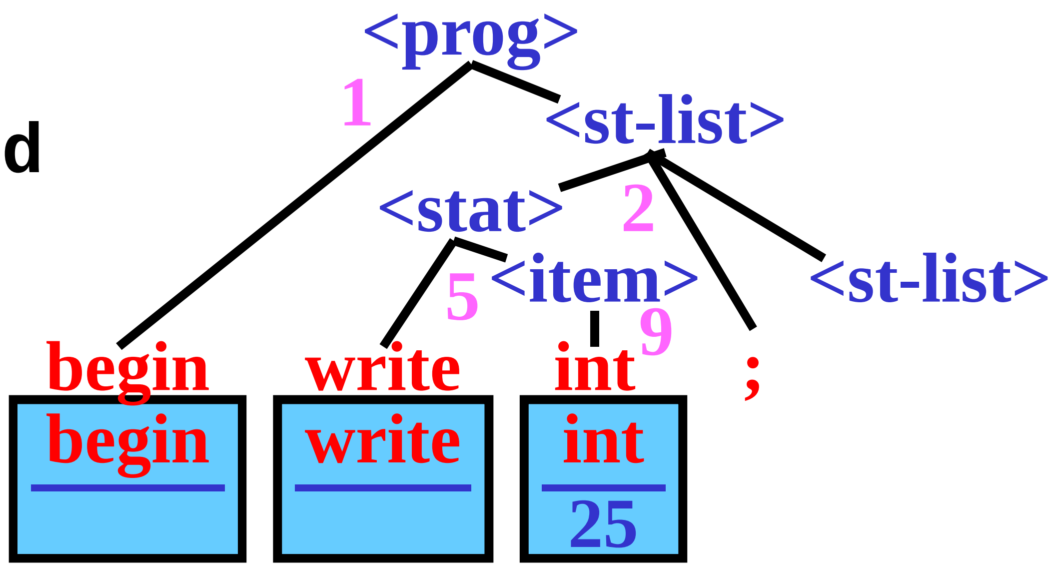
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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



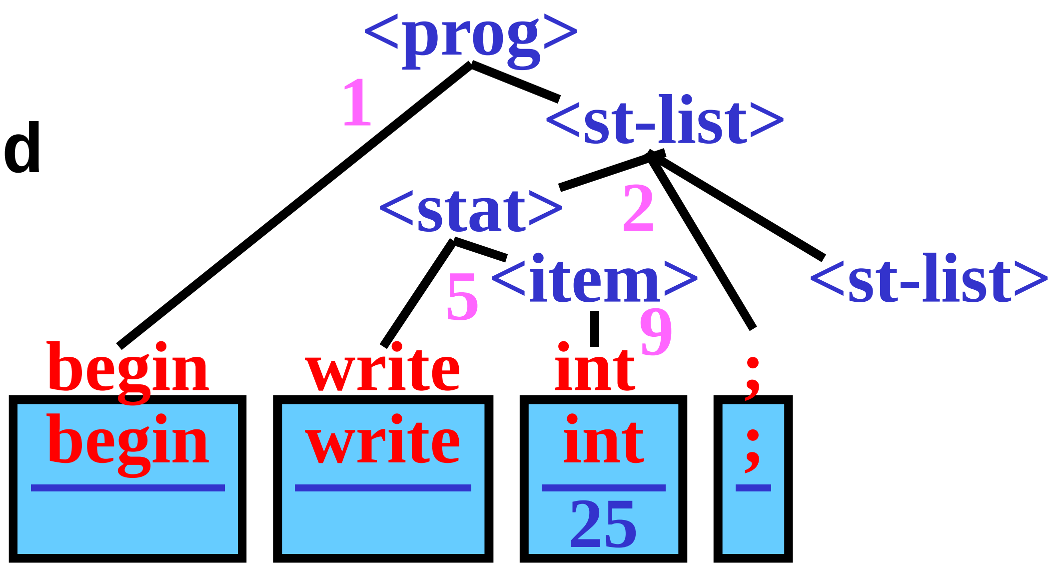
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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



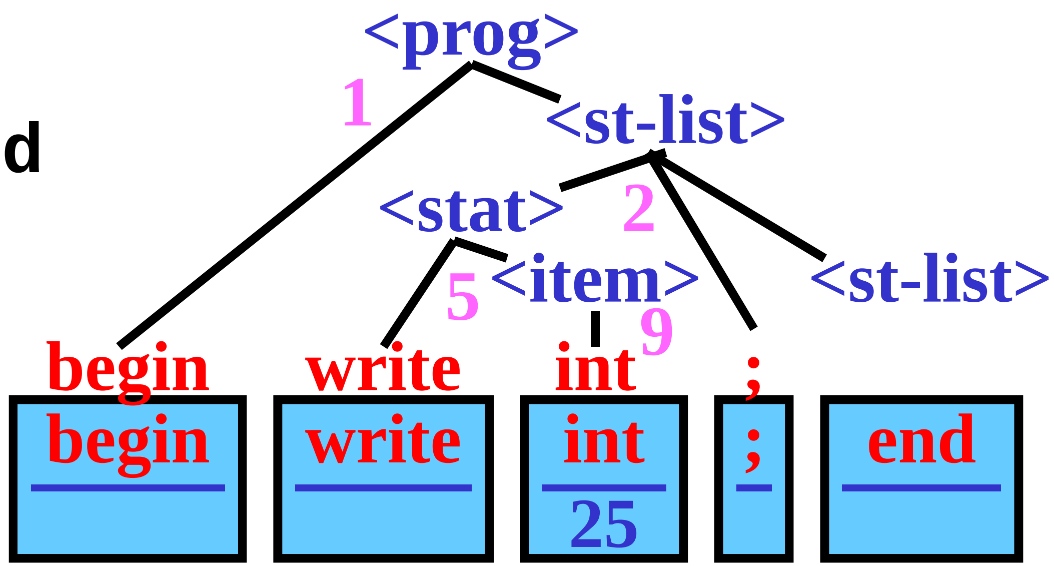
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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 (** …
7: <it-list> → **,** <item> <it-list>
8: <it-list> → **)**
9: <item> → **int**
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
```



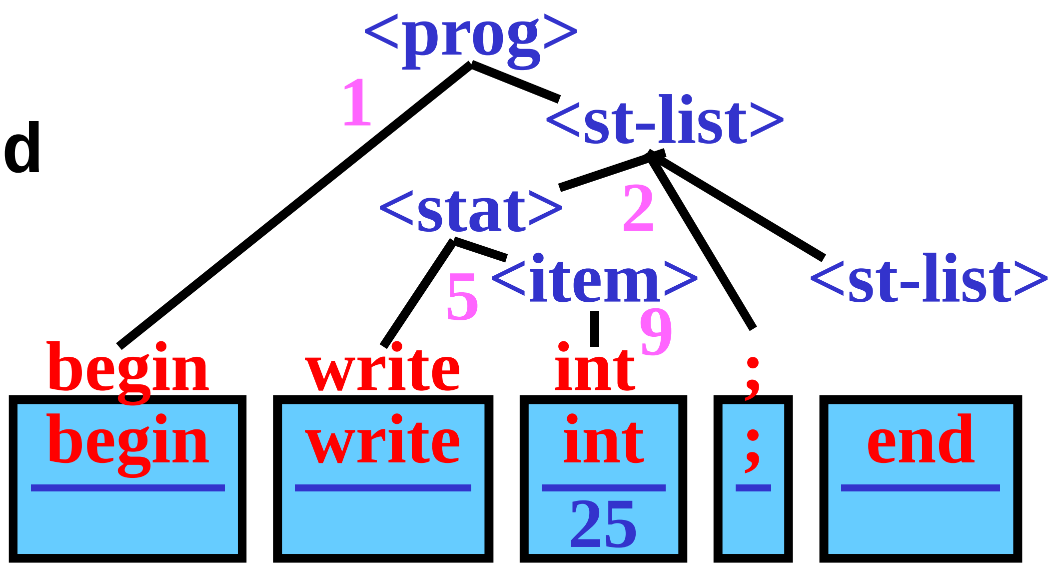
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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 (...
7: <it-list> → , <item> <it-list>
8: <it-list> →)
9: <item> → int
10: <item> → id

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

Zdrojový program:

```
begin write 25; end
```



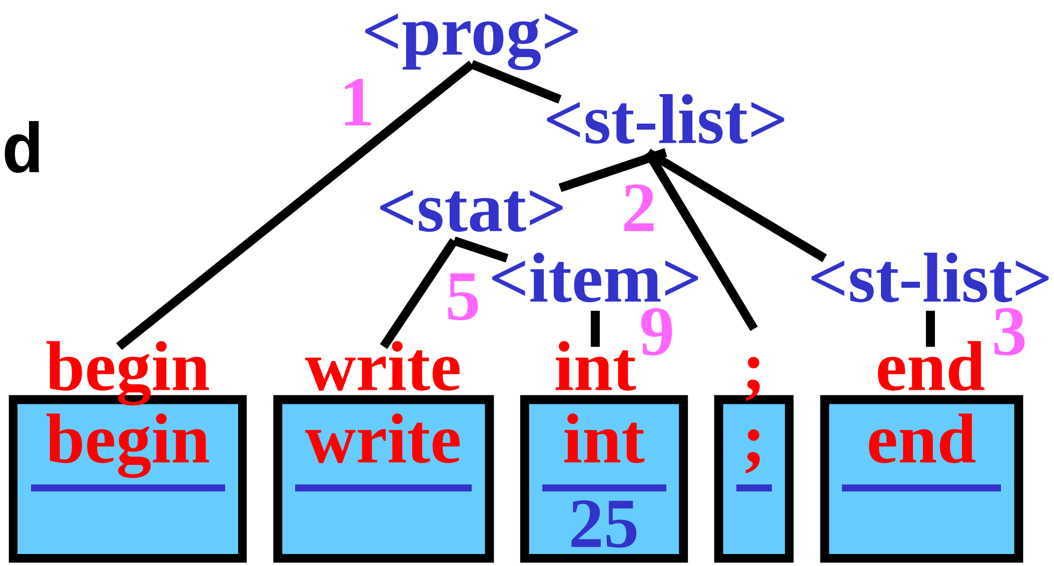
SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

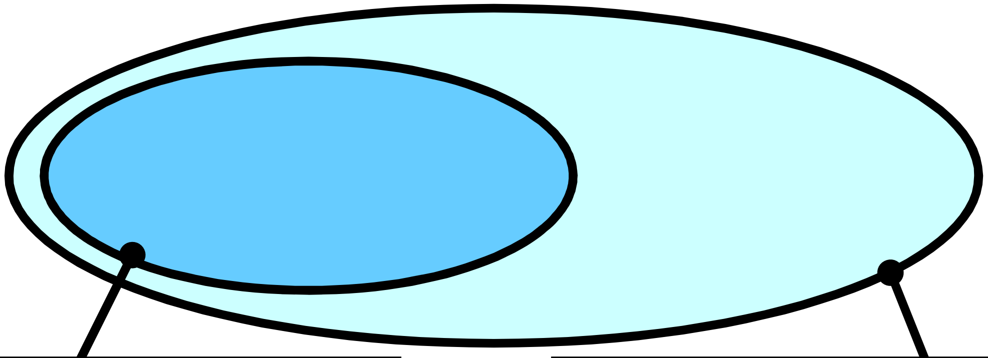
```
begin write 25; end
```



LL gramatiky: Úspěšné transformace

Obecně: BKG jsou silnější než LL-gramatiky

Ilustrace:



Třída jazyků generovaných **LL gramatikami**	$\subset$	Třída jazyků generovaných **BKG**

- **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 rekurzívní pravidlo*.

Faktorizace (vytýkání)

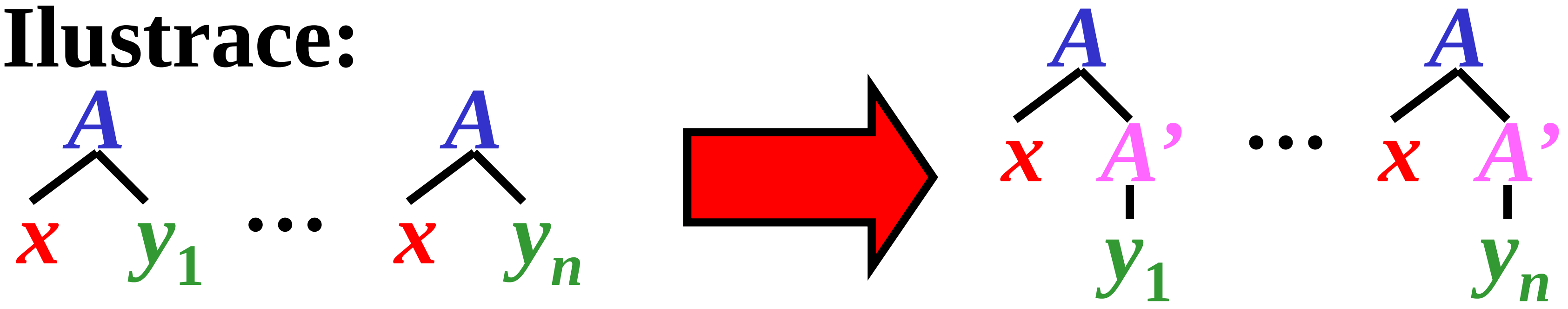
Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru:

$$A \rightarrow xy_1,\ A \rightarrow xy_2,\ \ldots,\ A \rightarrow xy_n \text{ na:}$$

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

kde A' je nový neterminál

Ilustrace:



Faktorizace (vytýkání)

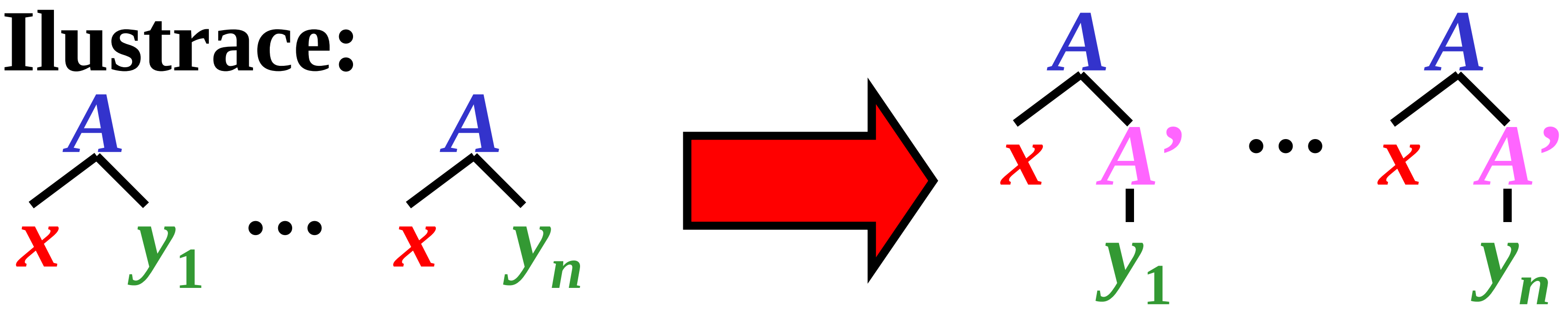
Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru:

$$A \to xy_1,\ A \to xy_2,\ \dots,\ A \to xy_n \text{ na:}$$

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

kde A' je nový neterminál

Ilustrace:



Příklad:

<stat> → write id

<stat> → write int

Faktorizace (vytýkání)

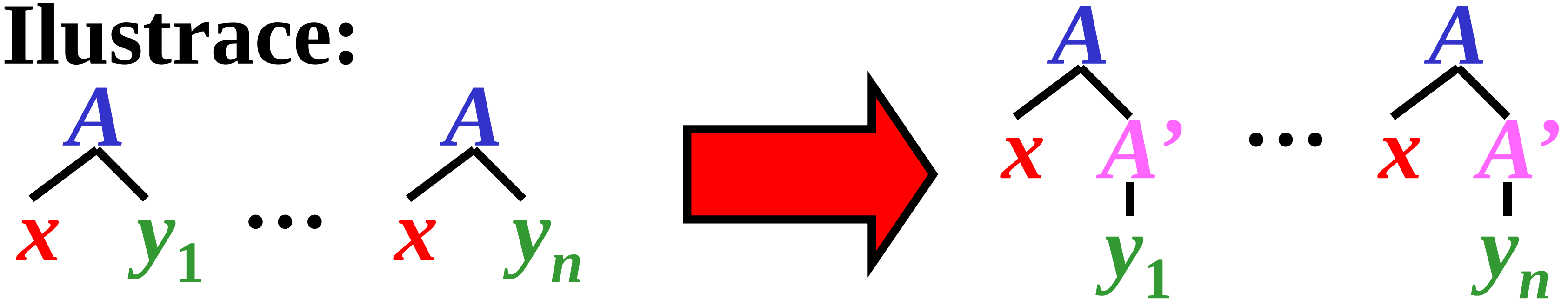
Myšlenka: Zaměnit pravidla tvaru:

$$A \to xy_1,\ A \to xy_2,\ \ldots,\ A \to xy_n \text{ na:}$$

$$A \to xA',\ A' \to y_1,\ A' \to y_2,\ \ldots,\ A' \to y_n,$$

kde A' je nový neterminál

Ilustrace:



Příklad:

<stat> → **write** **id**
<stat> → **write** **int**

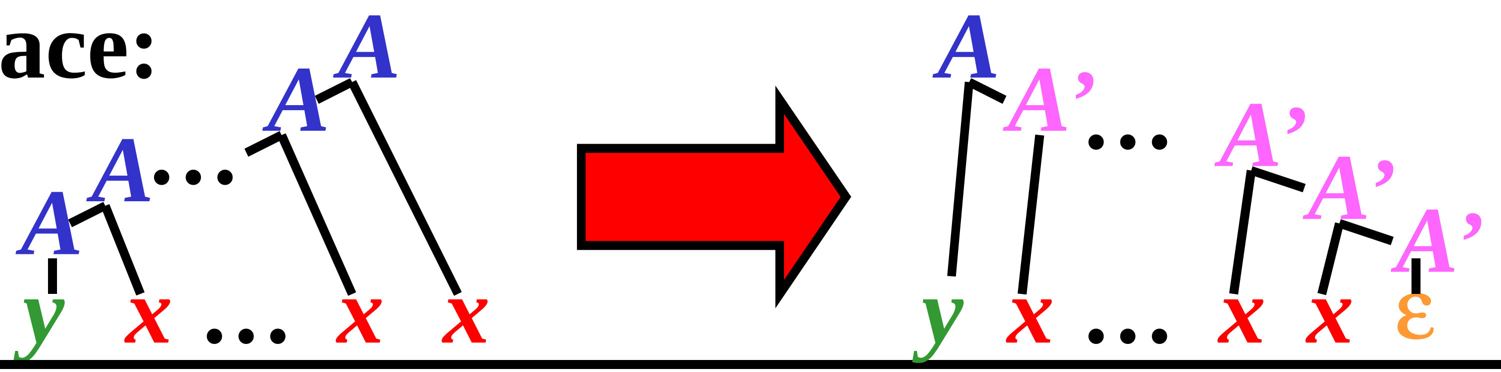
⇒

<stat> → **write** **<item>**
<item> → **id**
<item> → **int**

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.

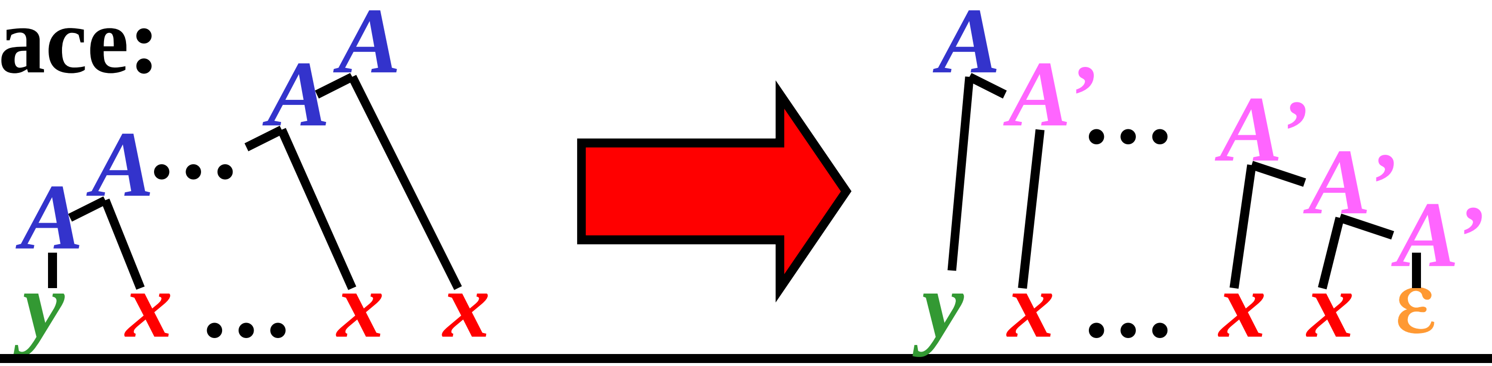
Ilustrace:



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:

$E \rightarrow E+T$

$E \rightarrow T$

$T \rightarrow T*F$

$T \rightarrow F$

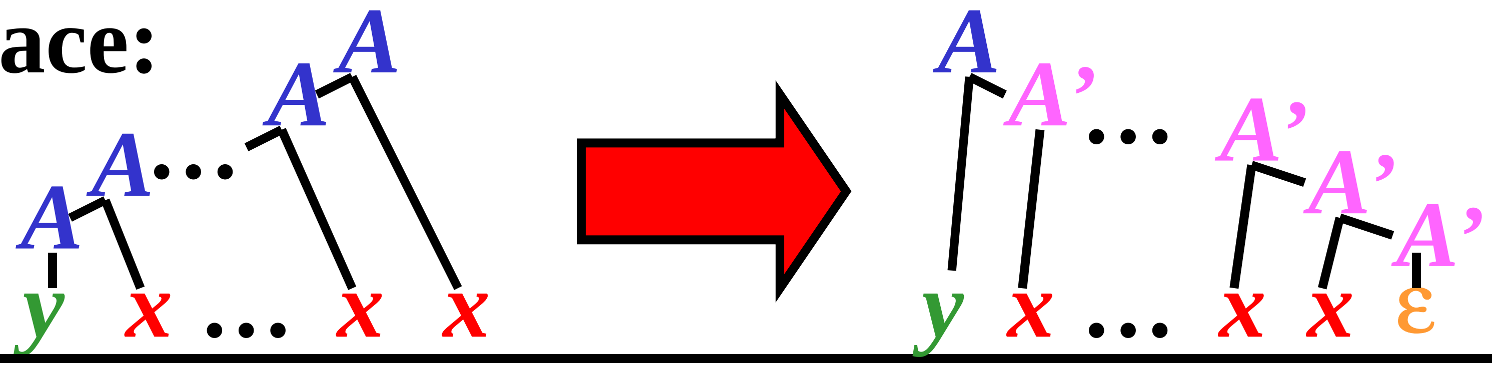
$F \rightarrow (E)$

$F \rightarrow i$

Odstranění levé rekurze

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

Ilustrace:



Příklad:

$E \rightarrow E+T$
$E \rightarrow T$ ⇒ $E \rightarrow TE'$, $E' \rightarrow +TE'$, $E' \rightarrow \varepsilon$

$T \rightarrow T*F$
$T \rightarrow F$ ⇒ $T \rightarrow FT'$, $T' \rightarrow *FT'$, $T' \rightarrow \varepsilon$

$F \rightarrow (E)$ | $F \rightarrow (E)$

$F \rightarrow i$ | $F \rightarrow i$

LL-gramatiky s ε-pravidly: Úvod

Proč ε-pravidla?

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

Zjednodušení této části:

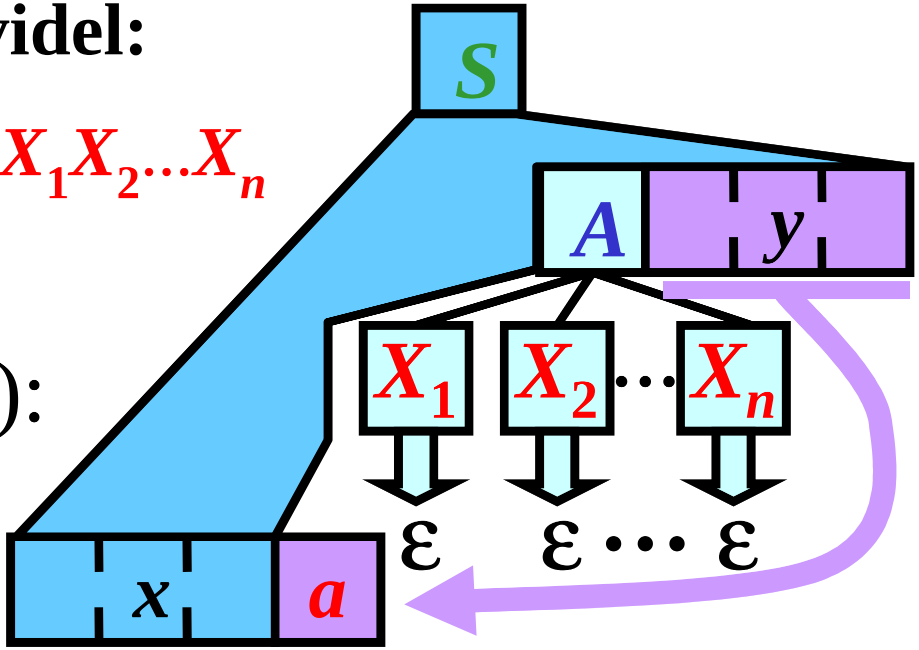
Budeme předpokládat, že každý vstupní řetězec je zakončen $.

Pozn.: $ značí „zakončovač“

Hlavní problém ε-pravidel:

Pravidlo *r*: $A \rightarrow X_1X_2 \ldots X_n$

Možná: $a \notin First(A)$):



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

Gramatika pro aritmetické výrazy

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

Příklad:

$$(\boldsymbol{i} + \boldsymbol{i})*(\boldsymbol{i} + \boldsymbol{i}) \in \boldsymbol{L}(\boldsymbol{G}_{expr3})$$

Množina *Empty*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG.
$Empty(x) = \{\varepsilon\}$ if $x \Rightarrow^* \varepsilon$; jinak
$Empty(x) = \emptyset$, kde $x \in (N \cup T)^*$.

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

Množina *Empty*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG.
$Empty(x) = \{\varepsilon\}$ if $x \Rightarrow^* \varepsilon$; jinak
$Empty(x) = \emptyset$, kde $x \in (N \cup T)^*$.

Ilustrace: $x = X_1 X_2 \cdots X_n$

$$\begin{array}{ccccc} X_1 & X_2 & \cdots & X_n \\ \Downarrow & \Downarrow & & \Downarrow \\ \end{array}$$

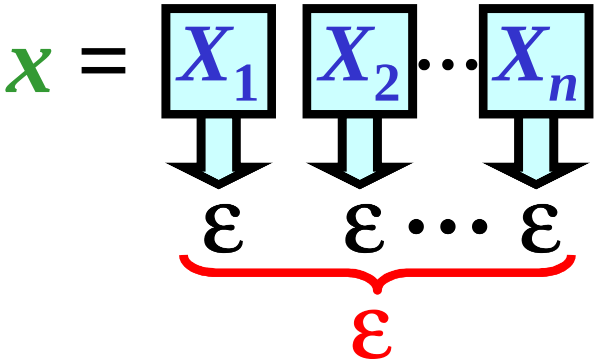
$$\underbrace{\varepsilon \quad \varepsilon \cdots \varepsilon}_{\varepsilon}$$

Množina *Empty*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG.
$Empty(x) = \{\varepsilon\}$ if $x \Rightarrow^* \varepsilon$; jinak
$Empty(x) = \emptyset$, kde $x \in (N \cup T)^*$.

Ilustrace:



$$x = X_1X_2\ldots X_n \Rightarrow^* \varepsilon$$

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

Algoritmus: *Empty*(X)

- **Vstup:** $G = (N, T, P, S)$
- **Výstup:** $Empty(X)$ pro každý symbol $X \in N \cup T$

- **Metoda:**
- pro každé $\boldsymbol{a} \in T$: $Empty(\boldsymbol{a}) := \emptyset$
- pro každé $\boldsymbol{A} \in N$:

  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** $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ **and** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \ldots, n$ **then** $Empty(A) := \{\varepsilon\}$

Předchozí algoritmus: Ilustrace

1) Pro každé $\boldsymbol{a} \in T$: *Empty*($\boldsymbol{a}$) := $\emptyset$, protože $\boldsymbol{a} \not\Rightarrow^{*} \varepsilon$

2) Pro každé $\boldsymbol{r}$**:** $\boldsymbol{A} \rightarrow \varepsilon \in \boldsymbol{P}$: *Empty*($\boldsymbol{A}$) := $\{\varepsilon\}$, protože $\boldsymbol{A} \Rightarrow^{1} \varepsilon$ **[**$\boldsymbol{r}$**]**

---

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :

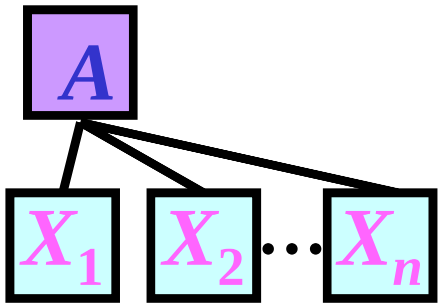
Předchozí algoritmus: Ilustrace

1) Pro každé $\boldsymbol{a} \in T$: $Empty(\boldsymbol{a}) := \emptyset$, protože $\boldsymbol{a} \not\Rightarrow^* \varepsilon$

2) Pro každé $\boldsymbol{r}$: $\boldsymbol{A} \rightarrow \varepsilon \in \boldsymbol{P}$: $Empty(\boldsymbol{A}) := \{\varepsilon\}$, protože $\boldsymbol{A} \Rightarrow^1 \varepsilon$ $[\boldsymbol{r}]$

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :

• **if** $\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{X_1 X_2 \ldots X_n} \in P$ **and** $Empty(\boldsymbol{X_i}) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \ldots, n$ **then** $Empty(\boldsymbol{A}) := \{\varepsilon\}$



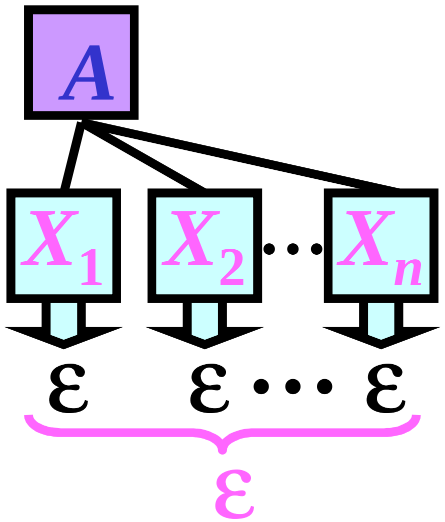
Předchozí algoritmus: Ilustrace

1) Pro každé $a \in T$: $Empty(a) := \emptyset$, protože $a \not\Rightarrow^* \varepsilon$

2) Pro každé r: $A \to \varepsilon \in P$: $Empty(A) := \{\varepsilon\}$, protože $A \Rightarrow^1 \varepsilon$ [r]

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :

- **if** $A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$ **and** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \ldots, n$ **then** $Empty(A) := \{\varepsilon\}$



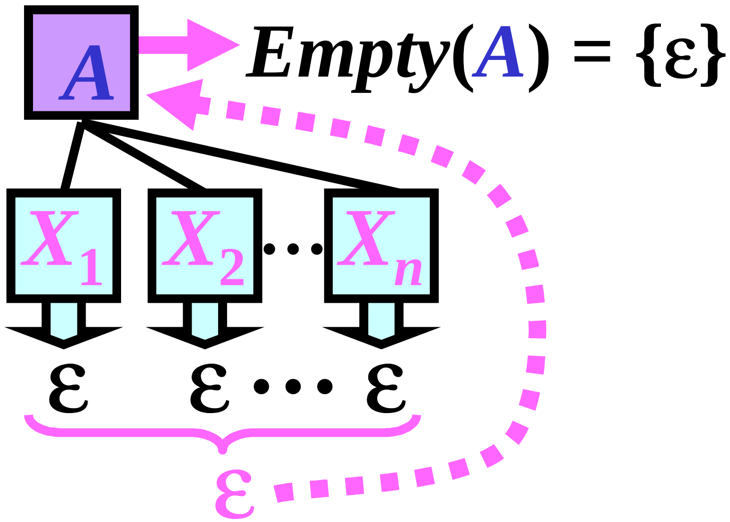
Předchozí algoritmus: Ilustrace

1) Pro každé $\boldsymbol{a} \in T$: $Empty(\boldsymbol{a}) := \emptyset$, protože $\boldsymbol{a} \not\Rightarrow^{*} \varepsilon$

2) Pro každé $\boldsymbol{r}$**:** $\boldsymbol{A} \rightarrow \varepsilon \in \boldsymbol{P}$: $Empty(\boldsymbol{A}) := \{\varepsilon\}$, protože $\boldsymbol{A} \Rightarrow^{1} \varepsilon$ **[**$\boldsymbol{r}$**]**

3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Empty* :

- **if** $\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{X_1 X_2 \ldots X_n} \in P$ **and** $Empty(\boldsymbol{X_i}) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \ldots, n$ **then** $Empty(\boldsymbol{A}) := \{\varepsilon\}$



$Empty(X)$ pro G_{expr3}: Příklad

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

$P = \{$ 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: $F \rightarrow i$ $\}$

Inicializace:

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

- **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 $\boldsymbol{a} \in T$: $First(\boldsymbol{a}) := \{\boldsymbol{a}\}$
- pro každé $\boldsymbol{A} \in N$: $First(\boldsymbol{A}) := \emptyset$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:**
- **if** $A \to X_1X_2\ldots X_{k-1}X_k\ldots X_n \in P$ **then**
    - přidej všechny symboly z $First(X_1)$ do $First(A)$
    - **if** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1,\ldots, k$-1, kde $k \leq n$ **then** přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(A)$

Předchozí algoritmus: Ilustrace

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

2) pro každé $\boldsymbol{A} \in N$: $First(\boldsymbol{A}) := \emptyset$ (Inicializace)

---

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

- **if** $\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{X_1 X_2 \dots X_{k-1} X_k \dots X_n} \in P$ **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)

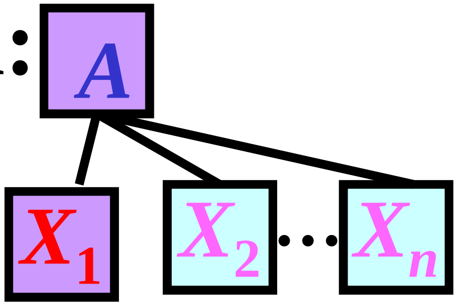
---

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

- **if** $A \rightarrow X_1X_2 \ldots X_{k-1}X_k \ldots X_n \in P$ **then**

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

3a:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

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

2) pro každé $\boldsymbol{A} \in N$: $First(\boldsymbol{A}) := \emptyset$ (Inicializace)

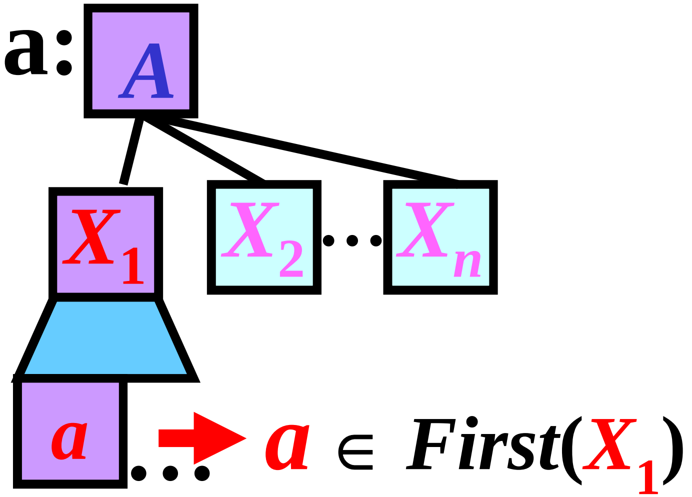
---

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

- **if** $A \rightarrow X_1X_2 \dots X_{k-1}X_k \dots X_n \in P$ **then**

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

3a:



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)

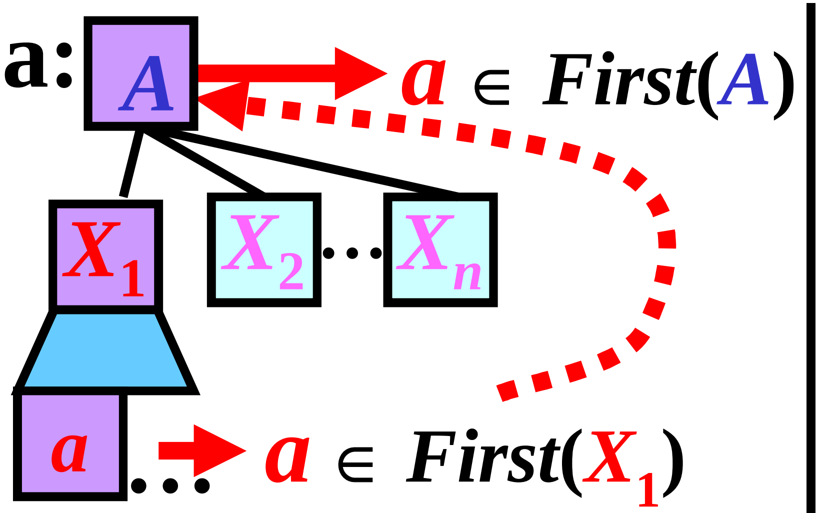
---

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

• **if** $A \to X_1X_2 \dots X_{k-1}X_k \dots X_n \in P$ **then**

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

3a:



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)

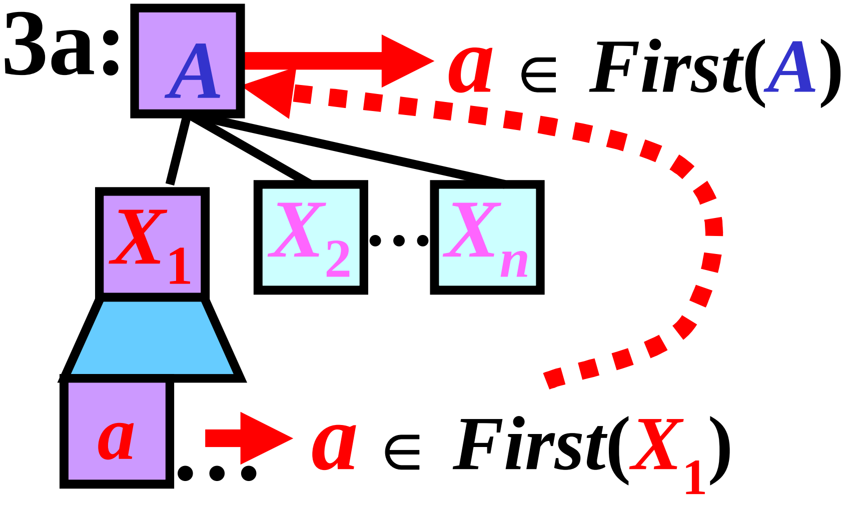
---

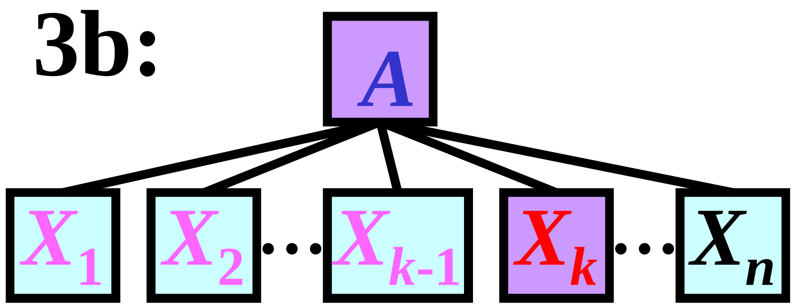
3) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *First*:

• **if** $A \to X_1X_2 \dots X_{k-1}X_k \dots X_n \in P$ **then**

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

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





Předchozí algoritmus: Ilustrace

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

2) pro každé $\boldsymbol{A} \in N$: $First(\boldsymbol{A}) := \emptyset$ (Inicializace)

---

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

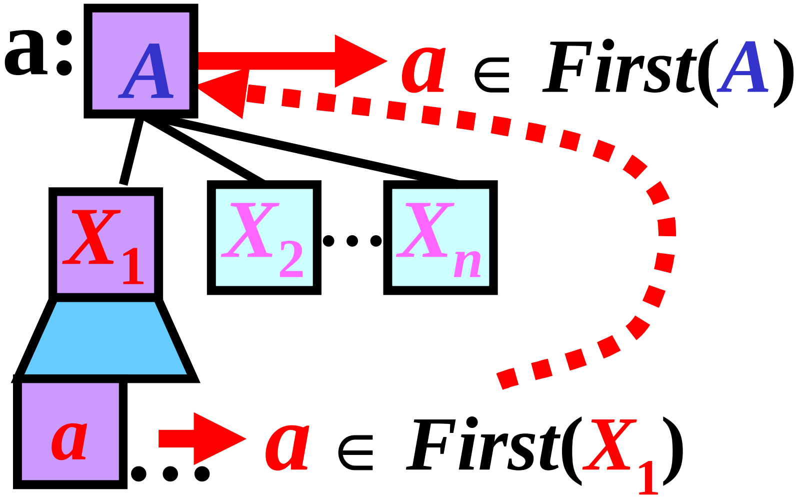
• **if** $A \rightarrow X_1X_2 \ldots X_{k-1}X_k \ldots X_n \in P$ **then**

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

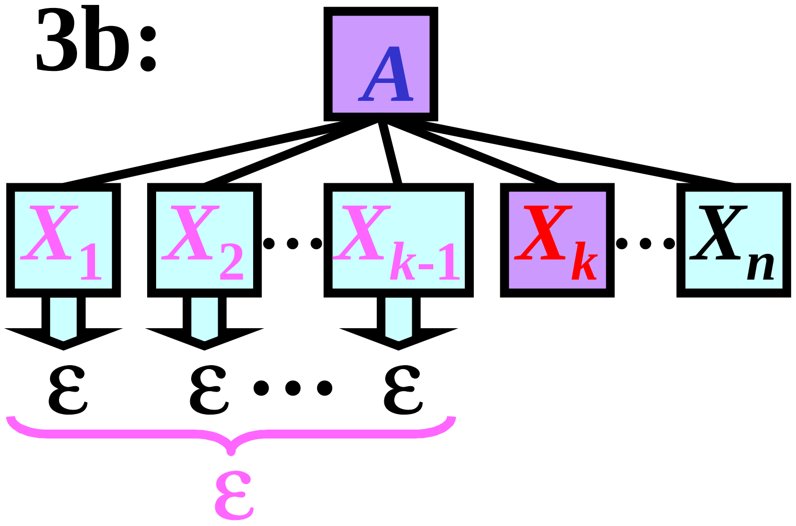
3b) **if** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1,\ldots, k$-1, kde $k \leq n$

then přidej všechny symboly z $First(X_k)$ do $First(A)$:

3a:



3b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

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

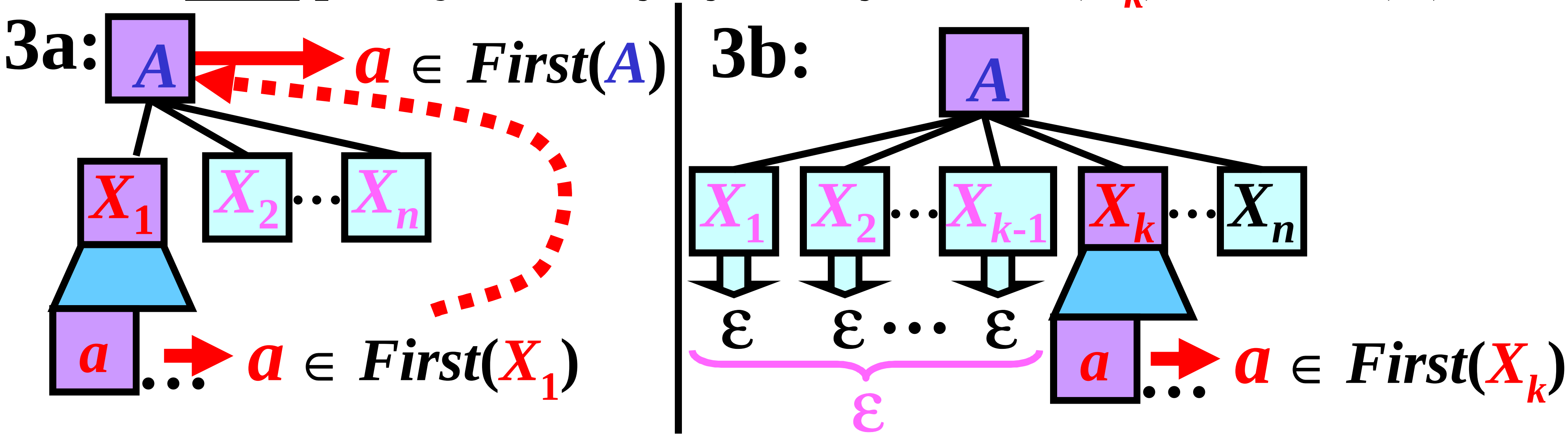
2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)

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

- **if** $A \rightarrow X_1X_2 \dots X_{k-1}X_k \dots X_n \in P$ **then**

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

  3b) **if** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ 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 $a \Rightarrow^0 a$

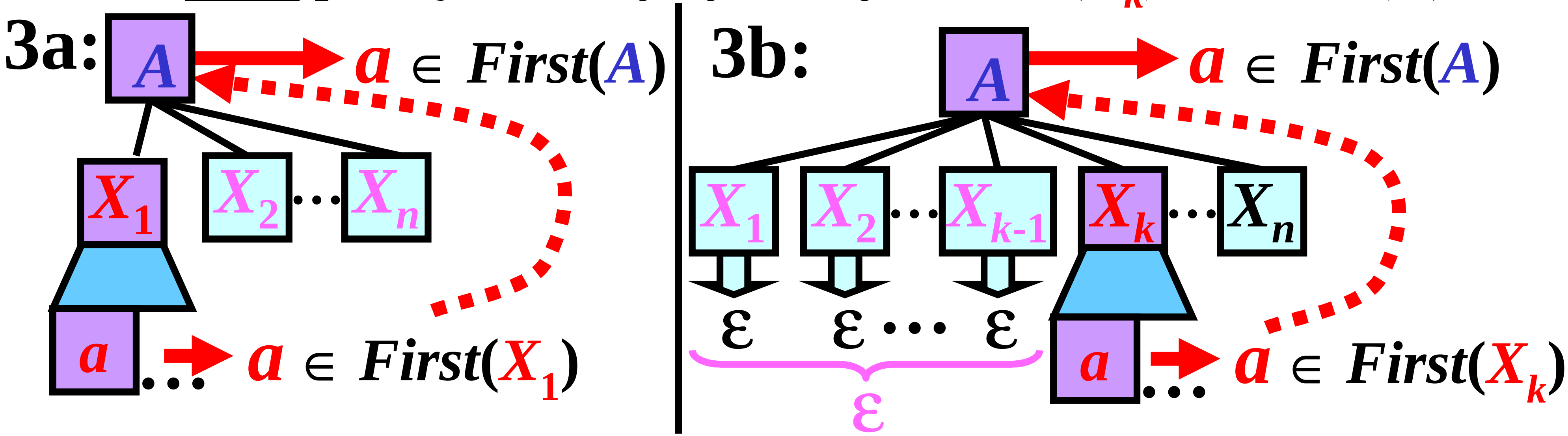
2) pro každé $A \in N$: $First(A) := \emptyset$ (Inicializace)

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

- **if** $A \to X_1X_2 \dots X_{k-1}X_k \dots X_n \in P$ **then**

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

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



First(*X*) for G_{expr3}: Příklad

Inicializace:

First(***i***)	:= {***i***}	*First*(***E***)	:= ∅
First(**+**)	:= {**+**}	*First*(***E'***)	:= ∅
First(*****)	:= {*****}	*First*(***T***)	:= ∅
First(**(**)	:= { **(** }	*First*(***T'***)	:= ∅
First(**)**)	:= { **)** }	*First*(***F***)	:= ∅

$First(X)$ 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***)	:= ∅
First(+)	:= {+}	*First*(***E'***)	:= ∅
First(*)	:= {*}	*First*(***T***)	:= ∅
First(**(**)	:= { **(** }	*First*(***T'***)	:= ∅
First(**)**)	:= { **)** }	*First*(***F***)	:= ∅

F → ***i*** ∈ *P*: **přidej** *First*(***i***) = {***i***} **do** *First*(***F***)
F → **(*E*)** ∈ *P*: **přidej** *First*(**(**) = {**(**} **do** *First*(***F***)
Celkově: *First*(*F*) = {*i*, (}

T' → ****FT'*** ∈ *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***)	:= ∅
First(+)	:= {+}	*First*(***E'***)	:= ∅
First(*****)	:= {*}	*First*(***T***)	:= ∅
First(**(**)	:= { **(** }	*First*(***T'***)	:= ∅
First(**)**)	:= { **)** }	*First*(***F***)	:= ∅

F → **i** ∈ *P*: **přidej** *First*(**i**) = {**i**} **do** *First*(***F***)
F → **(*E*)** ∈ *P*: **přidej** *First*(**(**) = {**(**} **do** *First*(***F***)
Celkově: *First*(*F*) = {*i*, (}

T' → ***FT'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (*****) = {*****} **do** *First*(***T'***)
Celkově: *First*(*T'*) = {*}

T → ***FT'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (***F***) = {***i***, **(**} **do** *First*(***T***)
Celkově: *First*(*T*) = {*i*, (}

E' → **+*TE'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (**+**) = {**+**} **do** *First*(***E'***)
Celkově: *First*(*E'*) = {+}

First(*X*) for G_{expr3}: Příklad

Inicializace:

First(**i**)	:= {**i**}	*First*(***E***)	:= ∅
First(+)	:= {+}	*First*(***E'***)	:= ∅
First(*****)	:= {*****}	*First*(***T***)	:= ∅
First(**(**)	:= { **(** }	*First*(***T'***)	:= ∅
First(**)**)	:= { **)** }	*First*(***F***)	:= ∅

F → ***i*** ∈ *P*: **přidej** *First*(***i***) = {***i***} **do** *First*(***F***)
F → **(*E*)** ∈ *P*: **přidej** *First*(**(**) = {**(**} **do** *First*(***F***)
Celkově: *First*(*F*) = {*i*, (}

T' → ****FT'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (*****) = {*****} **do** *First*(***T'***)
Celkově: *First*(*T'*) = {*}

T → ***FT'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (***F***) = {***i*, (**} **do** *First*(***T***)
Celkově: *First*(*T*) = {*i*, (}

E' → ***+TE'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (+) = {+} **do** *First*(***E'***)
Celkově: *First*(*E'*) = {+}

E → ***TE'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (***T***) = {***i*, (**} **do** *First*(***E***)
Celkově: *First*(*E*) = {*i*, (}

First(*X*) for G_{expr3}: Příklad

Inicializace:

First(**i**) := {**i**}		*First*(***E***)	:= ∅
First(+) := {+}		*First*(***E'***)	:= ∅
First(*****) := {*****}		*First*(***T***)	:= ∅
First(**(**) := { **(** }		*First*(***T'***)	:= ∅
First(**)**) := { **)** }		*First*(***F***)	:= ∅

F → **i** ∈ *P*: **přidej** *First*(**i**) = {**i**} **do** *First*(***F***)
F → **(*E*)** ∈ *P*: **přidej** *First*(**(**) = {**(**} **do** *First*(***F***)
Celkově: *First*(*F*) = {*i*, (}

T' → ***FT'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (*****) = {*****} **do** *First*(***T'***)
Celkově: *First*(*T'*) = {*}

T → ***FT'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (***F***) = {**i**, **(**} **do** *First*(***T***)
Celkově: *First*(*T*) = {*i*, (}

E' → **+*TE'*** ∈ *P*: **přidej** *First* (+) = {+} **do** *First*(***E'***)
Celkově: *First*(*E'*) = {+}

E → ***TE'*** ∈ *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

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

Množina *Empty* pro všechna $X \in N \cup T$:

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

Množina *First* pro všechna $X \in N \cup T$:

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

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

Algoritmus: $First(X_1X_2\ldots X_n)$

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

- **Metoda:**
- $First(X_1X_2\ldots X_n) := First(X_1)$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu $\boldsymbol{First(X_1X_2\ldots X_{k-1}X_k\ldots X_n)}$:**
  - **if** $Empty(\boldsymbol{X_i}) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \ldots, k$-1, kde $k \leq n$
    then přidej všechny symboly z $First(\boldsymbol{X_k})$ do $First(X_1X_2\ldots X_n)$

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

Ilustrace:

$\boxed{X_1}\boxed{X_2}\ldots\boxed{X_{k-1}}\boxed{X_k}\ldots\boxed{X_n}$

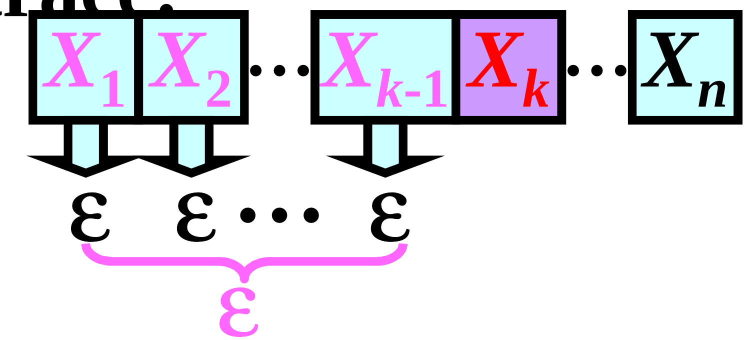
Algoritmus: *First*$(X_1X_2\ldots X_n)$

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

- **Metoda:**
- *First*$(X_1X_2\ldots X_n)$:= *First*(X_1)
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu *First*$(X_1X_2\ldots X_{k-1}X_k\ldots X_n)$:**
  - **if** *Empty*$(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \ldots, k$-1, kde $k \leq n$
    then přidej všechny symboly z *First*(X_k) do *First*$(X_1X_2\ldots X_n)$

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

Ilustrace:



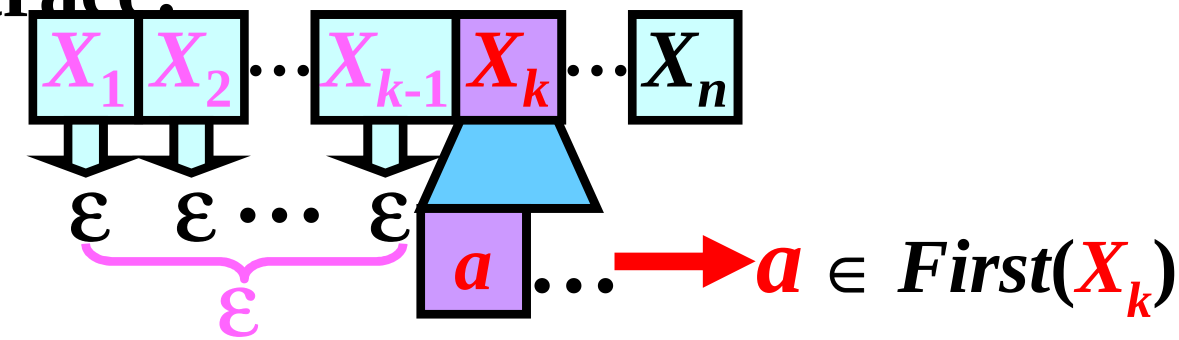
Algoritmus: $First(X_1X_2\ldots X_n)$

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

- **Metoda:**
- $First(X_1X_2\ldots X_n) := First(X_1)$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu** $\boldsymbol{First(X_1X_2\ldots X_{k-1}X_k\ldots X_n)}$**:**
  - **if** $Empty(\boldsymbol{X_i}) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \ldots, k$-1, kde $k \leq n$
    then přidej všechny symboly z $First(\boldsymbol{X_k})$ do $First(X_1X_2\ldots X_n)$

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

Ilustrace:



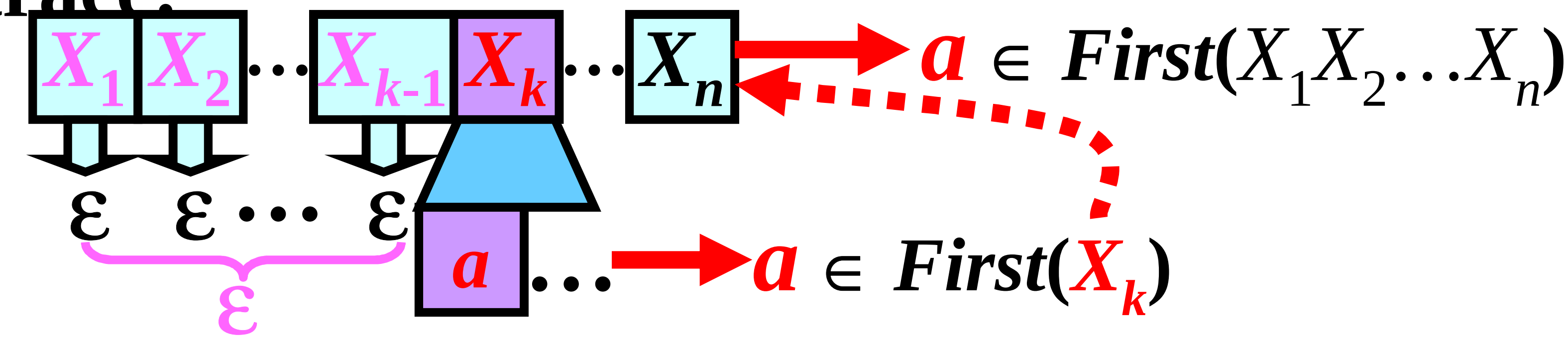
Algoritmus: $First(X_1X_2\ldots X_n)$

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

- **Metoda:**
- $First(X_1X_2\ldots X_n) := First(X_1)$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu $\boldsymbol{First(X_1X_2\ldots X_{k-1}X_k\ldots X_n)}$:**
    - **<u>if</u>** $Empty(\boldsymbol{X_i}) = \{\varepsilon\}$ pro $i = 1, \ldots, k\text{-}1$, kde $k \le n$
      <u>then</u> přidej všechny symboly z $First(\boldsymbol{X_k})$ do $First(X_1X_2\ldots X_n)$

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

Ilustrace:



First$(X_1X_2\ldots X_n)$: Příklad

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

Množiny *Empty* & *First* pro všechna $X \in N$:

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

Určeme: *First*$(E'T'FET)$

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

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

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

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

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

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

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:**
- **<u>if</u>** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \dots, n$ **<u>then</u>**

  $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \{\varepsilon\}$

  <u>else</u>

  $Empty(X_1X_2\dots X_n) := \emptyset$

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

Ilustrace: $\boxed{X_1}\boxed{X_2}\dots\boxed{X_n}$

Algoritmus: $Empty(X_1X_2\ldots X_n)$

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

- **Metoda:**
- **<u>if</u>** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \ldots, n$ **<u>then</u>**

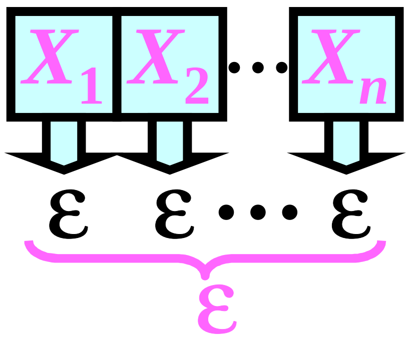
  $Empty(X_1X_2\ldots X_n) := \{\varepsilon\}$

  <u>else</u>

  $Empty(X_1X_2\ldots X_n) := \varnothing$

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

Ilustrace:



Algoritmus: $Empty(X_1X_2\ldots X_n)$

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

- **Metoda:**
- **<u>if</u>** $Empty(X_i) = \{\varepsilon\}$ pro všechna $i = 1, \ldots, n$ **<u>then</u>**

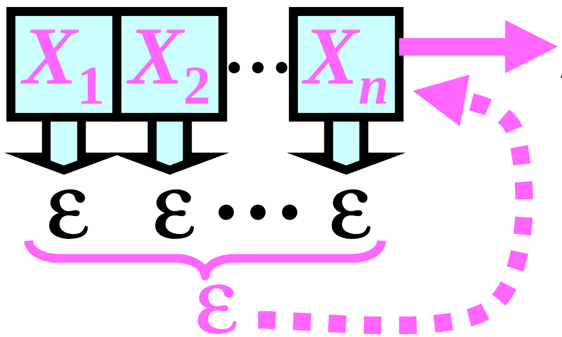
  $Empty(X_1X_2\ldots X_n) := \{\varepsilon\}$

  <u>else</u>

  $Empty(X_1X_2\ldots X_n) := \emptyset$

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

Ilustrace:



$\boldsymbol{Empty(X_1X_2\ldots X_n) = \{\varepsilon\}}$

Empty$(X_1X_2\ldots X_n)$: Příklad

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

Množina *Empty* pro všechna $X \in N$:

Empty(E) := $\emptyset$
Empty(E') := $\{\varepsilon\}$
Empty(T) := $\emptyset$
Empty(T') := $\{\varepsilon\}$
Empty(F) := $\emptyset$

Určeme: *Empty*$(E'T')$

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

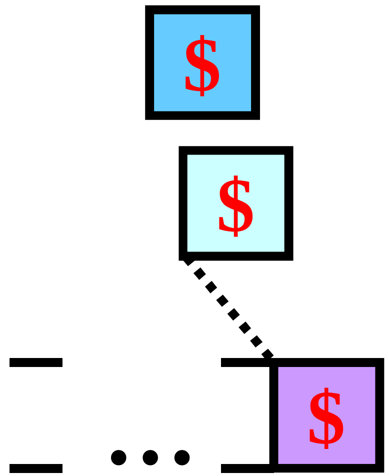
Množina *Follow*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:



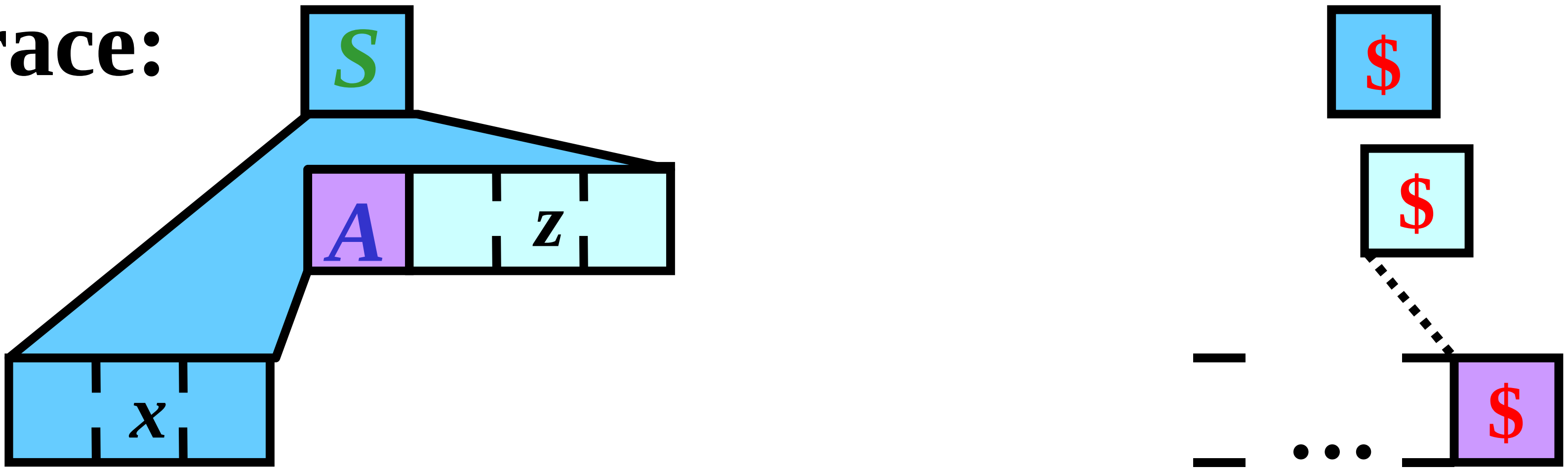
Množina *Follow*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:



$S \Rightarrow^* xAz$

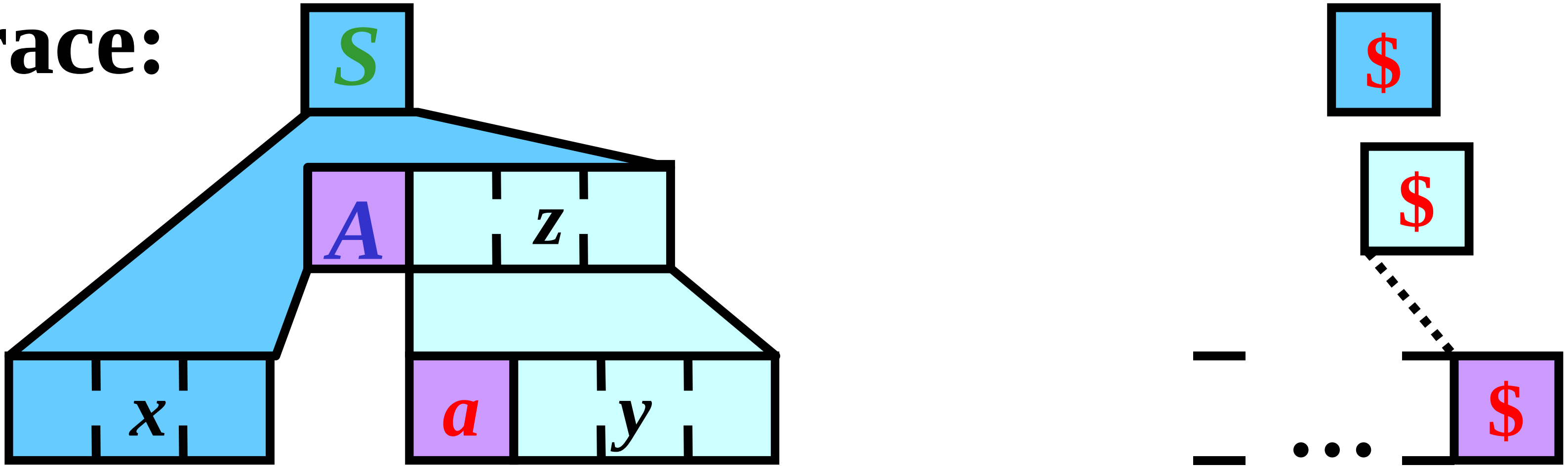
Množina *Follow*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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:



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

$a \in Follow(A)$

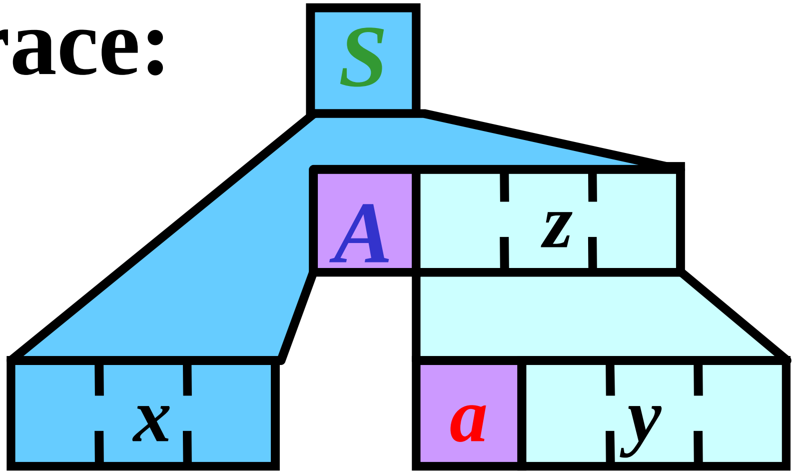
Množina *Follow*

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

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro všechna $A \in N$ definujeme množinu *Follow*(A):

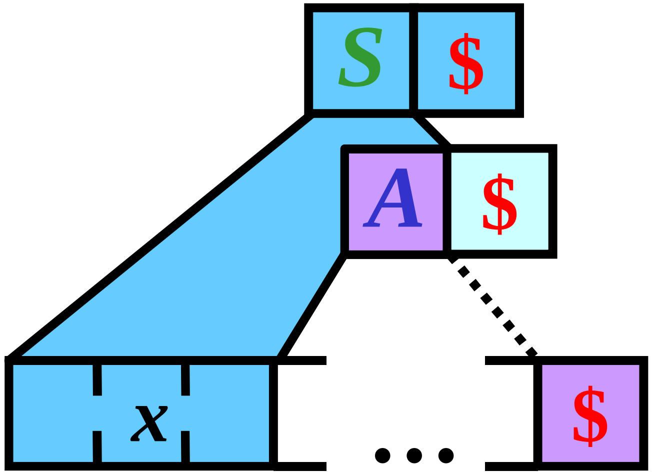
$$Follow(A) = \{a: a \in T, S \Rightarrow^* xAay, x, y \in (N \cup T)^*\}$$
$$\cup \{\$: S \Rightarrow^* xA, x \in (N \cup T)^*\}$$

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 $A \in N$

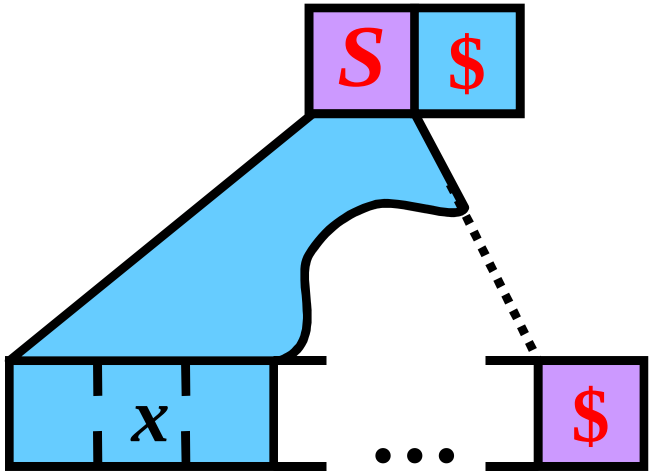
- **Metoda:**
- *Follow*(***S***) := {**$**};
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Follow*:**
- **<u>if</u>** $A \rightarrow xBy \in P$ **<u>then</u>**
    - **<u>if</u>** $y \neq \varepsilon$ **<u>then</u>**

      přidej všechny symboly z *First*(*y*) do *Follow*(***B***);
    - **<u>if</u>** *Empty*(*y*) = {ε} **<u>then</u>**

      přidej všechny symboly z *Follow*(***A***) do *Follow*(***B***);

Předchozí algoritmus: Ilustrace

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

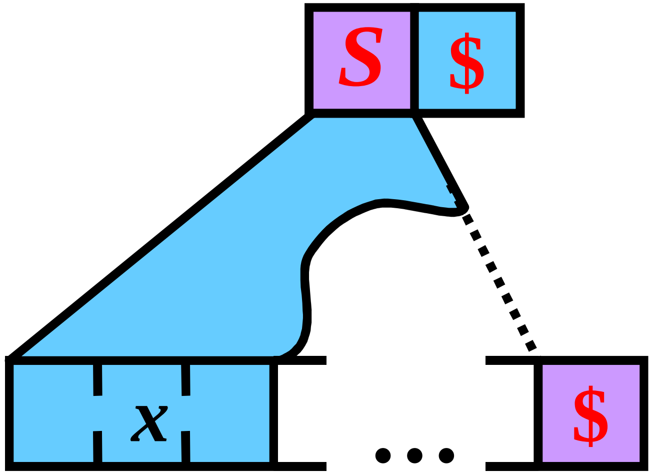


2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

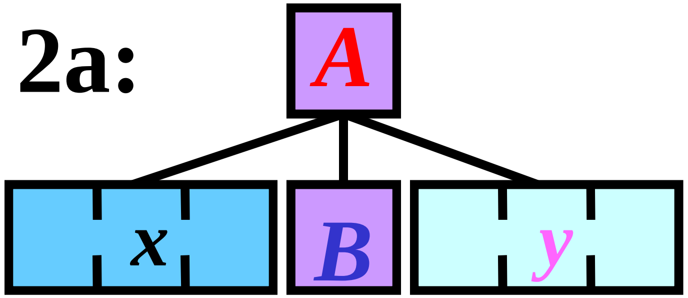
• **if** $A \rightarrow xBy \in P$ **then**

Předchozí algoritmus: Ilustrace

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



2a:



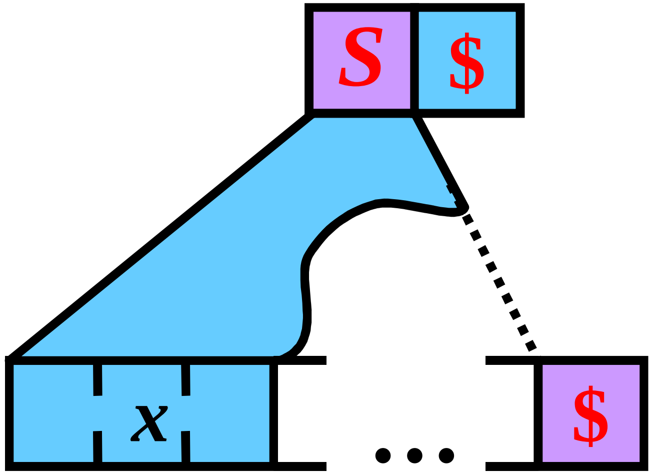
2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

- **if** ***A*** $\rightarrow$ ***xBy*** $\in$ *P* **then**

  2a) if ***y*** $\neq \varepsilon$ **then** přidej všechny symboly z *First*(***y***) do *Follow*(***B***)

Předchozí algoritmus: Ilustrace

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

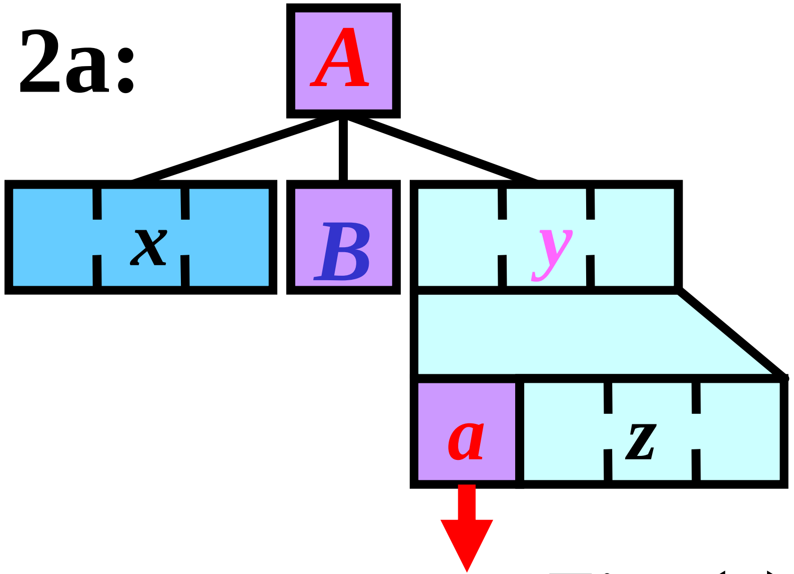


2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

- **if** ***A*** $\rightarrow$ ***xBy*** $\in$ *P* **then**

  2a) if ***y*** $\neq$ ε **then** přidej všechny symboly z *First*(***y***) do *Follow*(***B***)

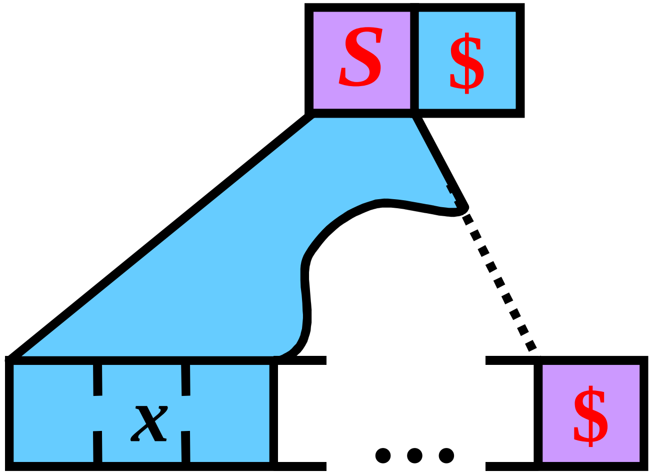
2a:



a $\in$ *First*(***y***)

Předchozí algoritmus: Ilustrace

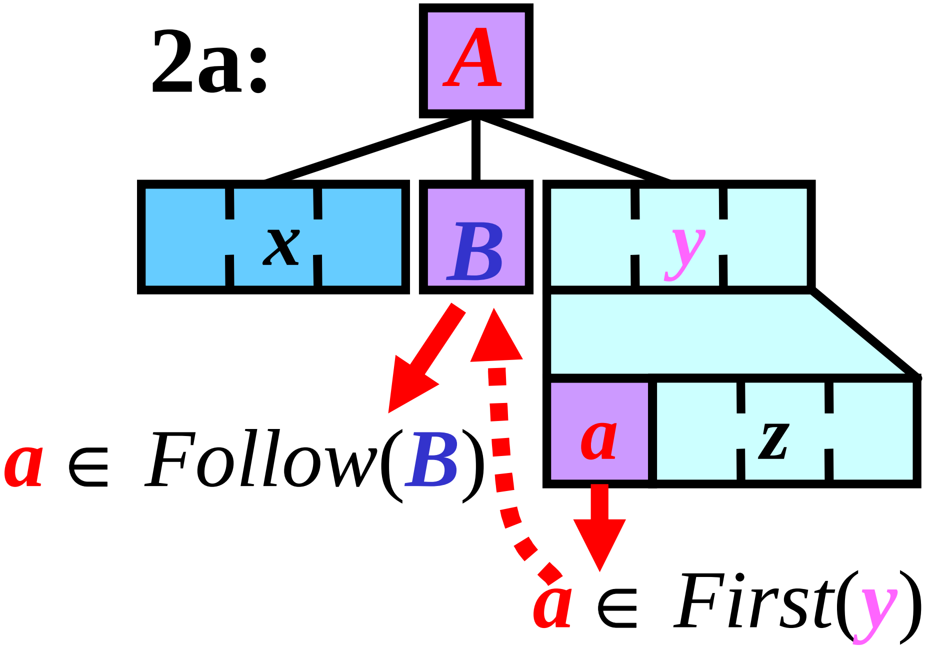
1) *Follow*(***S***) := {**$**}



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

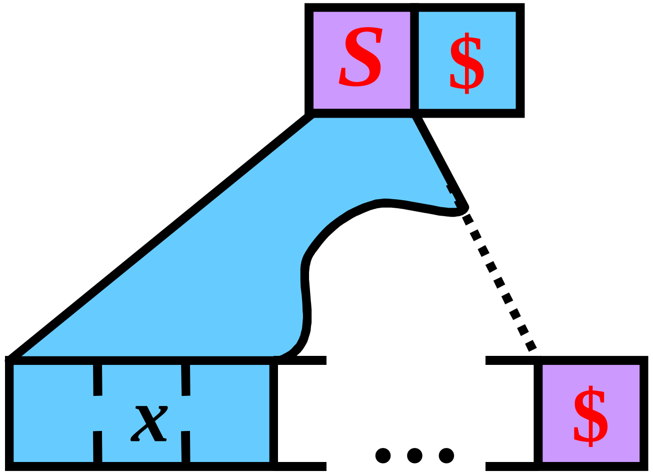
- **<u>if</u>** ***A*** $\rightarrow$ ***xBy*** $\in$ *P* **<u>then</u>**
  2a) <u>if</u> *y* $\neq$ ε **<u>then</u>** přidej všechny symboly z *First*(*y*) do *Follow*(***B***)

2a:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

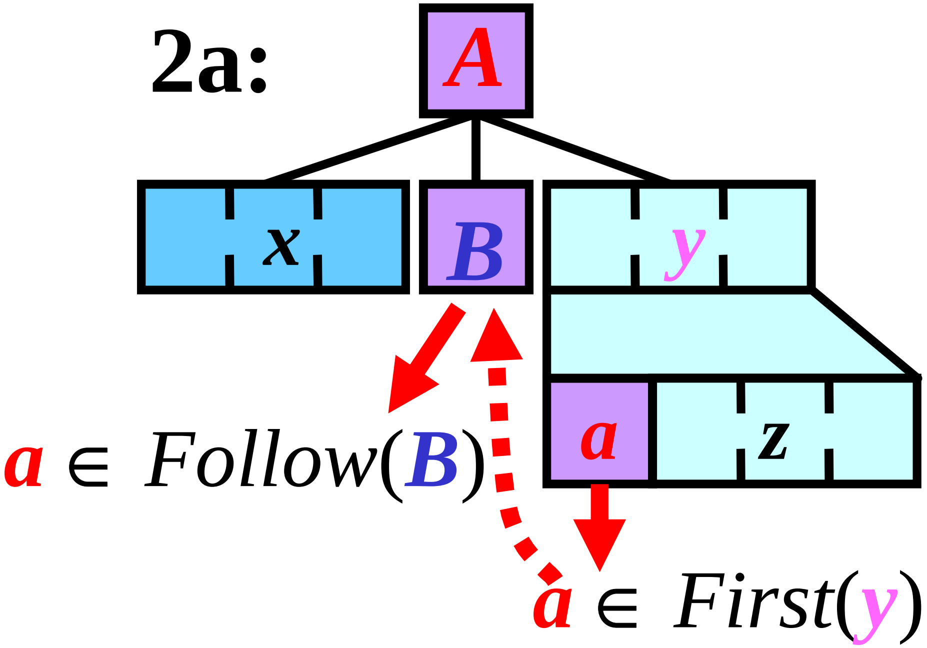
1) *Follow*(***S***) := {**$**}



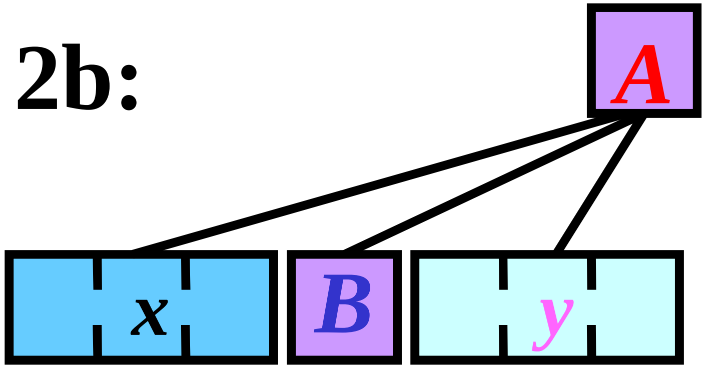
2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

- **<u>if</u>** ***A*** $\rightarrow$ ***xBy*** $\in$ *P* **<u>then</u>**
  2a) <u>if</u> ***y*** $\neq$ ε **<u>then</u>** přidej všechny symboly z *First*(***y***) do *Follow*(***B***)
  2b) <u>if</u> *Empty*(***y***) **= {ε} <u>then</u>** přidej všechny symboly z *Follow*(***A***) do *Follow*(***B***)

2a:

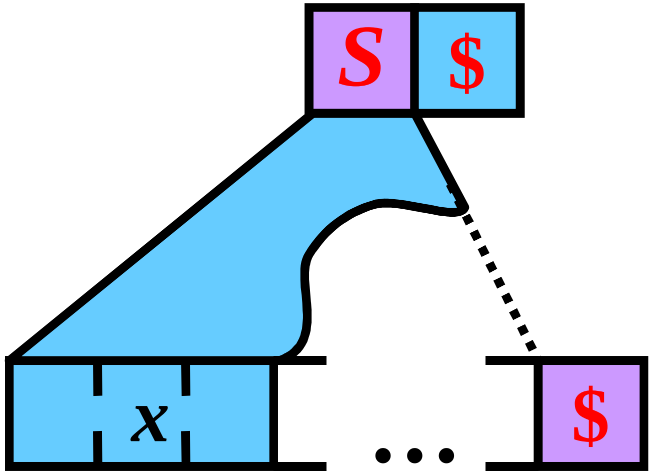


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

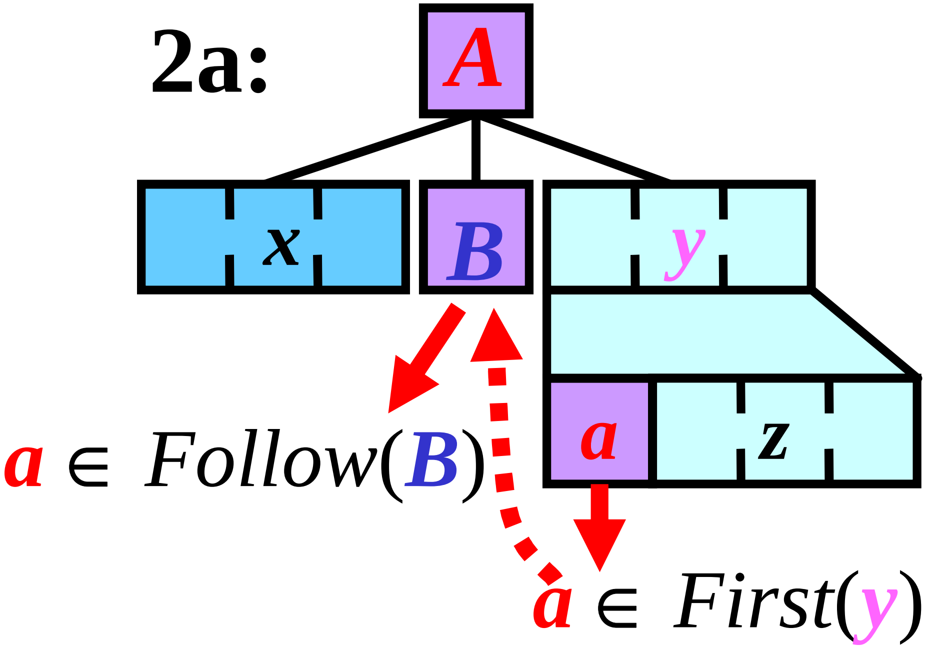
1) *Follow*(***S***) := {**$**}



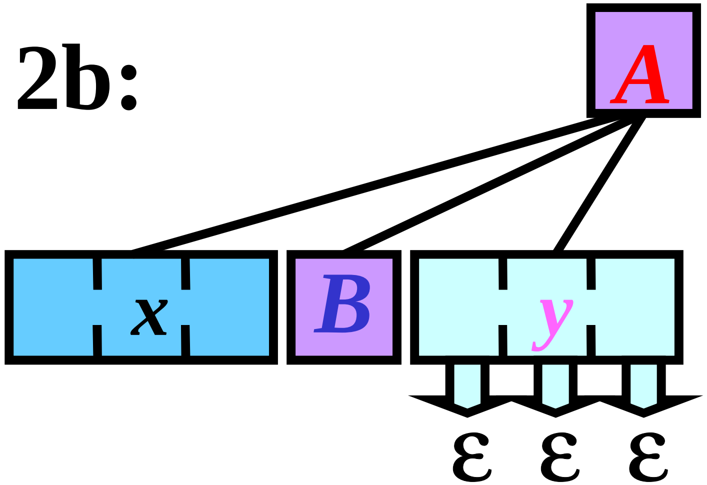
2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

- **<u>if</u>** ***A*** → ***xBy*** ∈ *P* **<u>then</u>**
  - **2a) <u>if</u>** ***y*** ≠ ε **<u>then</u>** přidej všechny symboly z *First*(***y***) do *Follow*(***B***)
  - **2b) <u>if</u>** *Empty*(***y***) **= {ε} <u>then</u>** přidej všechny symboly z *Follow*(***A***) do *Follow*(***B***)

2a:

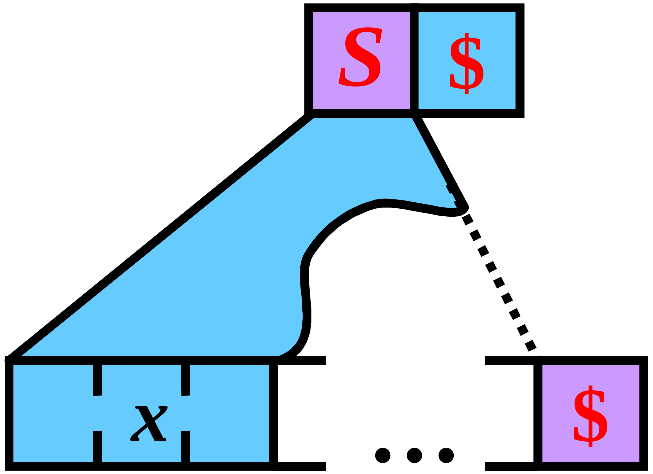


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

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



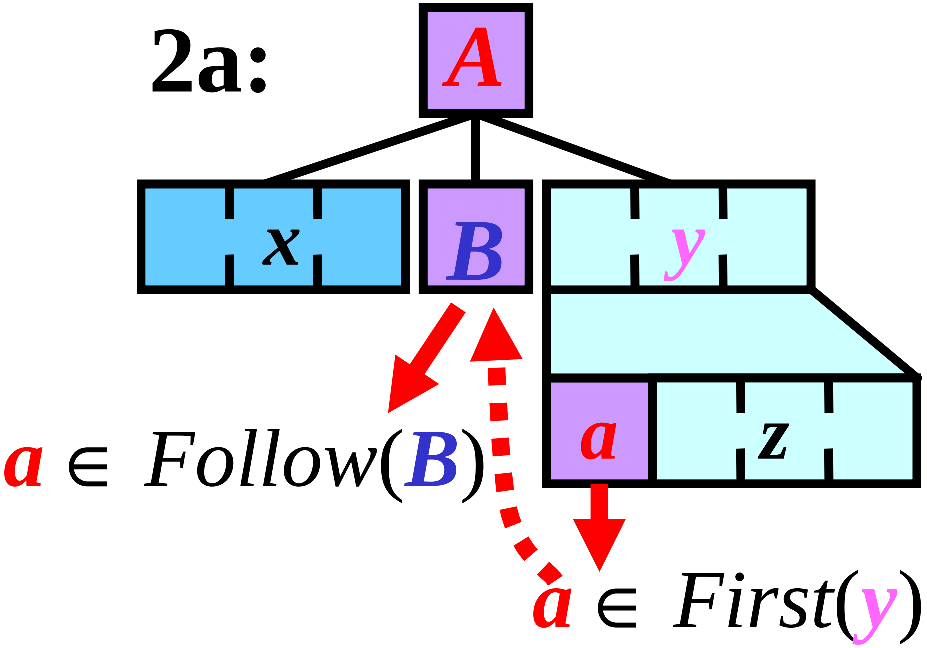
2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

- **<u>if</u>** ***A*** $\rightarrow$ *x**B**y* $\in$ *P* **<u>then</u>**

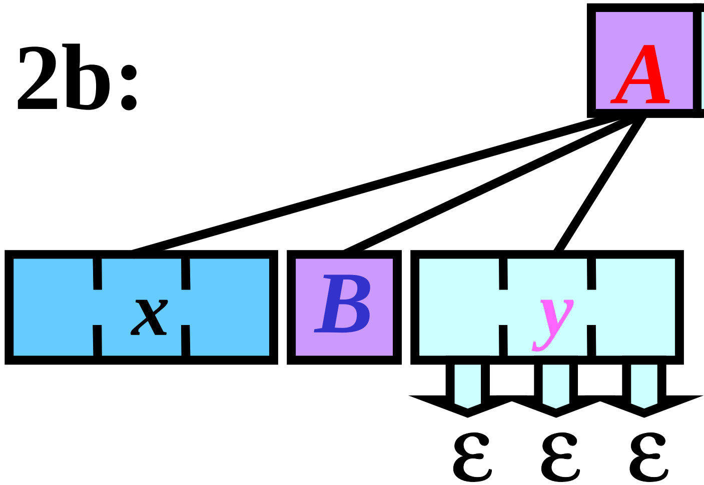
  2a) <u>if</u> *y* $\neq$ ε **<u>then</u>** přidej všechny symboly z *First*(*y*) do *Follow*(***B***)

  2b) <u>if</u> *Empty*(*y*) = {ε} **<u>then</u>** přidej všechny symboly z *Follow*(***A***) do *Follow*(***B***)

2a:

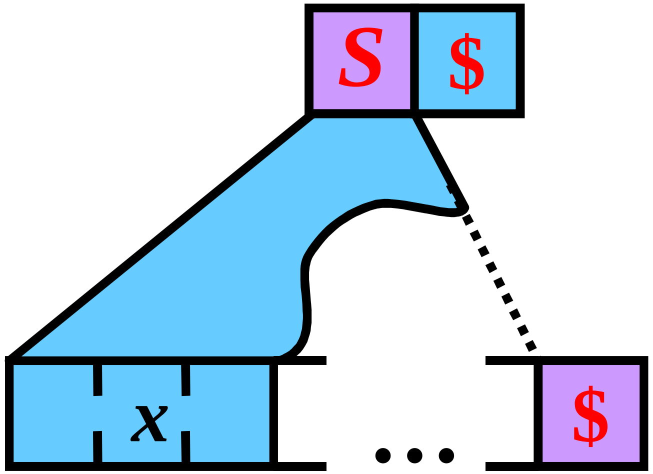


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

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



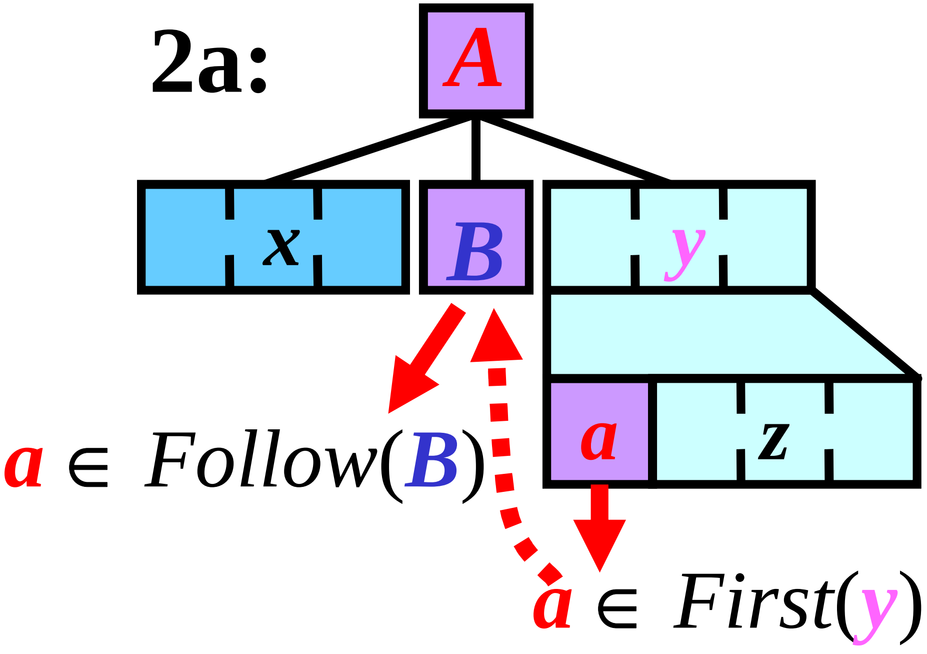
2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

- **<u>if</u>** ***A*** $\rightarrow$ ***xBy*** $\in$ *P* **<u>then</u>**

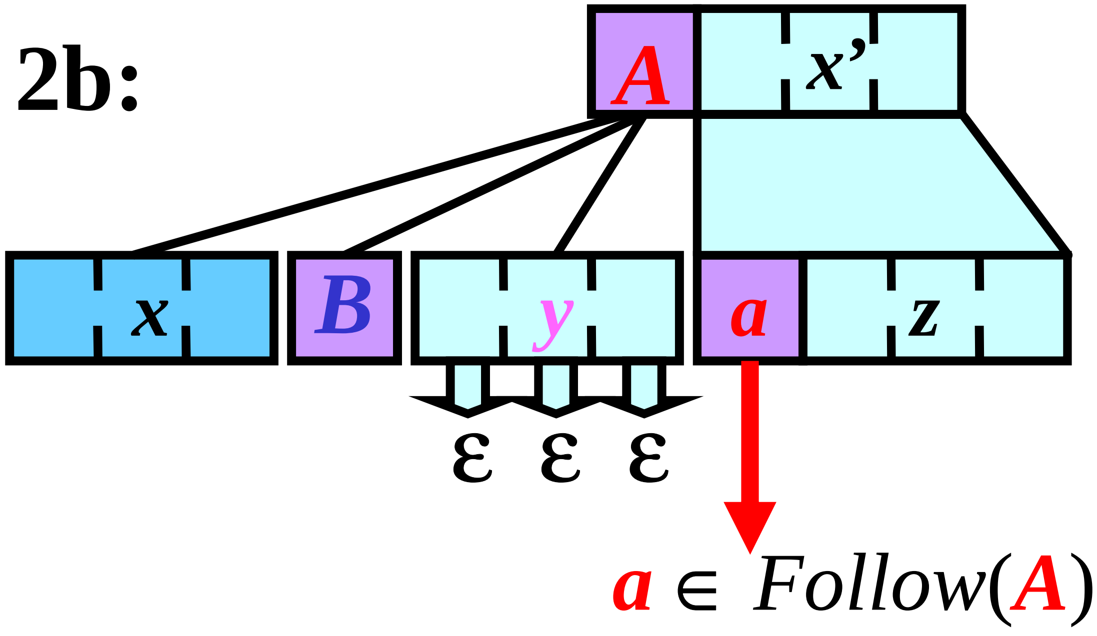
  2a) <u>if</u> ***y*** $\neq \varepsilon$ **<u>then</u>** přidej všechny symboly z *First*(***y***) do *Follow*(***B***)

  2b) <u>if</u> *Empty*(***y***) **= {ε} <u>then</u>** přidej všechny symboly z *Follow*(***A***) do *Follow*(***B***)

2a:

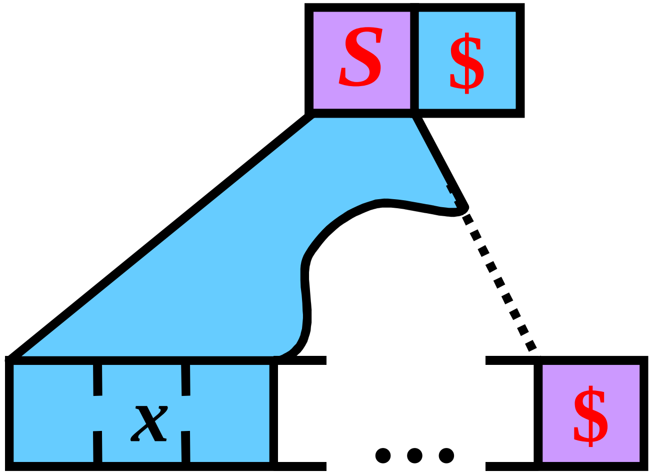


2b:



Předchozí algoritmus: Ilustrace

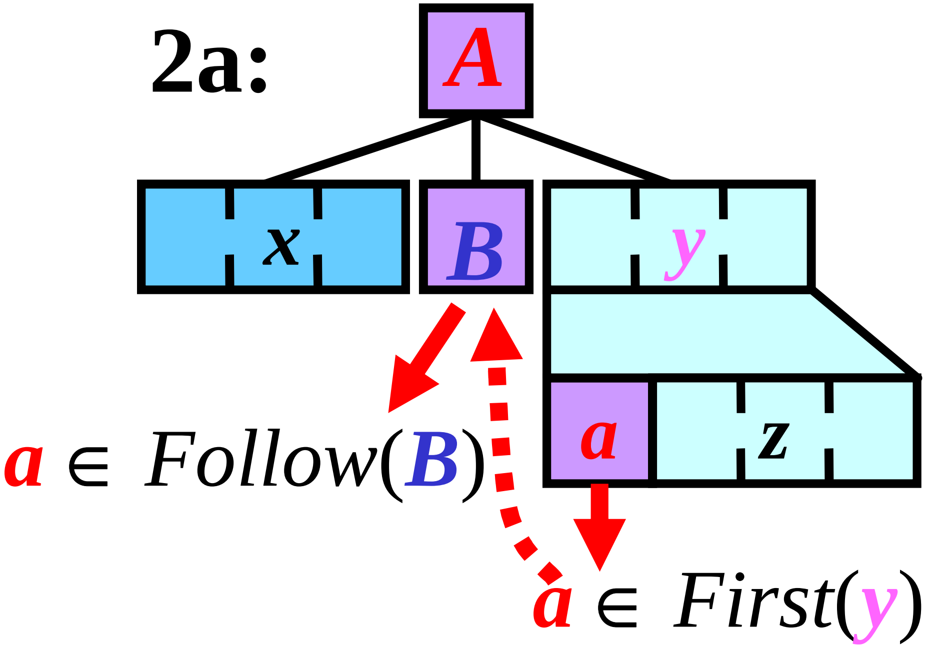
1) *Follow*(***S***) := {**$**}



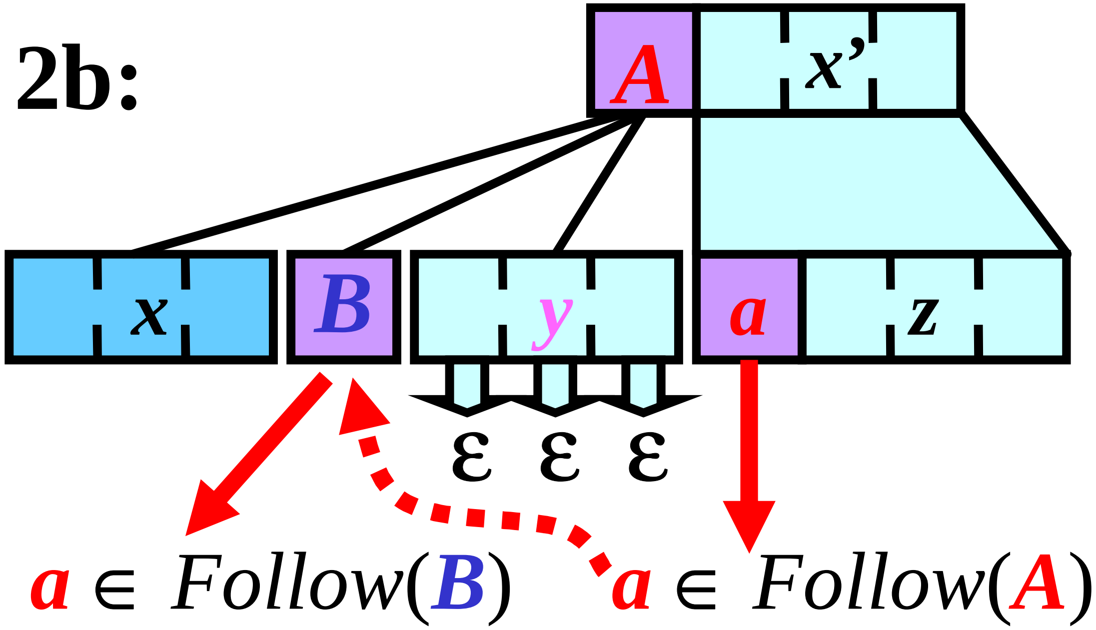
2) Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit *Follow*:

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

2a:



2b:



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

$First(E)$	:= {*i*, (}	$Empty(E)$	:= ∅	$Follow(E)$	:= ∅
$First(E')$	:= {+}	$Empty(E')$	:= {ε}	$Follow(E')$	:= ∅
$First(T)$	:= {*i*, (}	$Empty(T)$	:= ∅	$Follow(T)$	:= ∅
$First(T')$	:= {*}	$Empty(T')$	:= {ε}	$Follow(T')$	:= ∅
$First(F)$	:= {*i*, (}	$Empty(F)$	:= ∅	$Follow(F)$	:= ∅

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

First(***E***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***E***)	:= ∅	*Follow*(***E***)	:= ∅
First(***E’***)	:= {**+**}	*Empty*(***E’***)	:= {ε}	*Follow*(***E’***)	:= ∅
First(***T***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***T***)	:= ∅	*Follow*(***T***)	:= ∅
First(***T’***)	:= {*****}	*Empty*(***T’***)	:= {ε}	*Follow*(***T’***)	:= ∅
First(***F***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***F***)	:= ∅	*Follow*(***F***)	:= ∅

0) *Follow*(***E***) := {**$**}

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

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

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

1) $F \rightarrow (E \underbrace{)}_{\neq \varepsilon} \in P$:

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

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

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

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

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

$First(E)$	:= {*i*, (}	$Empty(E)$	:= ∅	$Follow(E)$	:= ∅
$First(E')$	:= {+}	$Empty(E')$	:= {ε}	$Follow(E')$	:= ∅
$First(T)$	:= {*i*, (}	$Empty(T)$	:= ∅	$Follow(T)$	:= ∅
$First(T')$	:= {*}	$Empty(T')$	:= {ε}	$Follow(T')$	:= ∅
$First(F)$	:= {*i*, (}	$Empty(F)$	:= ∅	$Follow(F)$	:= ∅

0) $Follow(E)$:= {**$**}

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

Celkově: $Follow(E)$ = {**$**,)}

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

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

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

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

Celkově: $Follow(E) = \{\$,)\}$

2) $E \rightarrow TE' \underbrace{\ }_{\varepsilon} \in P$:

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

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

First(***E***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***E***) := ∅	*Follow*(***E***) := ∅
First(***E'***) := {**+**}	*Empty*(***E'***) := {ε}	*Follow*(***E'***) := ∅
First(***T***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***T***) := ∅	*Follow*(***T***) := ∅
First(***T'***) := {*****}	*Empty*(***T'***) := {ε}	*Follow*(***T'***) := ∅
First(***F***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***F***) := ∅	*Follow*(***F***) := ∅

0) *Follow*(***E***) := {**$**}

---

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

Celkově: *Follow*(***E***) = {**$**, **)**}

---

2) $E \rightarrow TE' \underbrace{\;}_{\varepsilon:\ Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}} \in P$: **přidej** *Follow*(***E***) = {**$**, **)**} **do** *Follow*(***E'***)

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

First(***E***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***E***) := ∅	*Follow*(***E***) := ∅
First(***E'***) := {**+**}	*Empty*(***E'***) := {ε}	*Follow*(***E'***) := ∅
First(***T***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***T***) := ∅	*Follow*(***T***) := ∅
First(***T'***) := {*****}	*Empty*(***T'***) := {ε}	*Follow*(***T'***) := ∅
First(***F***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***F***) := ∅	*Follow*(***F***) := ∅

---

0) *Follow*(***E***) := {**$**}

---

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

Celkově: *Follow*(***E***) = {**$**, **)**}

---

2) $E \rightarrow TE'\underbrace{\ }_{\varepsilon:\ Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}} \in P$: **přidej** *Follow*(***E***) = {**$**, **)**} **do** *Follow*(***E'***)

$E \rightarrow T\underbrace{E'}_{\neq \varepsilon} \in P$:

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

$First(E)$	:= {i, (}	$Empty(E)$	:= ∅	$Follow(E)$	:= ∅
$First(E')$	:= {+}	$Empty(E')$	:= {ε}	$Follow(E')$	:= ∅
$First(T)$	:= {i, (}	$Empty(T)$	:= ∅	$Follow(T)$	:= ∅
$First(T')$	:= {*}	$Empty(T')$	:= {ε}	$Follow(T')$	:= ∅
$First(F)$	:= {i, (}	$Empty(F)$	:= ∅	$Follow(F)$	:= ∅

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

---

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

Celkově: $Follow(E)$ = {$,)}

---

2) $E \to TE' \underbrace{\;}_{\varepsilon:\ Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}} \in P$: **přidej** $Follow(E)$ = {$,)} **do** $Follow(E')$

$E \to T\underbrace{E'}_{\neq \varepsilon} \in P$: **přidej** $First(E')$ = {+} **do** $Follow(T)$

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

First(***E***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***E***) := ∅	*Follow*(***E***) := ∅
First(***E'***) := {**+**}	*Empty*(***E'***) := {ε}	*Follow*(***E'***) := ∅
First(***T***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***T***) := ∅	*Follow*(***T***) := ∅
First(***T'***) := {*****}	*Empty*(***T'***) := {ε}	*Follow*(***T'***) := ∅
First(***F***) := {***i***, **(**}	*Empty*(***F***) := ∅	*Follow*(***F***) := ∅

0) *Follow*(***E***) := {**$**}

---

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

Celkově: *Follow*(***E***) = {**$**, **)**}

---

2) $E \rightarrow TE' \underbrace{}_{\varepsilon} \in P$: **přidej** *Follow*(***E***) = {**$**, **)**} **do** *Follow*(***E'***)

ε: *Empty*(ε) = {ε}

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

$E \rightarrow T\underbrace{E'} \in P$:

Empty(***E'***) = {ε}

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

$First(E)$	:= {**i**, **(**}	$Empty(E)$	:= ∅	$Follow(E)$	:= ∅
$First(E')$	:= {+}	$Empty(E')$	:= {ε}	$Follow(E')$	:= ∅
$First(T)$	:= {**i**, **(**}	$Empty(T)$	:= ∅	$Follow(T)$	:= ∅
$First(T')$	:= {*}	$Empty(T')$	:= {ε}	$Follow(T')$	:= ∅
$First(F)$	:= {**i**, **(**}	$Empty(F)$	:= ∅	$Follow(F)$	:= ∅

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

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

Celkově: $Follow(E)$ = {\$,)}

2) $E \rightarrow TE' \underbrace{}_{\varepsilon} \in P$: **přidej** $Follow(E)$ = {\$,)} **do** $Follow(E')$

ε: $Empty(\varepsilon)$ = {ε}

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

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

$Empty(E')$ = {ε}

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

$First(E)$:= {**i**, **(**}	$Empty(E)$:= ∅	$Follow(E)$:= ∅
$First(E')$:= {**+**}	$Empty(E')$:= {ε}	$Follow(E')$:= ∅
$First(T)$:= {**i**, **(**}	$Empty(T)$:= ∅	$Follow(T)$:= ∅
$First(T')$:= {*****}	$Empty(T')$:= {ε}	$Follow(T')$:= ∅
$First(F)$:= {**i**, **(**}	$Empty(F)$:= ∅	$Follow(F)$:= ∅

0) $Follow(E)$:= {**$**}

---

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

Celkově: $Follow(E)$ = {**$**, **)**}

---

2) $E \rightarrow TE' \underbrace{\;}_{\varepsilon:\ Empty(\varepsilon) = \{\varepsilon\}} \in P$: **přidej** $Follow(E)$ = {**$**, **)**} **do** $Follow(E')$

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

$E \rightarrow T\underbrace{E'}_{} \in P$: **přidej** $Follow(E)$ = {**$**, **)**} **do** $Follow(T)$

$Empty(E')$ = {ε}

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

Follow(*X*) pro G_{expr3}: Příklad 2/3

First(*E*)	:= {*i*, (}	*Empty*(*E*)	:= ∅	*Follow*(*E*)	:= {$,)}
First(*E'*)	:= {+}	*Empty*(*E'*)	:= {ε}	*Follow*(*E'*)	:= {$,)}
First(*T*)	:= {*i*, (}	*Empty*(*T*)	:= ∅	*Follow*(*T*)	:= {+, $,)}
First(*T'*)	:= {*}	*Empty*(*T'*)	:= {ε}	*Follow*(*T'*)	:= ∅
First(*F*)	:= {*i*, (}	*Empty*(*F*)	:= ∅	*Follow*(*F*)	:= ∅

Follow(*X*) pro G_{expr3}: Příklad 2/3

First(*E*)	:= {*i*, (}	*Empty*(*E*)	:= ∅	*Follow*(*E*)	:= {\$,)}
First(*E’*)	:= {+}	*Empty*(*E’*)	:= {ε}	*Follow*(*E’*)	:= {\$,)}
First(*T*)	:= {*i*, (}	*Empty*(*T*)	:= ∅	*Follow*(*T*)	:= {+, \$,)}
First(*T’*)	:= {*}	*Empty*(*T’*)	:= {ε}	*Follow*(*T’*)	:= ∅
First(*F*)	:= {*i*, (}	*Empty*(*F*)	:= ∅	*Follow*(*F*)	:= ∅

3) $E' \to +TE'\underbrace{\quad}_{} \in P$: **přidej** *Follow*(*E’*) = {\$,)} **do** *Follow*(*E’*)

ε: *Empty*(ε) = {ε}

$E' \to +T\underbrace{E'}_{\neq \varepsilon} \in P$: **přidej** *First*(*E’*) = {+} **do** *Follow*(*T*)

$E' \to +T\underbrace{E'}_{} \in P$: **přidej** *Follow*(*E’*) = {\$,)} **do** *Follow*(*T*)

Empty(*E’*) = {ε}

Celkově: Nic nezměněno

Follow(*X*) pro G_{expr3}: Příklad 2/3

First(*E*) := {**i**, **(**}	*Empty*(*E*) := ∅	*Follow*(*E*) := {$,)}
First(*E'*) := {+}	*Empty*(*E'*) := {ε}	*Follow*(*E'*) := {$,)}
First(*T*) := {**i**, **(**}	*Empty*(*T*) := ∅	*Follow*(*T*) := {+, $,)}
First(*T'*) := {*}	*Empty*(*T'*) := {ε}	*Follow*(*T'*) := ∅
First(*F*) := {**i**, **(**}	*Empty*(*F*) := ∅	*Follow*(*F*) := ∅

3) $E' \rightarrow +TE'\underbrace{}_{\varepsilon} \in P$: **přidej** *Follow*(*E'*) = **{$,)} do** *Follow*(*E'*)

ε: *Empty*(ε) = {ε}

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

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

Empty(*E'*) = {ε}

Celkově: Nic nezměněno

4) $T \rightarrow FT'\underbrace{}_{\varepsilon} \in P$: **přidej** *Follow*(*T*) = **{+, $,)} do** *Follow*(*T'*)

ε: *Empty*(ε) = {ε}

$T \rightarrow F\underbrace{T'}_{\neq \varepsilon} \in P$: **přidej** *First*(*T'*) = **{*} do** *Follow*(*F*)

$T \rightarrow F\underbrace{T'} \in P$: **přidej** *Follow*(*T*) = **{+, $,)} do** *Follow*(*F*)

Empty(*T'*) = {ε}

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

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

First(***E***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***E***)	:= ∅	*Follow*(***E***)	:= {**$**, **)**}
First(***E'***)	:= {+}	*Empty*(***E'***)	:= {ε}	*Follow*(***E'***)	:= {**$**, **)**}
First(***T***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***T***)	:= ∅	*Follow*(***T***)	:= {+, **$**, **)**}
First(***T'***)	:= {*****}	*Empty*(***T'***)	:= {ε}	*Follow*(***T'***)	:= {+, **$**, **)**}
First(***F***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***F***)	:= ∅	*Follow*(***F***)	:= {*****, +, **$**, **)**}

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

First(*E*) := {**i**, **(**}	*Empty*(*E*) := ∅	*Follow*(*E*) := {**$**, **)**}
First(*E'*) := {+}	*Empty*(*E'*) := {ε}	*Follow*(*E'*) := {**$**, **)**}
First(*T*) := {**i**, **(**}	*Empty*(*T*) := ∅	*Follow*(*T*) := {+, **$**, **)**}
First(*T'*) := {*}	*Empty*(*T'*) := {ε}	*Follow*(*T'*) := {+, **$**, **)**}
First(*F*) := {**i**, **(**}	*Empty*(*F*) := ∅	*Follow*(*F*) := {*, +, **$**, **)**}

5) $T' \to *FT'\underbrace{}_{\varepsilon} \in P$: **přidej** *Follow*(*T'*) = {+, $,)} **do** *Follow*(*T'*)

ε: *Empty*(ε) = {ε}

$T' \to *F\underbrace{T'}_{\neq \varepsilon} \in P$: **přidej** *First*(*T'*) = {*} **do** *Follow*(*F*)

$T' \to *F\underbrace{T'}_{} \in P$: **přidej** *Follow*(*T'*) = {+, $,)} **do** *Follow*(*F*)

Empty(*T'*) = {ε}

Konec: Žádná množina *Follow* nemůže být změněna.

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

First(***E***)	:= {**i**, **(**}	*Empty*(***E***)	:= ∅	*Follow*(***E***)	:= {**$**, **)**}
First(***E’***)	:= {**+**}	*Empty*(***E’***)	:= {ε}	*Follow*(***E’***)	:= {**$**, **)**}
First(***T***)	:= {**i**, **(**}	*Empty*(***T***)	:= ∅	*Follow*(***T***)	:= {**+**, **$**, **)**}
First(***T’***)	:= {*****}	*Empty*(***T’***)	:= {ε}	*Follow*(***T’***)	:= {**+**, **$**, **)**}
First(***F***)	:= {**i**, **(**}	*Empty*(***F***)	:= ∅	*Follow*(***F***)	:= {*****, **+**, **$**, **)**}

5) $T' \to *FT'\underbrace{\ }_{\varepsilon} \in P$: **přidej** *Follow*(***T’***) = {**+**, **$**, **)**} **do** *Follow*(***T’***)

ε: *Empty*(ε) = {ε}

$T' \to *F\underbrace{T'}_{\neq \varepsilon} \in P$: **přidej** *First*(***T’***) = {*****} **do** *Follow*(***F***)

$T' \to *F\underbrace{T'} \in P$: **přidej** *Follow*(***T’***) = {**+**, **$**, **)**} **do** *Follow*(***F***)

Empty(***T’***) = {ε}

Konec: Žádná množina *Follow* nemůže být změněna.

Celkově:

Follow(***E***) := {**$**, **)**}
Follow(***E’***) := {**$**, **)**}
Follow(***T***) := {**+**, **$**, **)**}
Follow(***T’***) := {**+**, **$**, **)**}
Follow(***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: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG. Pro každé $\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{x} \in P$ definujeme množinu *Predict*($\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{x}$) jako:

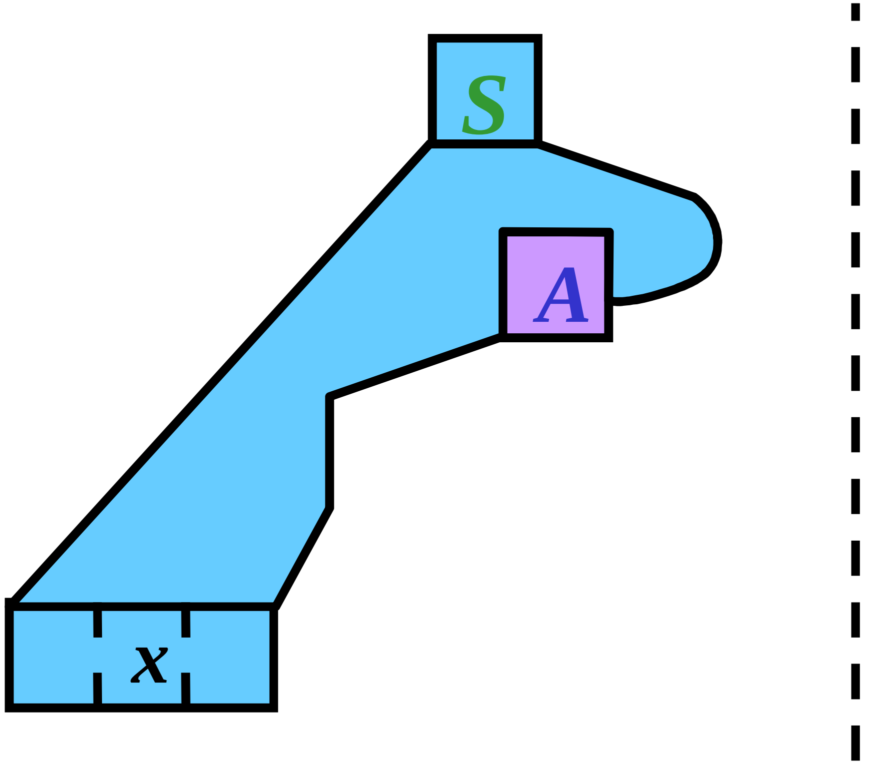
- pokud *Empty*($\boldsymbol{x}$) = {ε} potom:
  $Predict(\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{x}) = First(\boldsymbol{x}) \cup Follow(\boldsymbol{A})$
- jinak pokud *Empty*($\boldsymbol{x}$) = ∅ potom:
  $Predict(\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{x}) = First(\boldsymbol{x})$

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

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

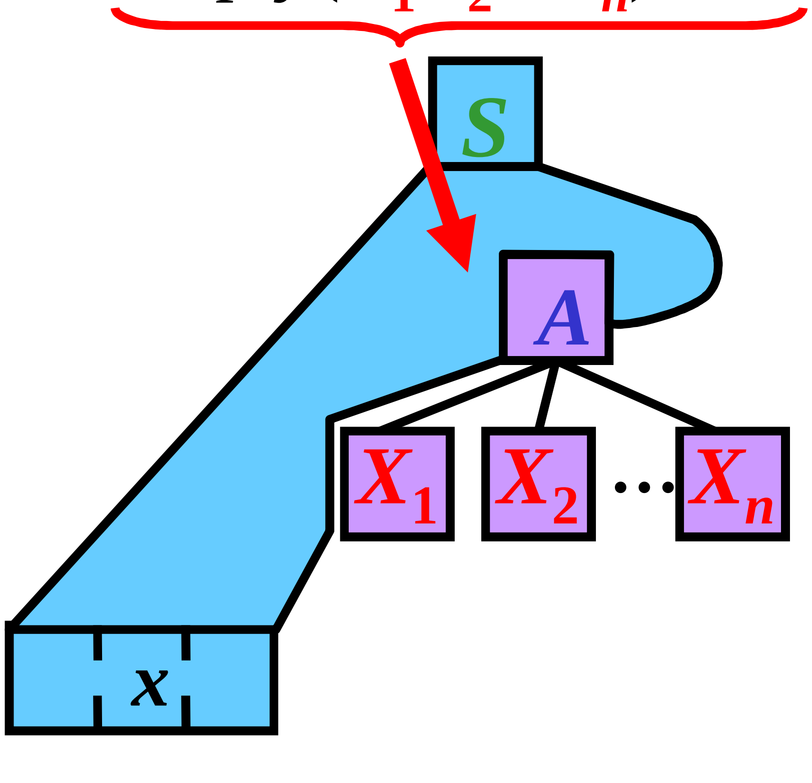
Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace

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



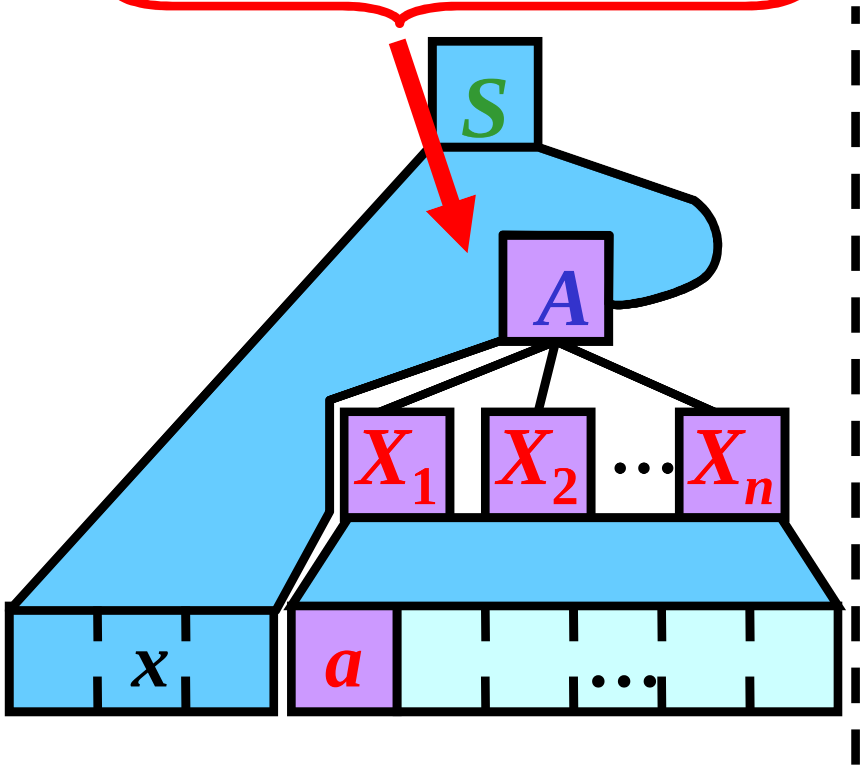
Množina *Predict*($A \rightarrow X_1X_2...X_n$): Ilustrace

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



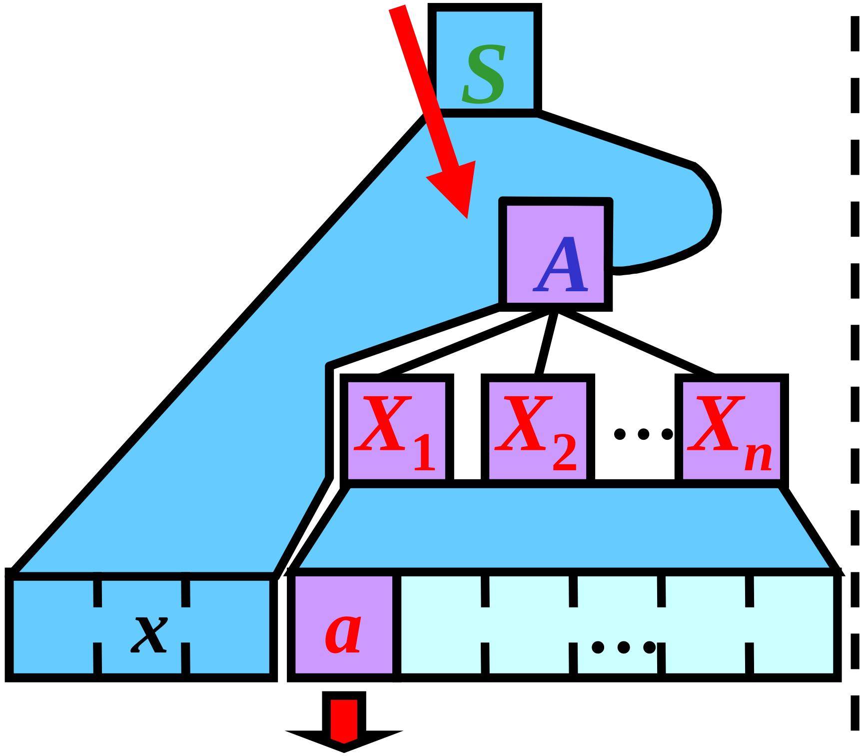
Množina *Predict*($A \rightarrow X_1X_2...X_n$): Ilustrace

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



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

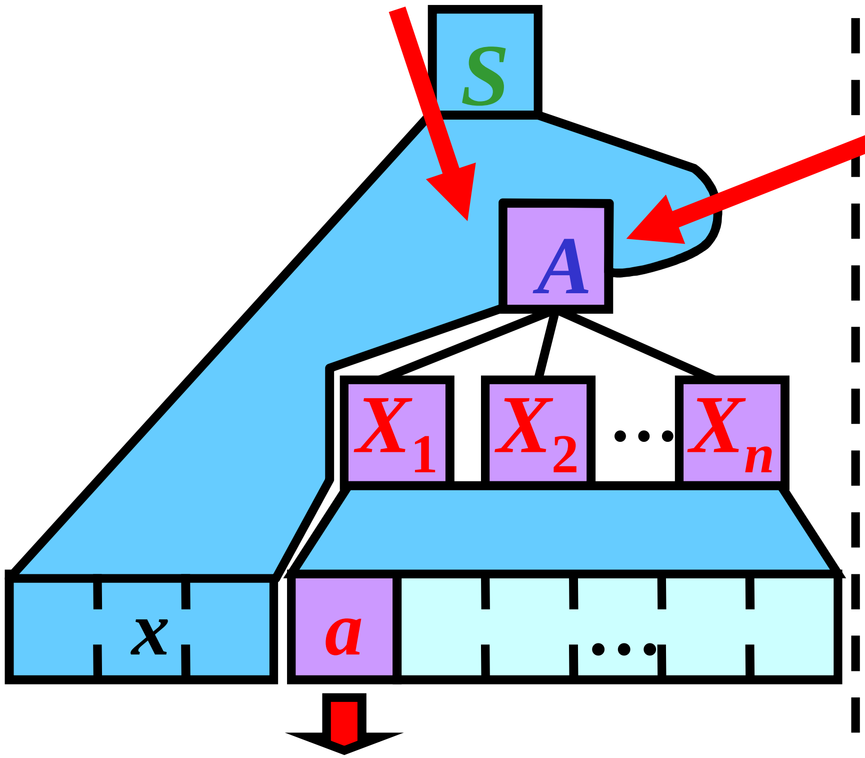
$Empty(X_1X_2...X_n) = \emptyset$ vs. $Empty(X_1X_2...X_n) = \{\varepsilon\}$



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

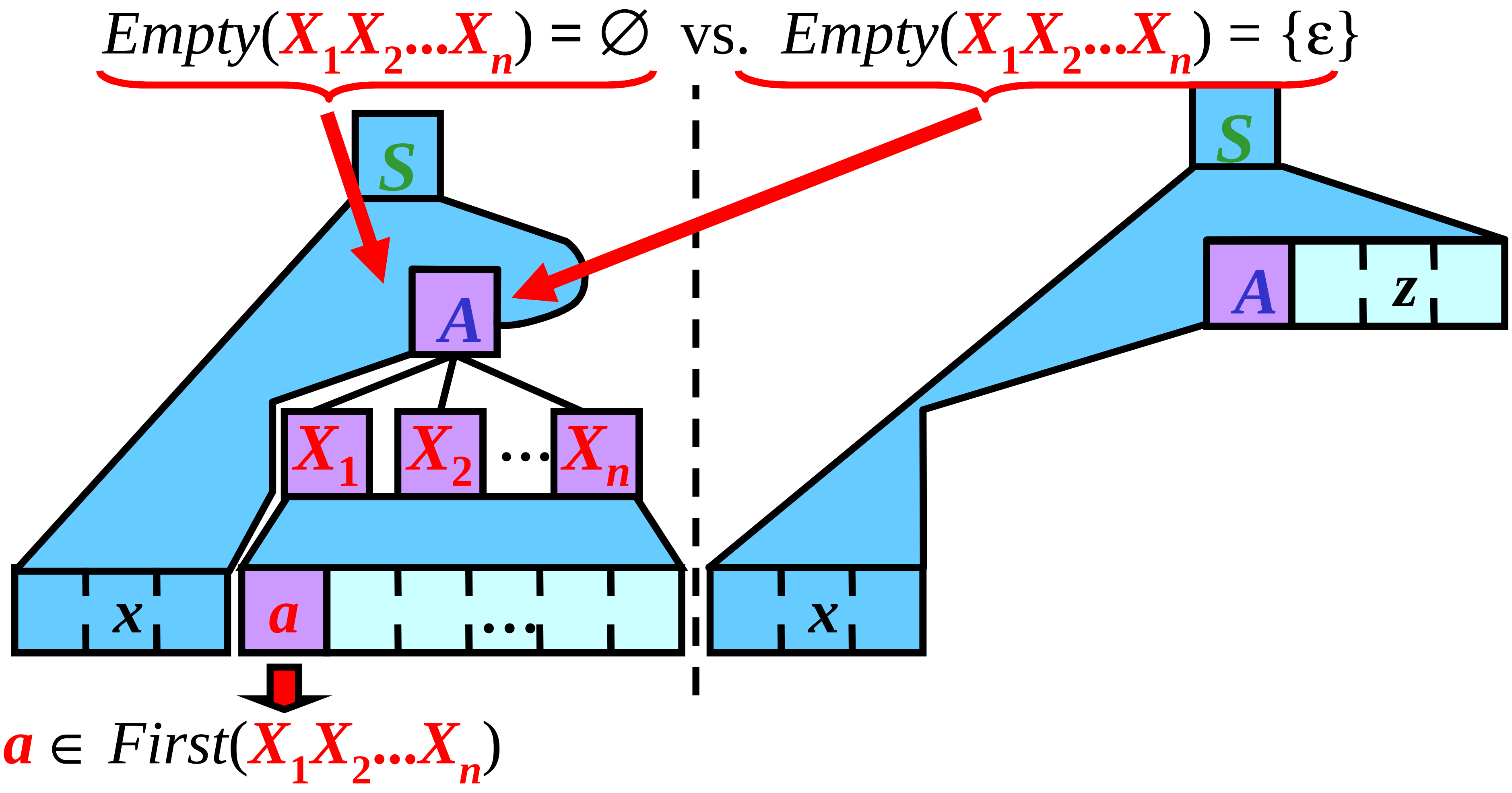
Množina *Predict*($A \rightarrow X_1X_2 \ldots X_n$): Ilustrace

$\underbrace{Empty(X_1X_2 \ldots X_n) = \emptyset}$ vs. $\underbrace{Empty(X_1X_2 \ldots X_n) = \{\varepsilon\}}$

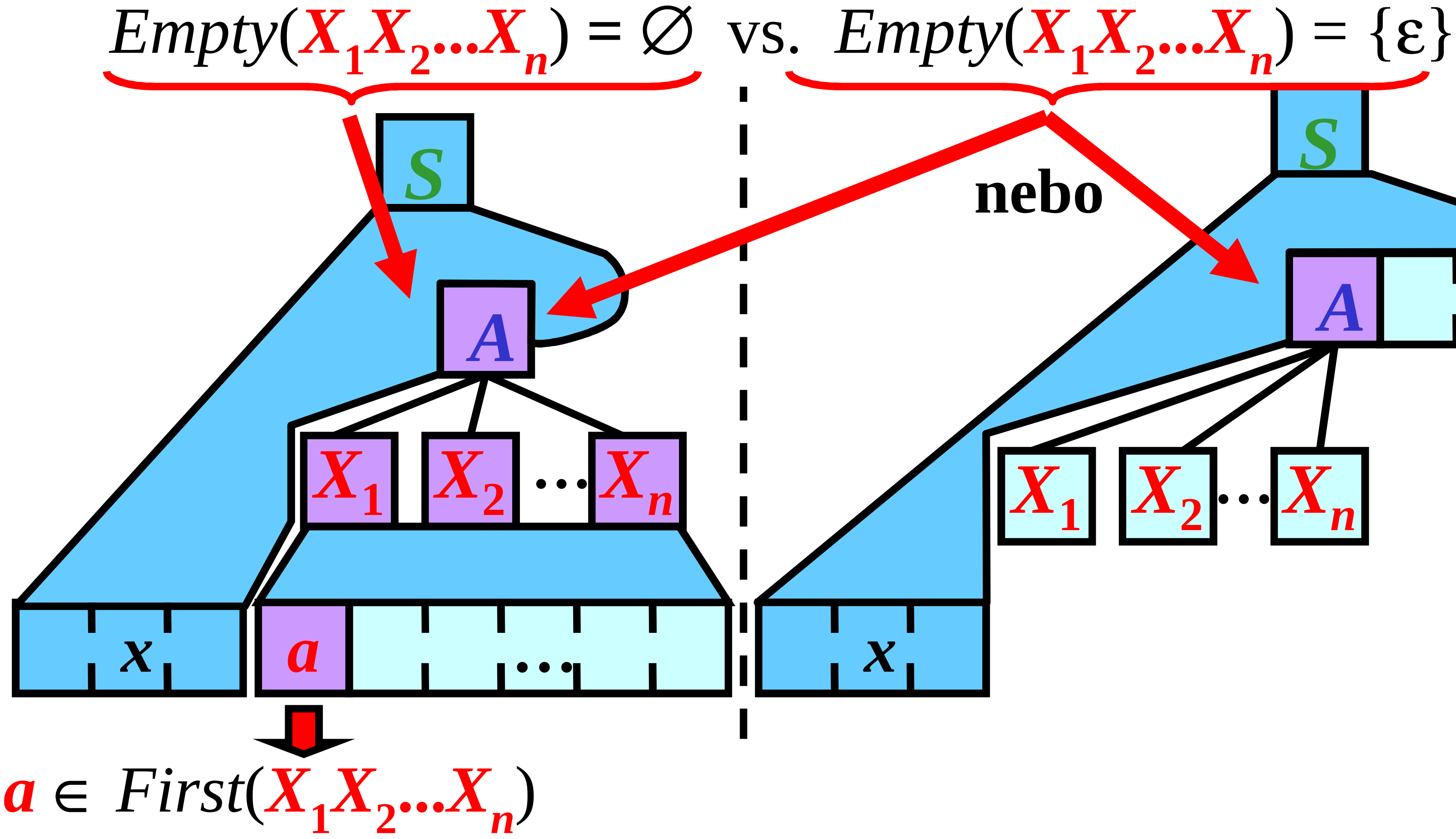


$a \in First(X_1X_2 \ldots X_n)$

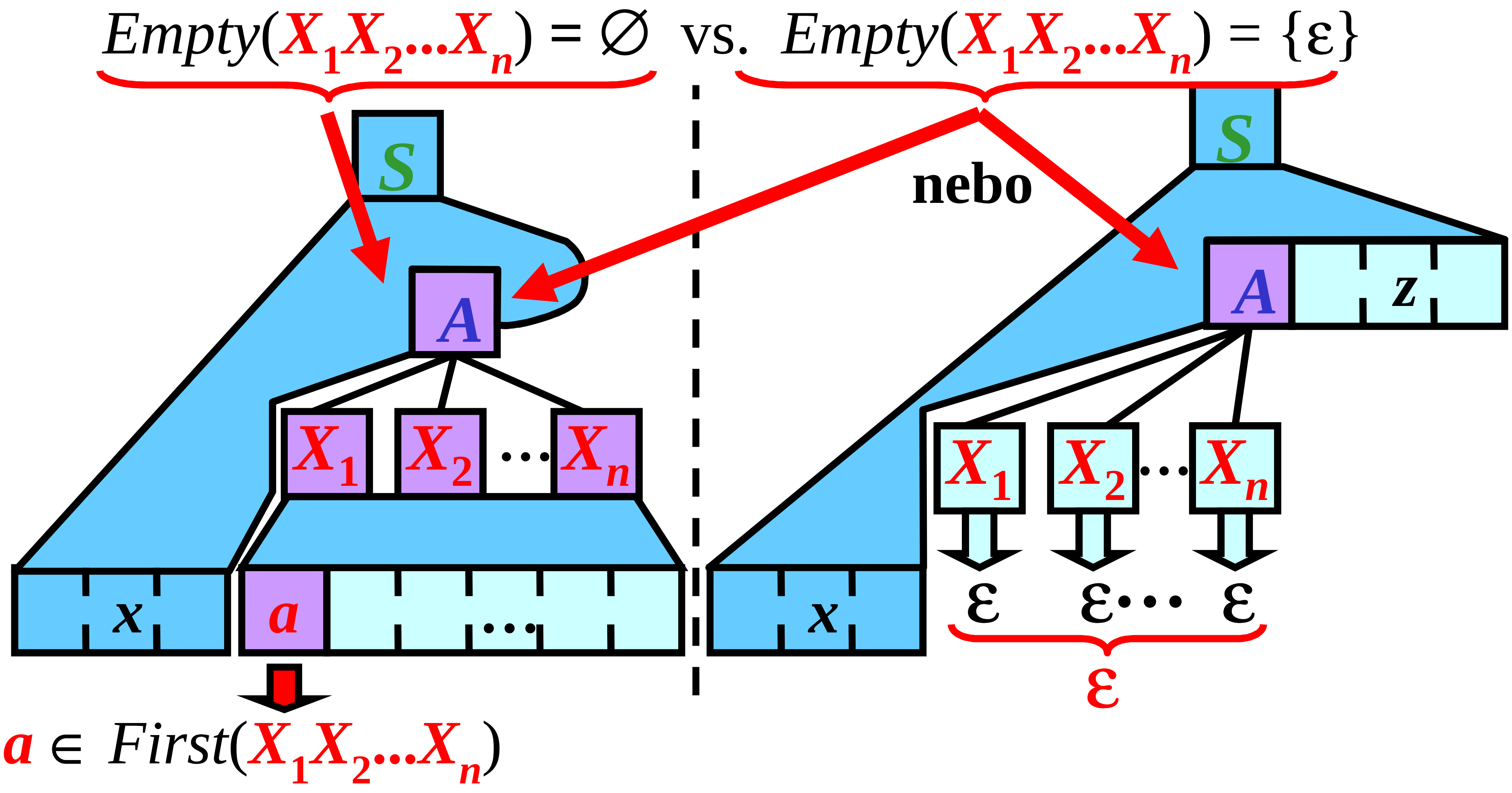
Množina *Predict*($A \rightarrow X_1X_2...X_n$): Ilustrace



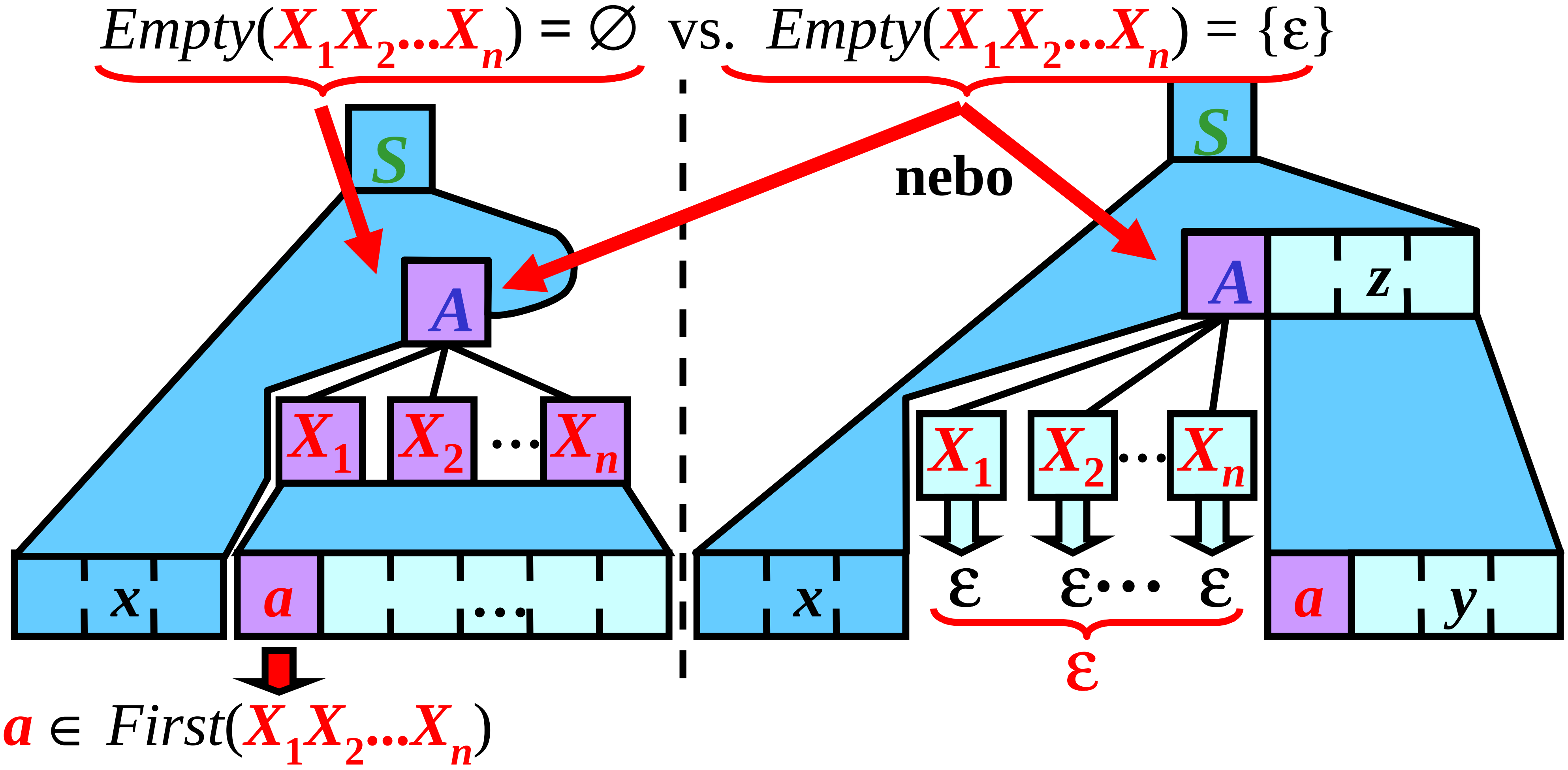
Množina *Predict*($A \rightarrow X_1X_2...X_n$): Ilustrace



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

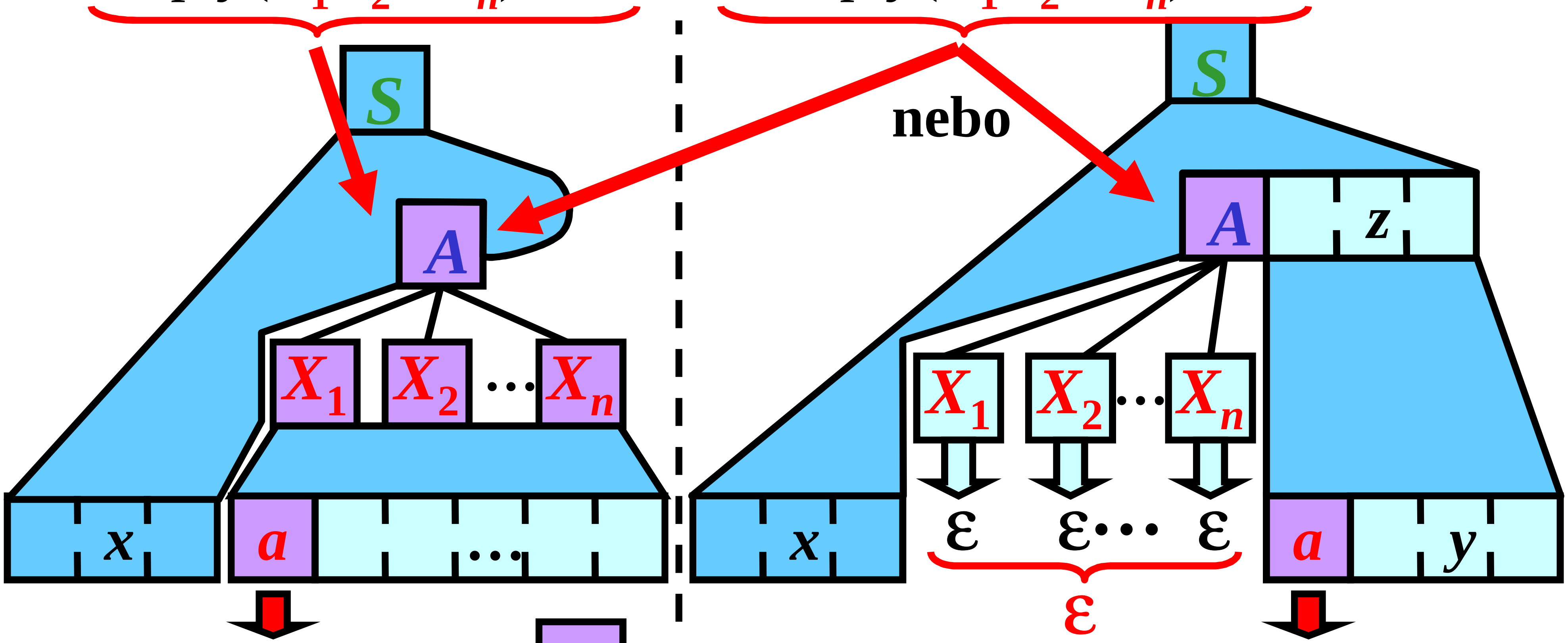


Množina $Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$: Ilustrace



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

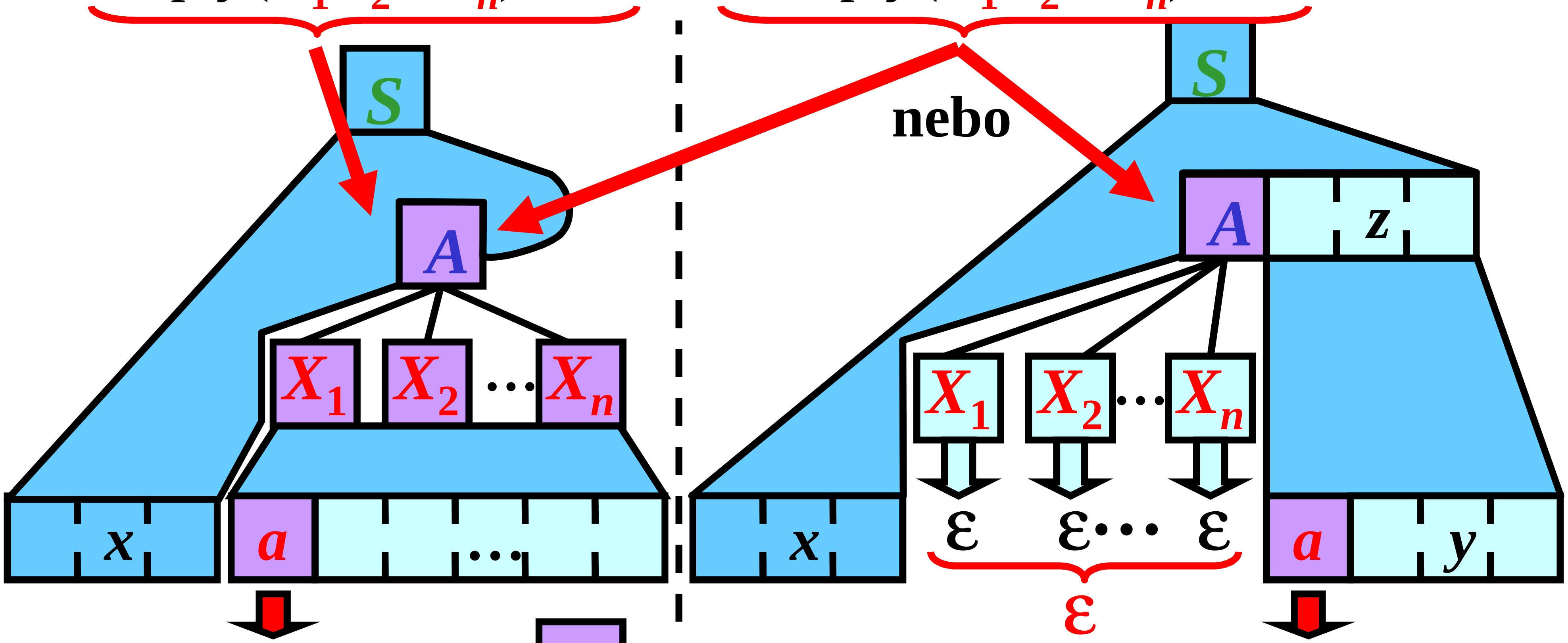
$Empty(X_1X_2...X_n) = \emptyset$ vs. $Empty(X_1X_2...X_n) = \{\varepsilon\}$



$a \in First(X_1X_2...X_n)$ $\boxed{a}$ = **aktuální symbol na vstupu** $a \in Follow(A)$

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

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



$a \in First(X_1X_2\ldots X_n)$ $\boxed{a}$ = **aktuální symbol na vstupu** $a \in Follow(A)$

Celkově: **<u>if</u>** $Empty(X_1X_2\ldots X_n) = \{\varepsilon\}$ **<u>then</u>**

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

<u>else</u> $Predict(A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n) = First(X_1X_2\ldots X_n)$

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

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

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

$First(E)$:= {**i**, **(**}	$Empty(E)$:= $\varnothing$	$Follow(E)$:= {**\$**, **)**}
$First(E')$:= {+}	$Empty(E')$:= {ε}	$Follow(E')$:= {**\$**, **)**}
$First(T)$:= {**i**, **(**}	$Empty(T)$:= $\varnothing$	$Follow(T)$:= {+, **\$**, **)**}
$First(T')$:= {*****}	$Empty(T')$:= {ε}	$Follow(T')$:= {+, **\$**, **)**}
$First(F)$:= {**i**, **(**}	$Empty(F)$:= $\varnothing$	$Follow(F)$:= {*****, +, **\$**, **)**}

1: $E \to TE'$

$Empty(TE') = \varnothing$, protože $Empty(T) = \varnothing$

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

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

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

1: $E \rightarrow TE'$

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

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

2: $E' \rightarrow +TE'$

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

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

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

First(*E*)	:= {**i**, **(**}	*Empty*(*E*)	:= ∅	*Follow*(*E*)	:= {**$**, **)**}
First(*E'*)	:= {**+**}	*Empty*(*E'*)	:= {ε}	*Follow*(*E'*)	:= {**$**, **)**}
First(*T*)	:= {**i**, **(**}	*Empty*(*T*)	:= ∅	*Follow*(*T*)	:= {**+**, **$**, **)**}
First(*T'*)	:= {*****}	*Empty*(*T'*)	:= {ε}	*Follow*(*T'*)	:= {**+**, **$**, **)**}
First(*F*)	:= {**i**, **(**}	*Empty*(*F*)	:= ∅	*Follow*(*F*)	:= {*****, **+**, **$**, **)**}

1: $E \to TE'$

Empty(*TE'*) = ∅, protože *Empty*(*T*) = ∅

Predict(1) := *First*(*TE'*) = *First*(*T*) = {**i**, **(**}

2: $E' \to +TE'$

Empty(+*TE'*) = ∅, protože *Empty*(+) = ∅

Predict(2) := *First*(+*TE'*) = *First*(+) = {**+**}

3: $E' \to \varepsilon$

Empty(ε) = {ε}

Predict(3) := *First*(ε) ∪ *Follow*(*E'*) = ∅ ∪ {**$**, **)**} = {**$**, **)**}

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

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

1: $E \to TE'$

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

2: $E' \to +TE'$

$Empty(+TE') = \emptyset$, protože $Empty(+) = \emptyset$
$Predict(2) := First(+TE') = First(+) = \{+\}$

3: $E' \to \varepsilon$

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

4: $T \to FT'$

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

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

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

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

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

5: $T' \rightarrow *FT'$

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

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

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

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

5: $T' \rightarrow *FT'$

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

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

6: $T' \rightarrow \varepsilon$

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

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

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

First(***E***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***E***)	:= ∅	*Follow*(***E***)	:= {**$**, **)**}
First(***E'***)	:= {+}	*Empty*(***E'***)	:= {ε}	*Follow*(***E'***)	:= {**$**, **)**}
First(***T***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***T***)	:= ∅	*Follow*(***T***)	:= {+, **$**, **)**}
First(***T'***)	:= {*}	*Empty*(***T'***)	:= {ε}	*Follow*(***T'***)	:= {+, **$**, **)**}
First(***F***)	:= {***i***, **(**}	*Empty*(***F***)	:= ∅	*Follow*(***F***)	:= {*, +, **$**, **)**}

5: ***T'*** → ***FT'**

Empty(***FT'**) = ∅, protože *Empty*(*****) = ∅

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

6: ***T'*** → ε

Empty(ε) = {ε}

Predict(6) := *First*(ε) ∪ *Follow*(***T'***) = ∅ ∪ {+, **$**, **)**} = {+, **$**, **)**}

7: ***F*** → **(*E*)**

Empty(**(*E*)**) = ∅, protože *Empty*(**(**) = ∅

Predict(7) := *First*(**(*E*)**) = *First*(**(**) = {**(**}

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

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

5: $T' \rightarrow *FT'$

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

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

6: $T' \rightarrow \varepsilon$

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

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

7: $F \rightarrow (E)$

$Empty((E)) = \emptyset$, protože $Empty(() = \emptyset$

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

8: $F \rightarrow i$

$Empty(i) = \emptyset$

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

Konstrukce LL-tabulky

α	...	*a*	...
...			
A		α(*A*, *a*)	
...			

Konstrukce LL-tabulky

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

$\alpha(A, a) = A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in \mathit{Predict}(A \to X_1X_2\ldots X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je *prázdné*.

Konstrukce LL-tabulky

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

$\alpha(A, a) = A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in Predict(A \to X_1X_2\ldots X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je *prázdné*.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr3}

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

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

Konstrukce LL-tabulky

α	…	*a*	…
…			
A		α(*A*, *a*)	
…			

α(*A*, *a*) = *A* → $X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud *a* ∈ *Predict*(*A* → $X_1X_2\ldots X_n$); jinak α(*A*, *a*) je *prázdné*.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr3}

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

i ∈ ***Predict***(1)

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

Konstrukce LL-tabulky

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

$\alpha(A, a) = A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in Predict(A \to X_1X_2\ldots X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je *prázdné*.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr3}

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

$i \in$ ***Predict*(1)**

$i \in$ ***Predict*(4)**

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

Konstrukce LL-tabulky

α	...	*a*	...
...			
A		α(*A*, *a*)	
...			

$\alpha(A, a) = A \to X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud $a \in Predict(A \to X_1X_2\ldots X_n)$; jinak $\alpha(A, a)$ je *prázdné*.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr3}

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

i ∈ ***Predict*(1)**

i ∈ ***Predict*(4)**

i ∈ ***Predict*(8)**

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

Konstrukce LL-tabulky

α	…	*a*	…
…			
A		α(*A*, *a*)	
…			

α(*A*, *a*) = $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ pokud *a* ∈ *Predict*($A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$); jinak α(*A*, *a*) je *prázdné*.

Určeme: LL tabulku pro G_{expr3}

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

i ∈ ***Predict***(1)

i ∈ ***Predict***(4)

i ∈ ***Predict***(8)

Pravidlo *r*	***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*}

Zbytek tabulky by se sestrojil analogicky.

SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?

E

$i \quad * \quad i \quad \boxed{\$}$

SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?

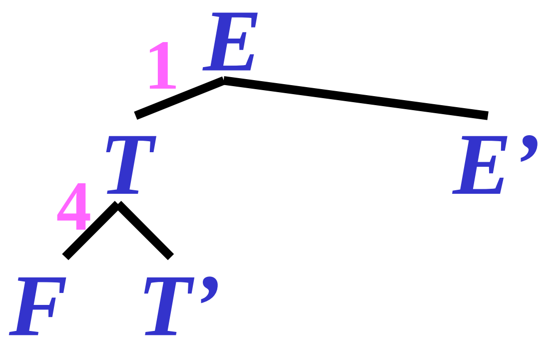
$i \quad * \quad i \quad \boxed{\$}$

SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?



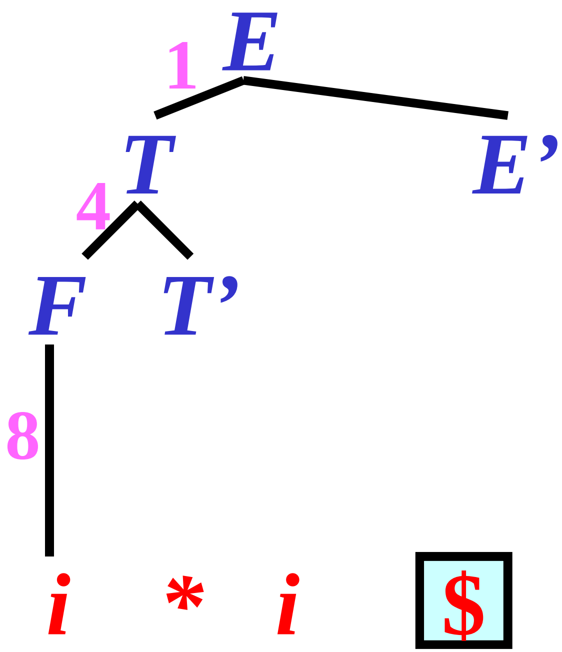
$i \quad * \quad i \quad \boxed{\$}$

SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?

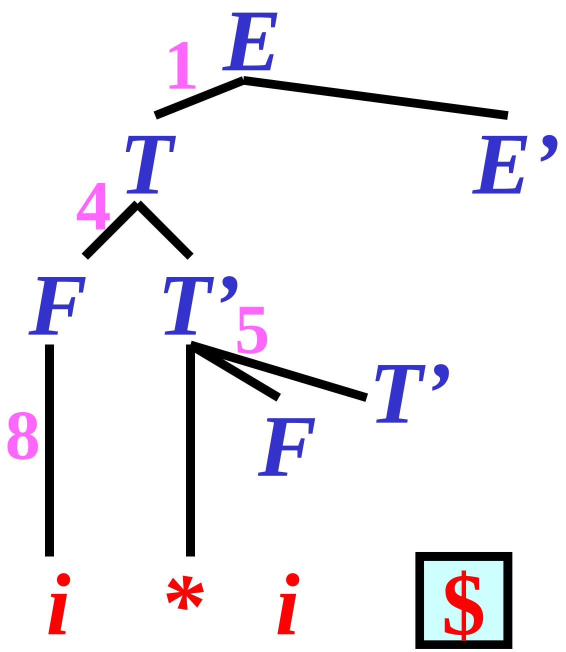


SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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: $F \rightarrow i$

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$**?**

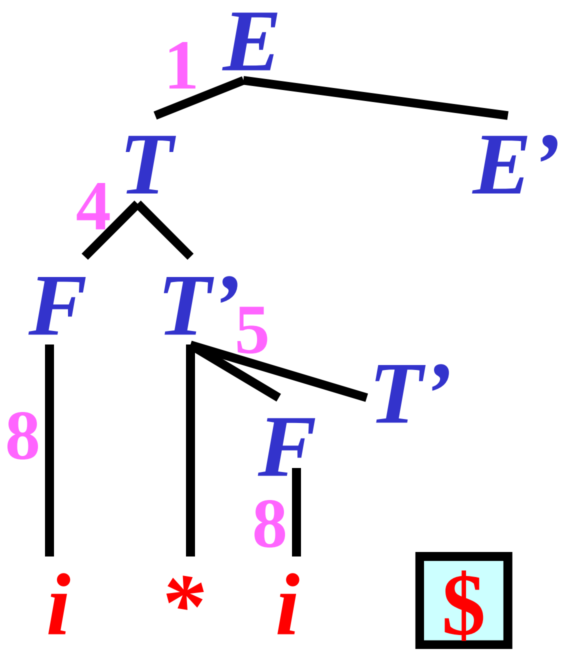


SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?

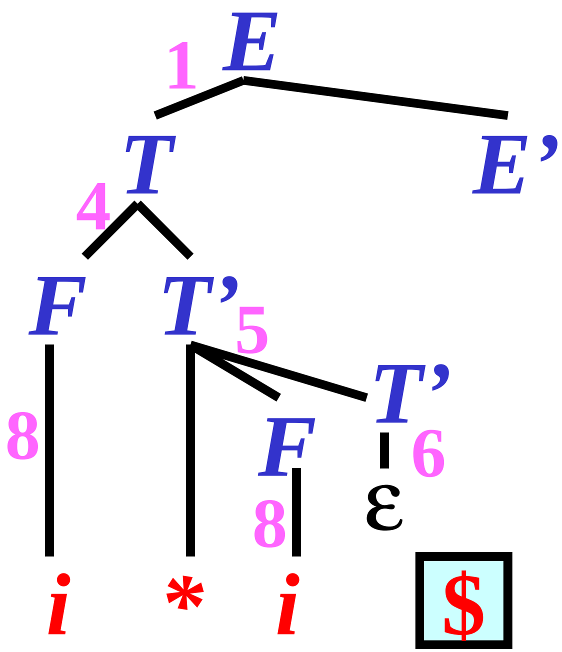


SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?

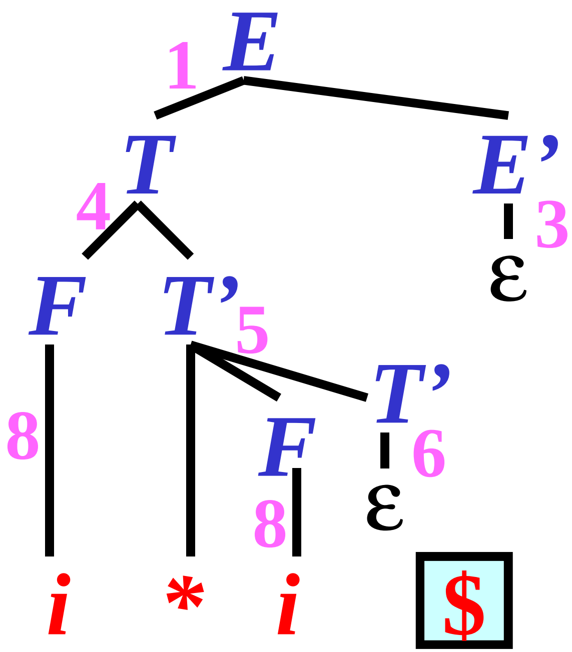


SA založená na LL-tabulce: Příklad

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

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

Otázka: $i * i \in L(G_{expr3})$?



LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

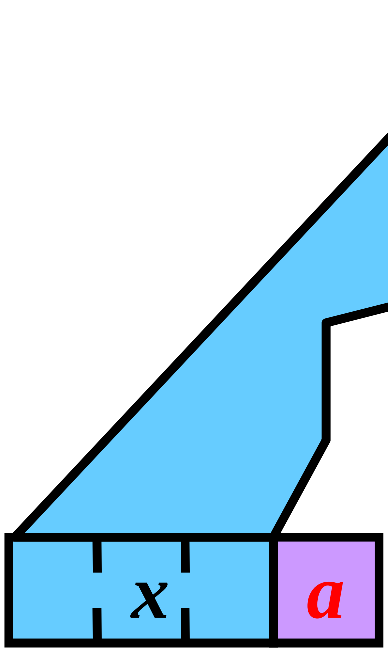
Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A-pravidlo tvaru $A \to X_1X_2...X_n \in P$ a platí: $a \in Predict(A \to X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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: $a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:



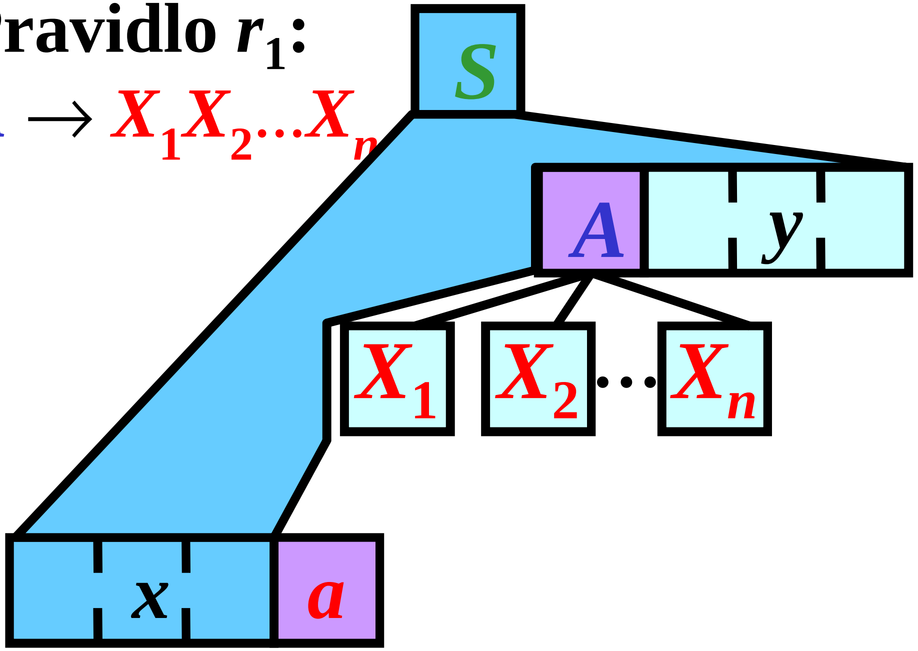
LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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: $a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1:

$A \rightarrow X_1X_2...X_n$



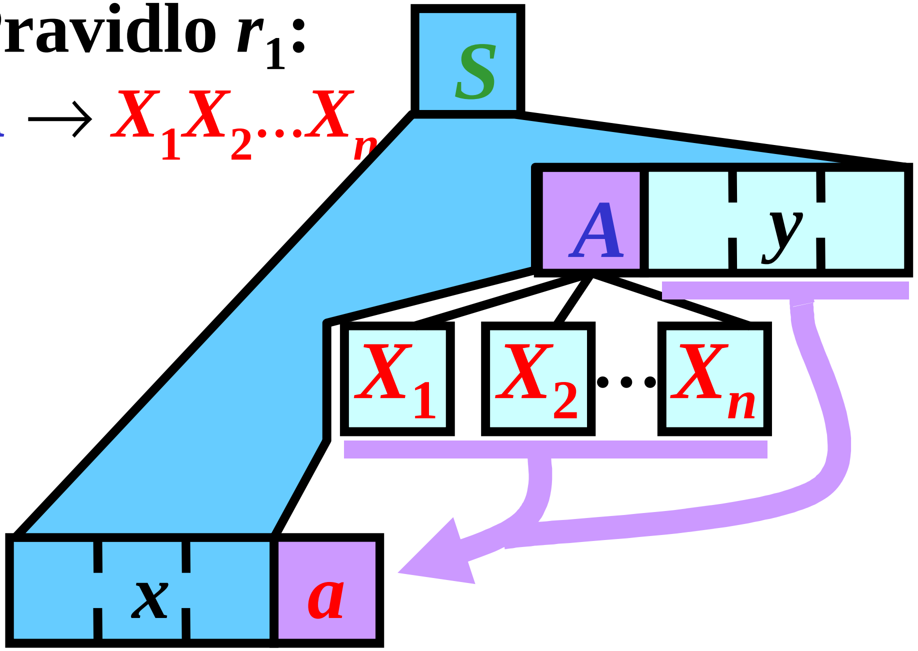
LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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: $a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1:

$A \rightarrow X_1X_2...X_n$



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

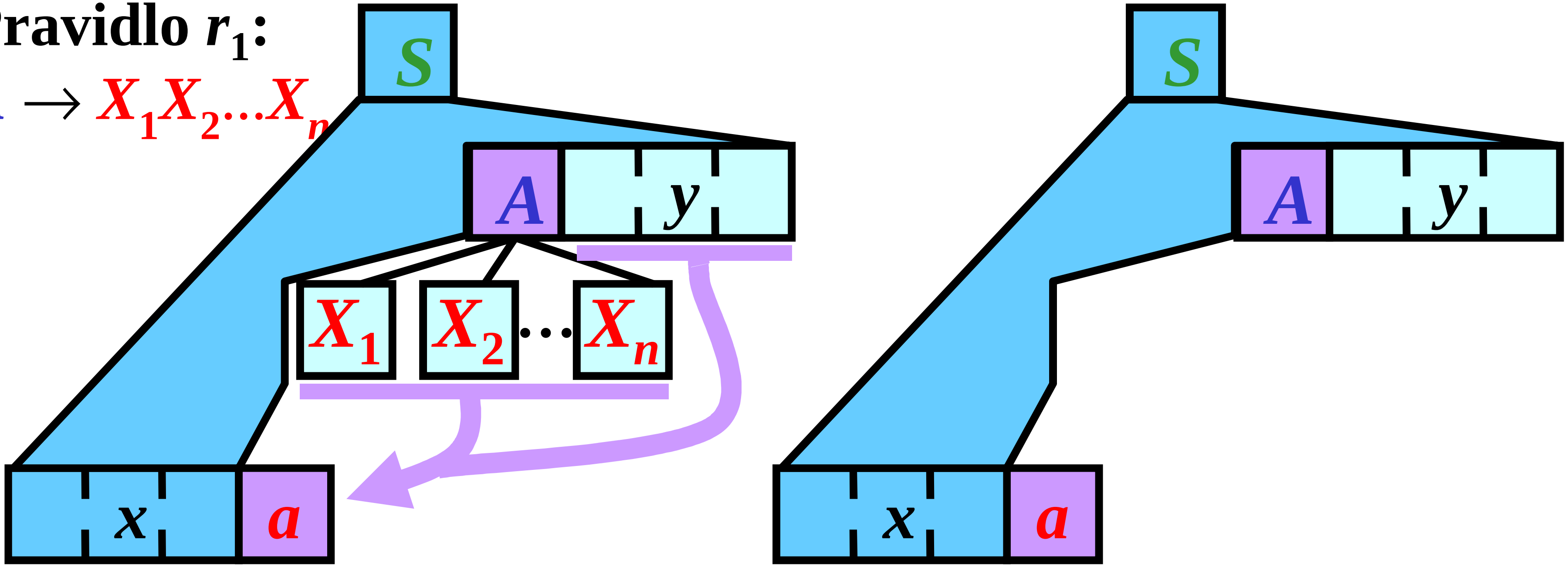
LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A-pravidlo tvaru $A \to X_1X_2...X_n \in P$ a platí: $a \in Predict(A \to X_1X_2...X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1:

$A \to X_1X_2...X_n$



$a \in Predict(A \to X_1X_2...X_n)$

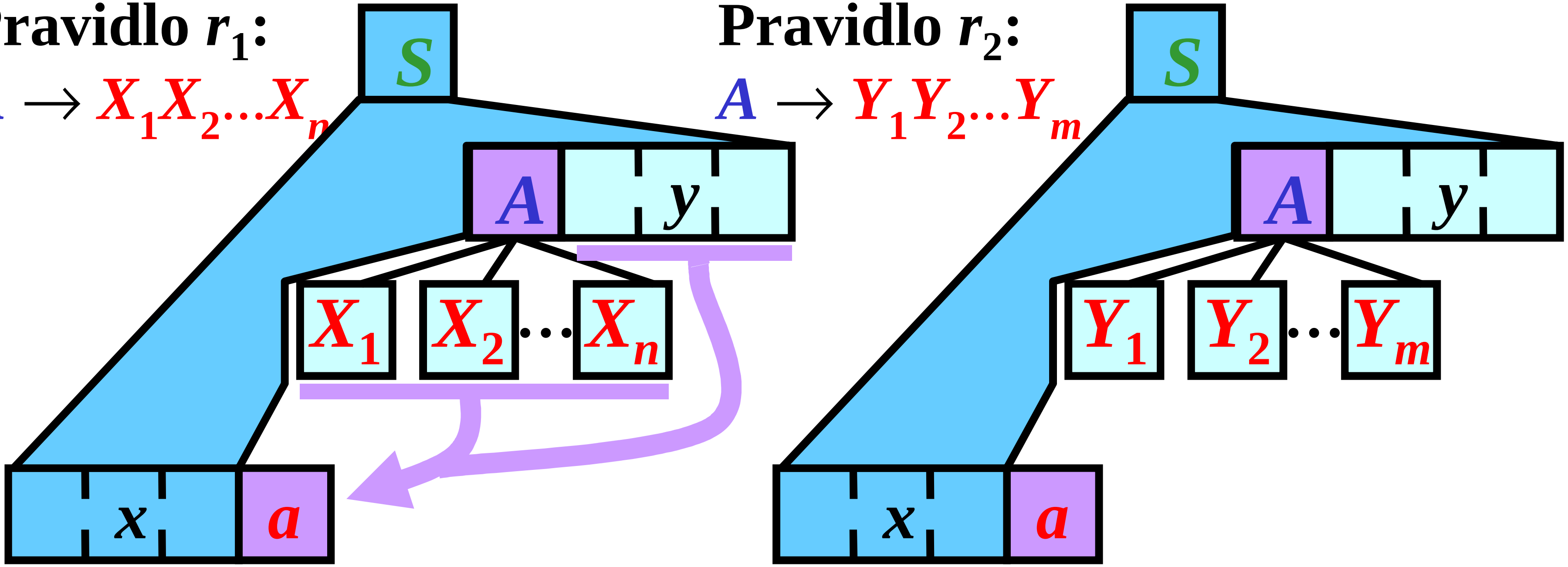
LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ 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: $a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2 \dots X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1:
$A \rightarrow X_1X_2 \dots X_n$

Pravidlo r_2:
$A \rightarrow Y_1Y_2 \dots Y_m$



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

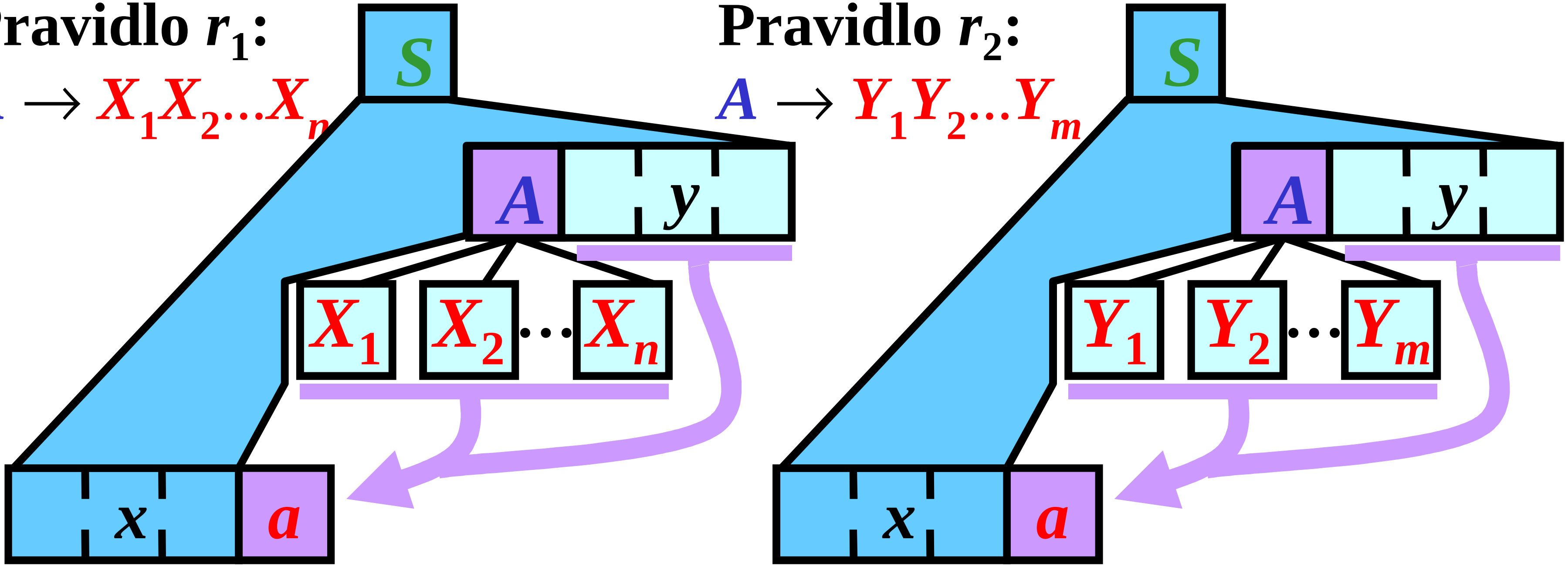
LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A-pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ a platí: $a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n)$

Ilustrace:

Pravidlo r_1: $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$

Pravidlo r_2: $A \rightarrow Y_1Y_2\ldots Y_m$



$a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n)$ $\quad$ $a \in Predict(A \rightarrow Y_1Y_2\ldots Y_m)$

LL gramatiky s ε-pravidly: Definice

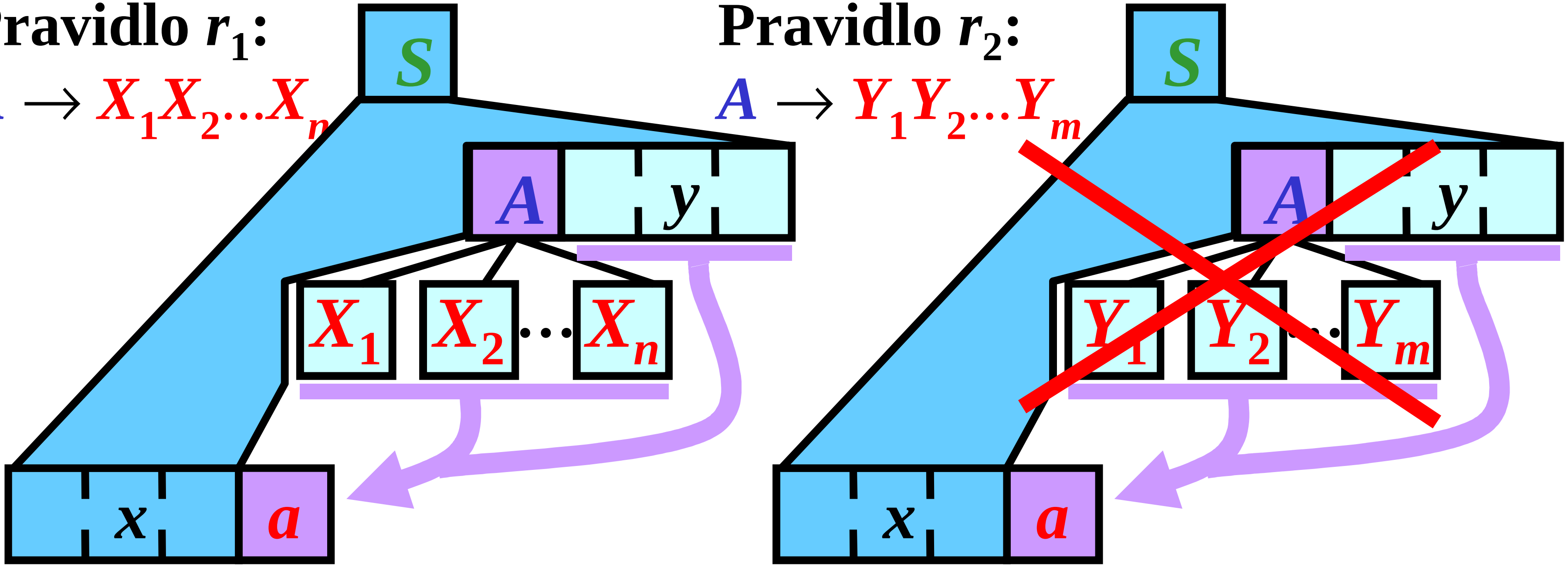
Definice: Nechť $G = (N, T, P, S)$ je BKG. G je *LL-gramatika*, pokud pro každé $a \in T$ a každé $A \in N$ existuje **maximálně jedno** A-pravidlo tvaru $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n \in P$ a platí: $a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n)$

Ilustrace:

Nesmí nastat v LL-gramatice

Pravidlo r_1: $A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$

Pravidlo r_2: $A \rightarrow Y_1Y_2\ldots Y_m$



$a \in Predict(A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n)$ $a \in Predict(A \rightarrow Y_1Y_2\ldots Y_m)$

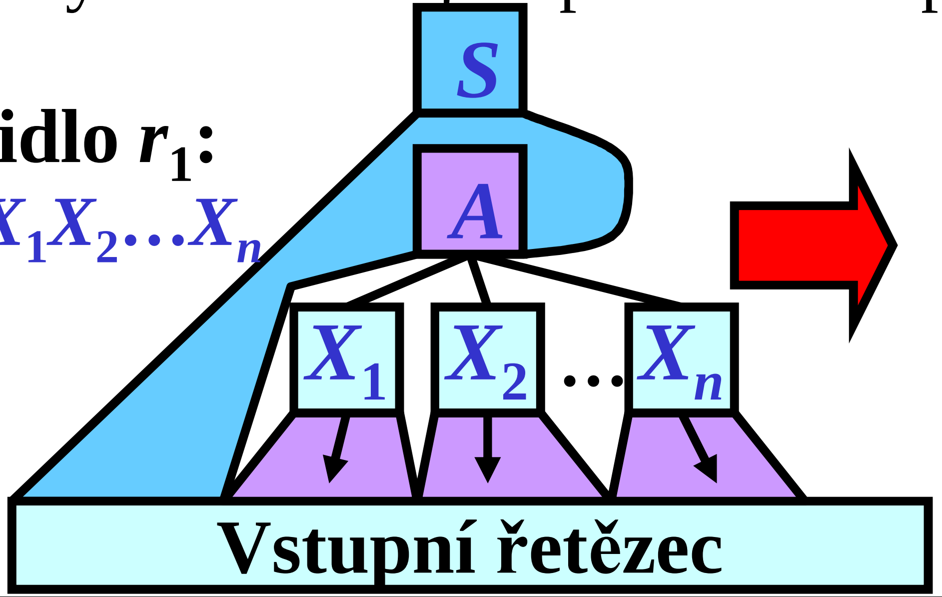
Implementace LL Analyzátoru

1) Rekurzívní sestup

• Každý neterminál je reprezentován procedurou, která řídí SA:

Pravidlo r_1:

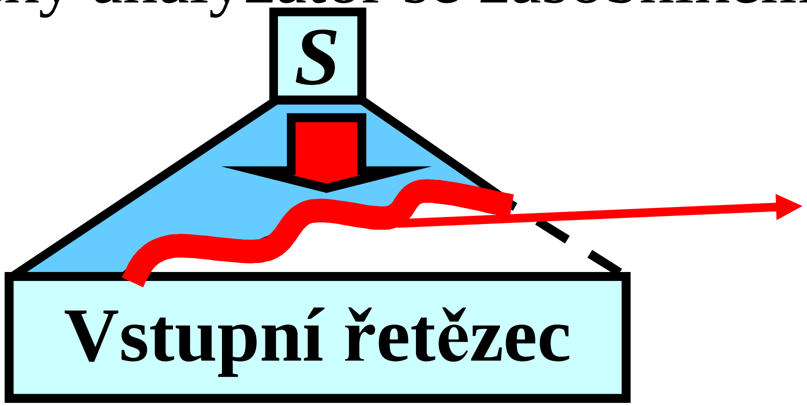
$A \rightarrow X_1X_2\ldots X_n$



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.

Rekurzívní 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 → TE' }
       E := T and E1;
end;
```

1

	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 → FT' }
      T := F and T1;
end;
```

4

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

Rekurzívní sestup: Příklad 2/4

- Pro E' ∈ N: Pravidla 2: $E' \to +TE'$, 3: $E' \to \varepsilon$

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

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

Rekurzívní sestup: Příklad 3/4

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

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

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

Rekurzívní 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 → (E) }
        GetNextToken;
        if E then begin
           F := (token = ')');
           GetNextToken;
        end;
   end
   else
   if token = 'i' then begin
        { simulace pravidla 8: F → i }
        F := true;
        GetNextToken;
   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.
```

Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i*i*$

Start:

Vstupní řetězec:

i * i $

Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$

Start: **GetNextToken;**
***Call E*;**

Vstupní řetězec:

$\boxed{i}*\ i\ \$$

Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$

Start: **GetNextToken;**
Call E;

***E*:**

Pro token = *i*:
Call T, Call E1

Vstupní řetězec:

***i* * *i* $**

Rekurzívní 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

Rekurzívní 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;**

Rekurzívní 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

Rekurzívní 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

Rekurzívní 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*

F:

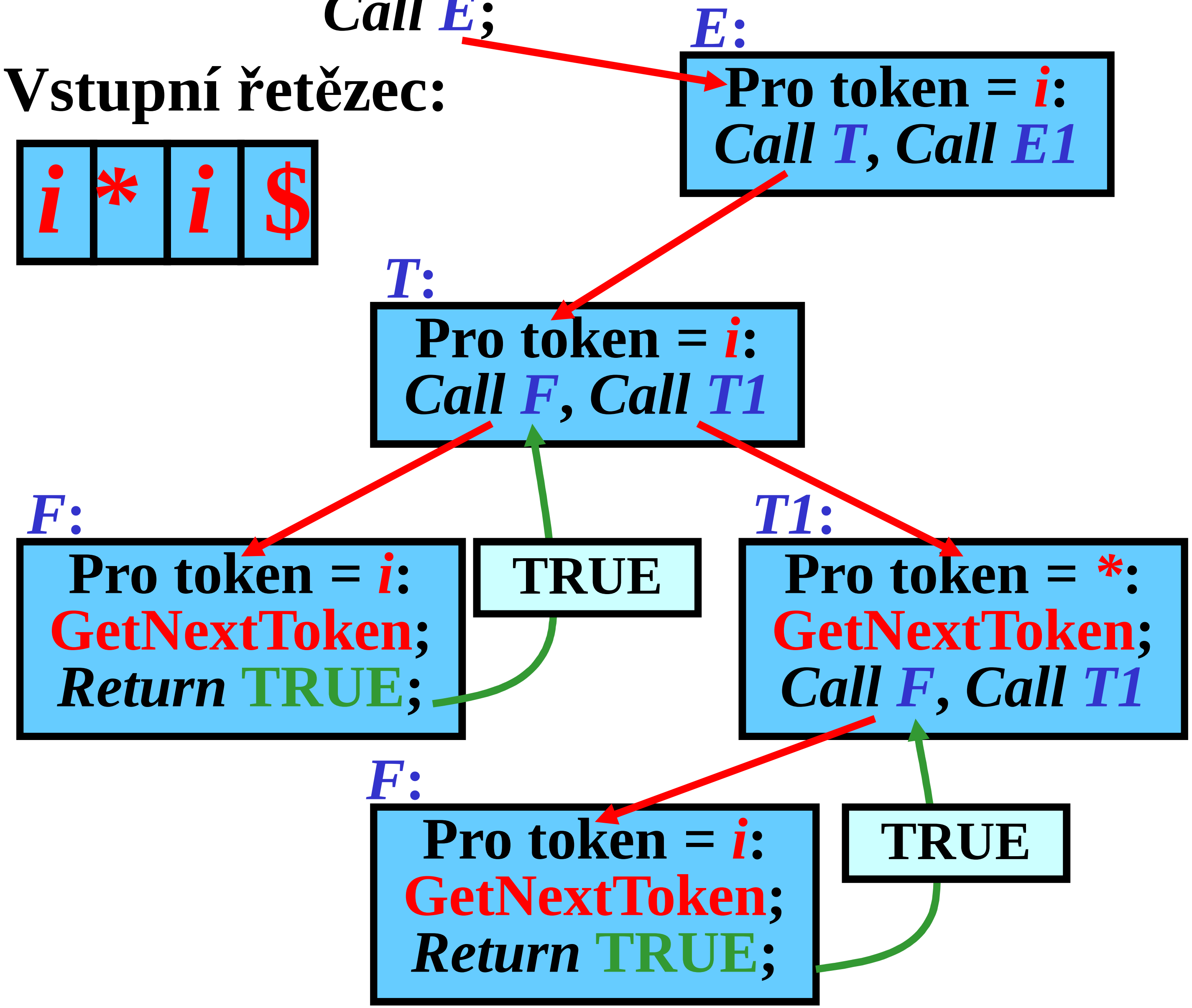
Pro token = *i*:
GetNextToken;
Return **TRUE**;

Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$

Start: **GetNextToken**;
Call E;

Vstupní řetězec:

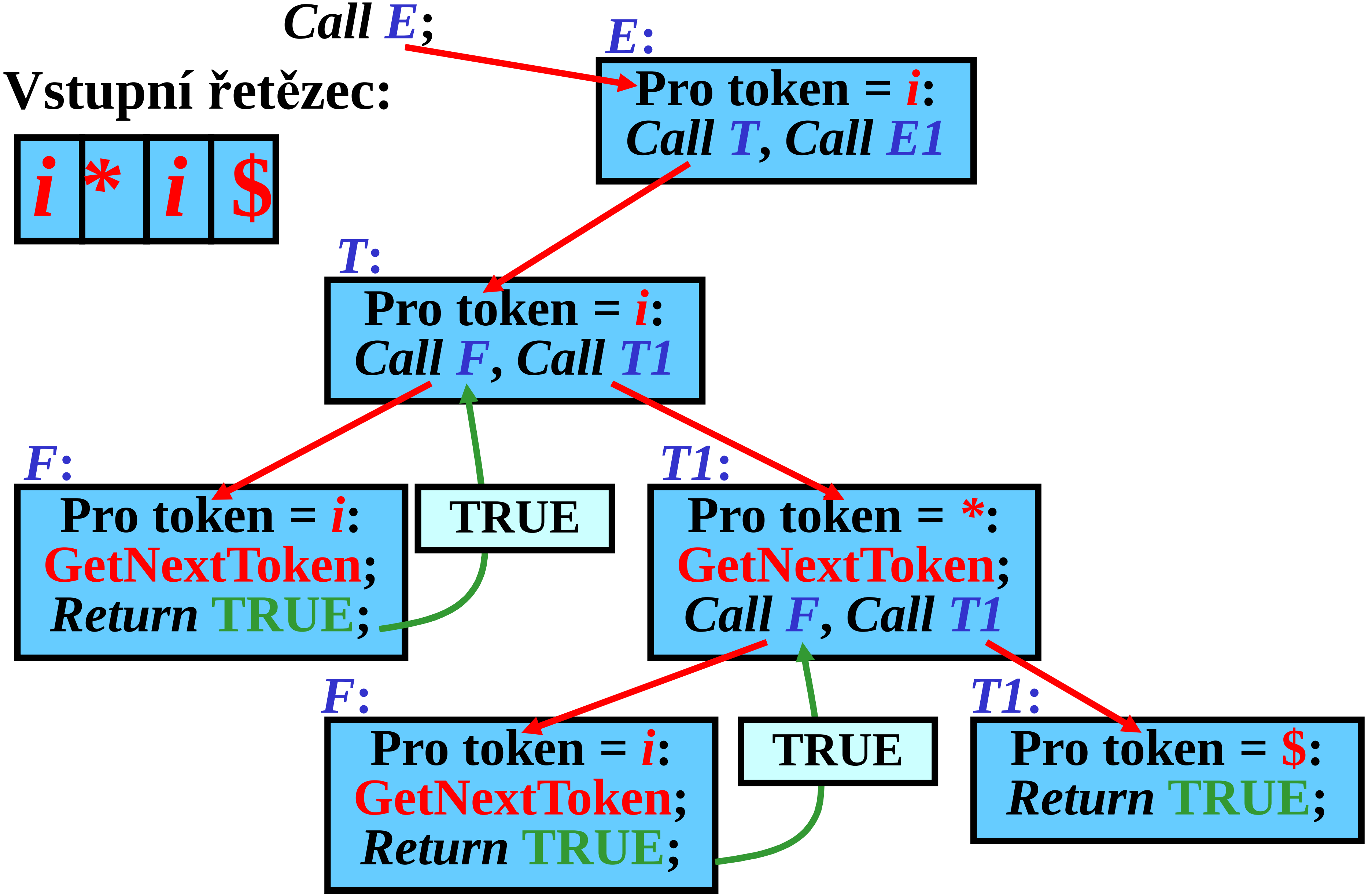
i	*	*i*	$



Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i*i$*

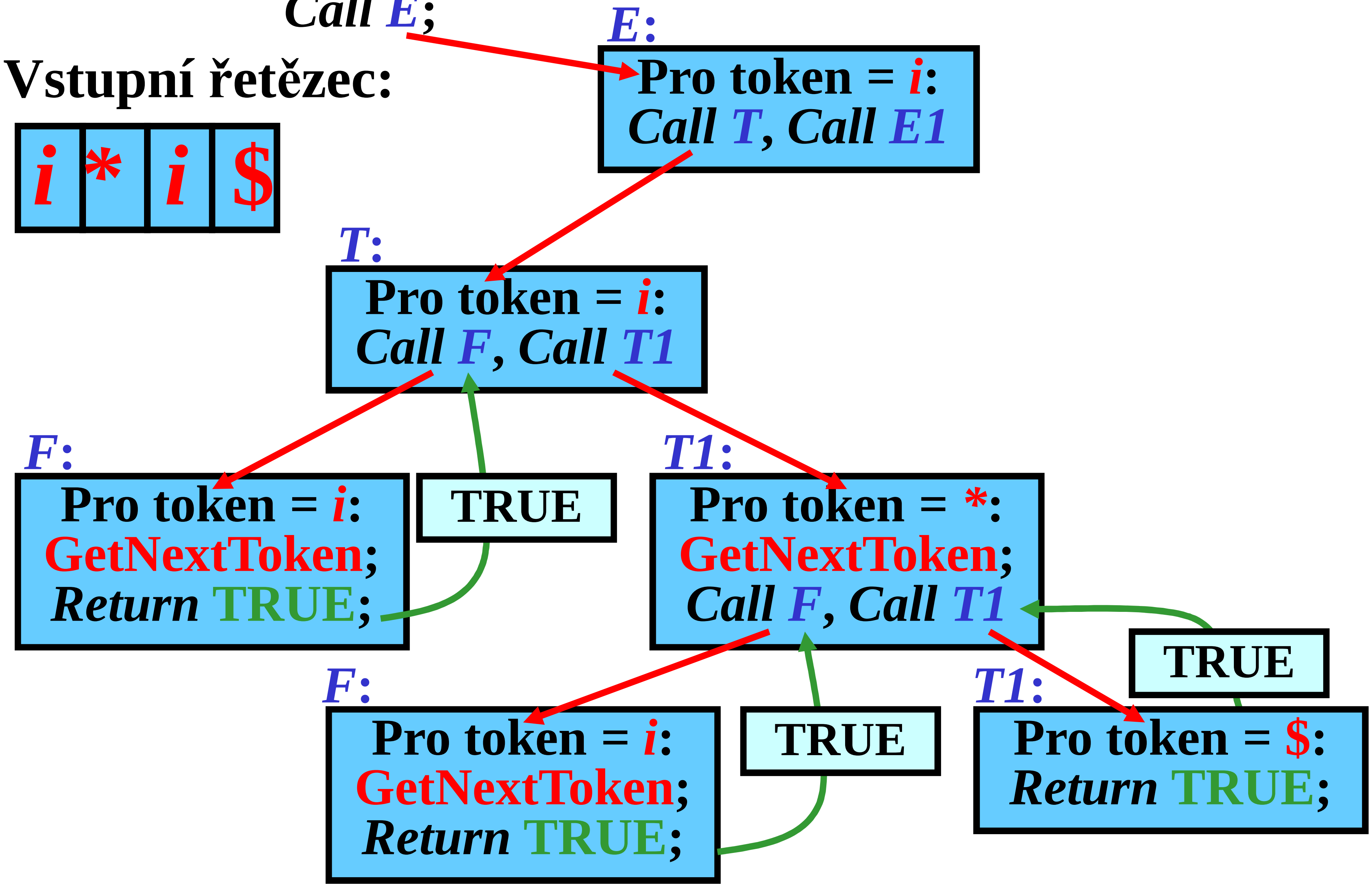
Start: **GetNextToken;**
Call E;

Vstupní řetězec:



Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$

Start: **GetNextToken**;
Call E;

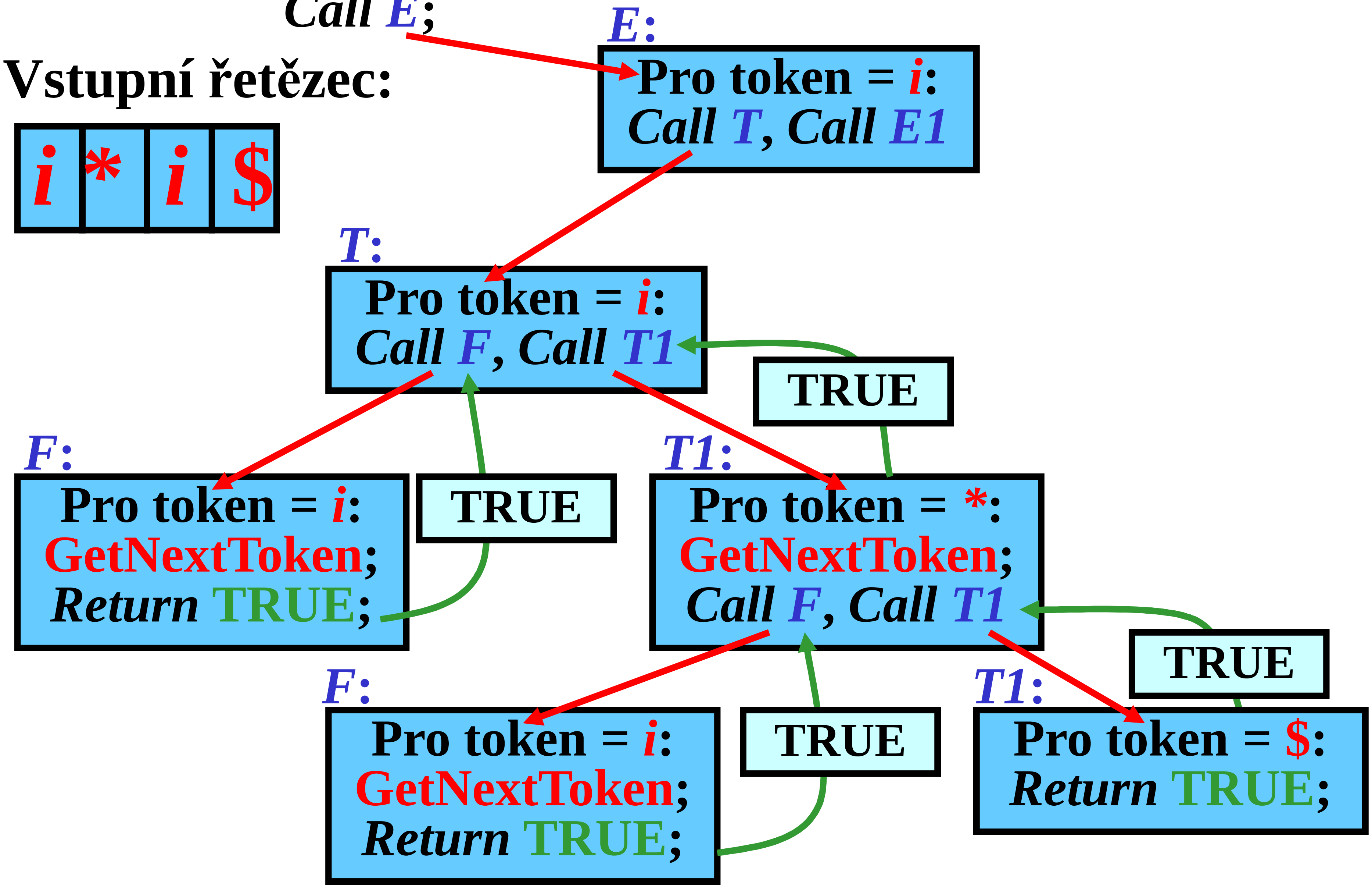


Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$

Start: **GetNextToken**;
Call ***E***;

Vstupní řetězec:

i	*****	***i***	**$**

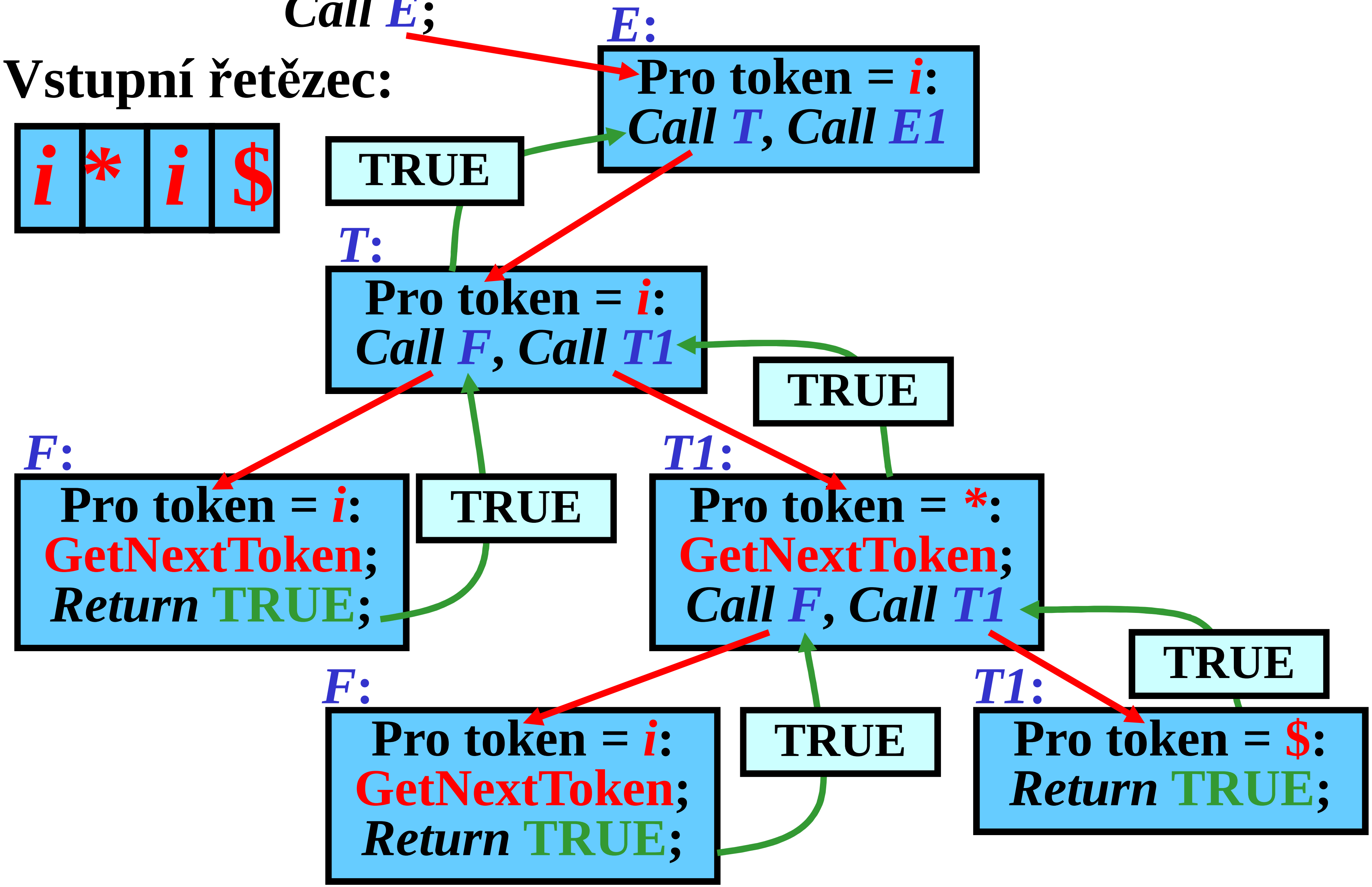


Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$

Start: **GetNextToken;**
Call E;

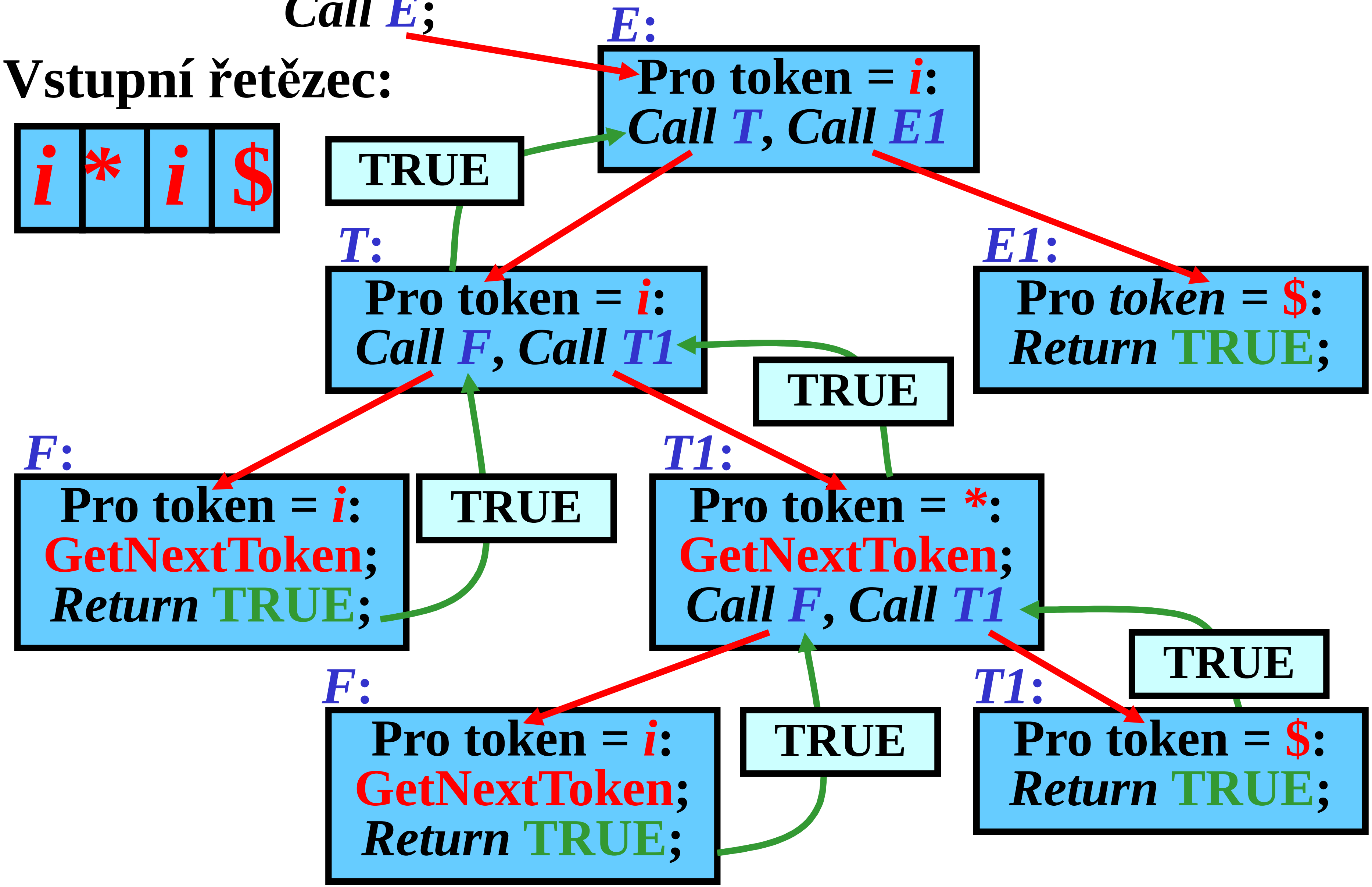
Vstupní řetězec:

i	*	*i*	$



Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$

Start: **GetNextToken;**
Call E;

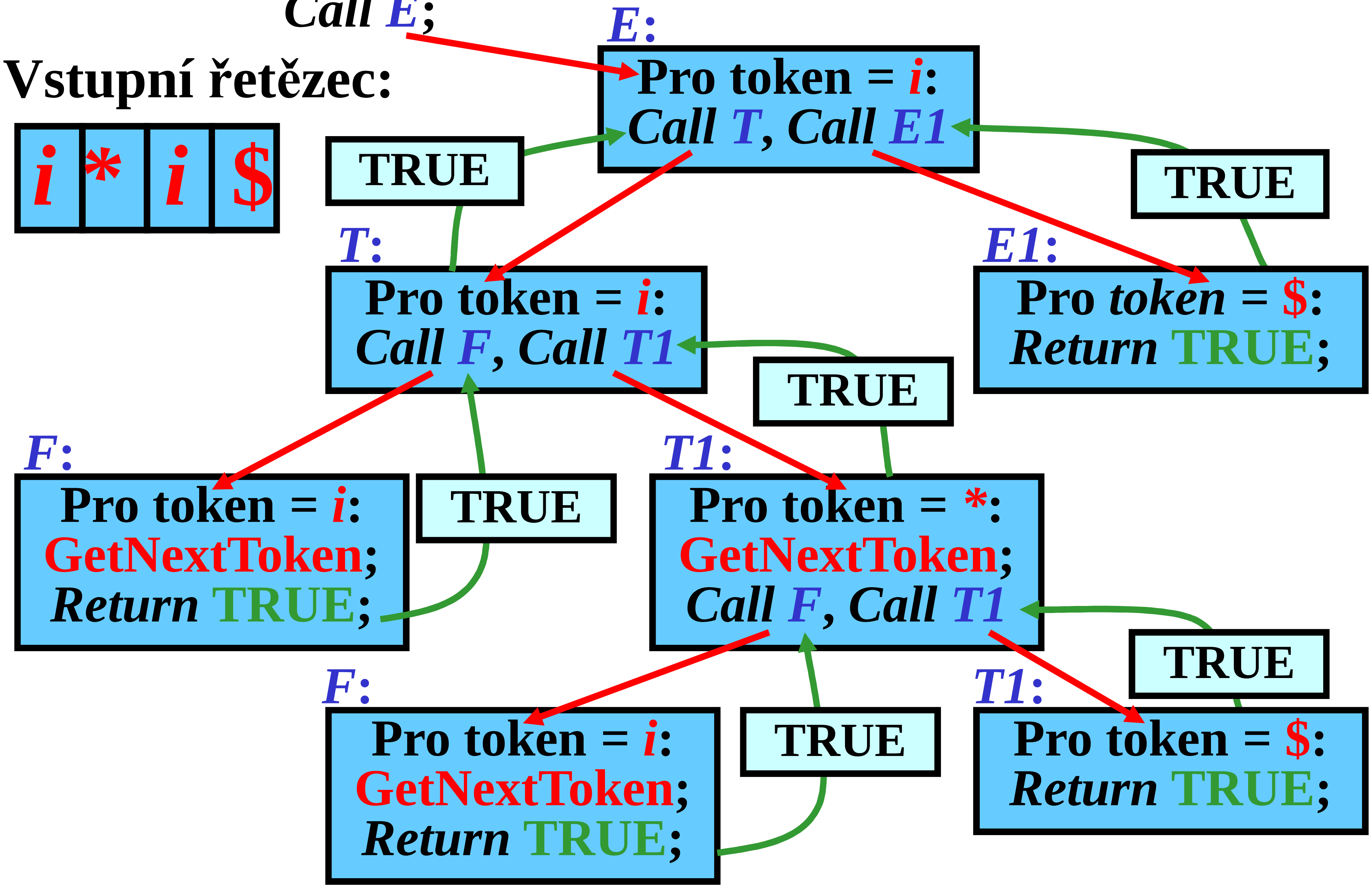


Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i*i$*

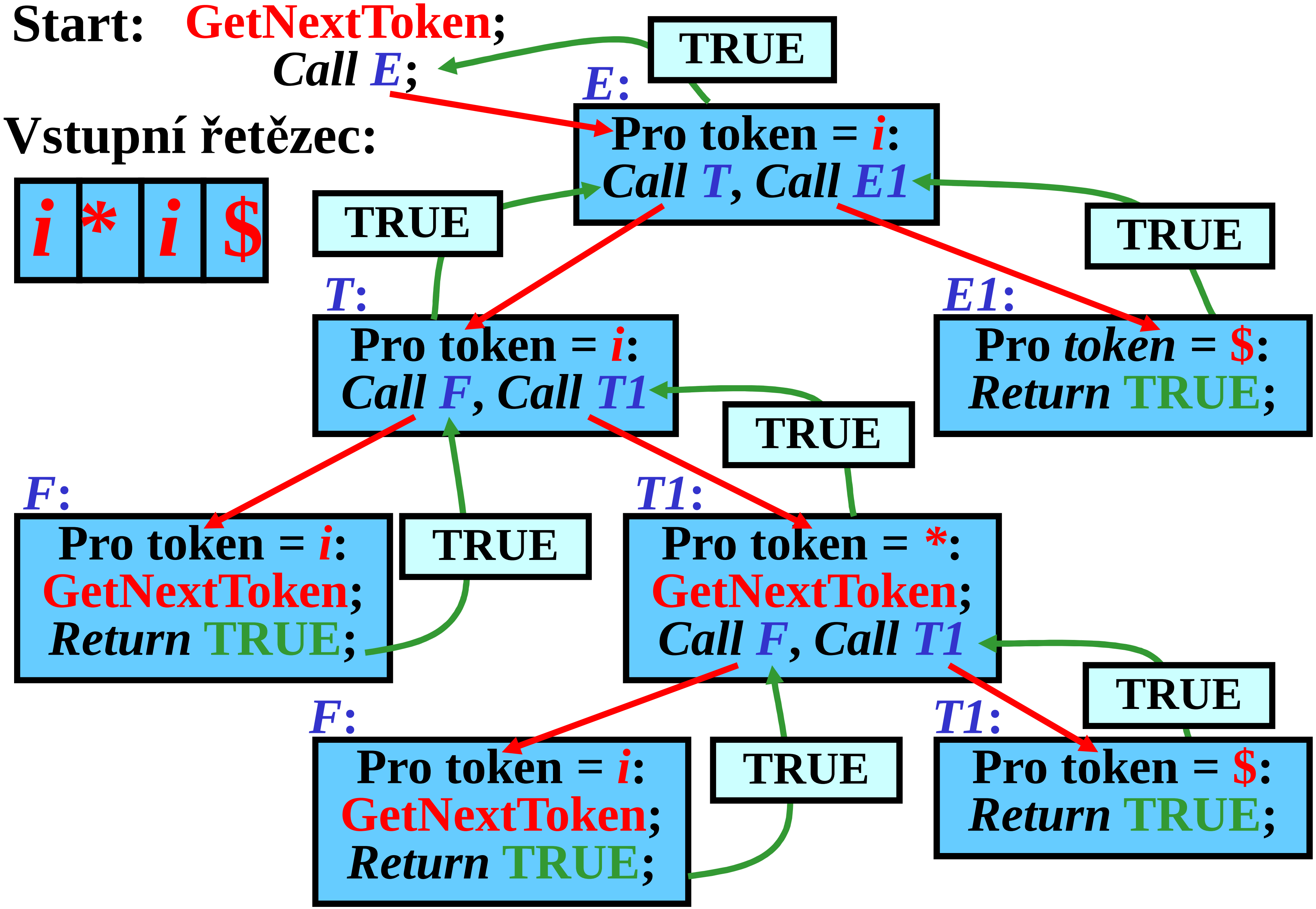
Start: **GetNextToken**;
Call E;

Vstupní řetězec:

i	*	*i*	$

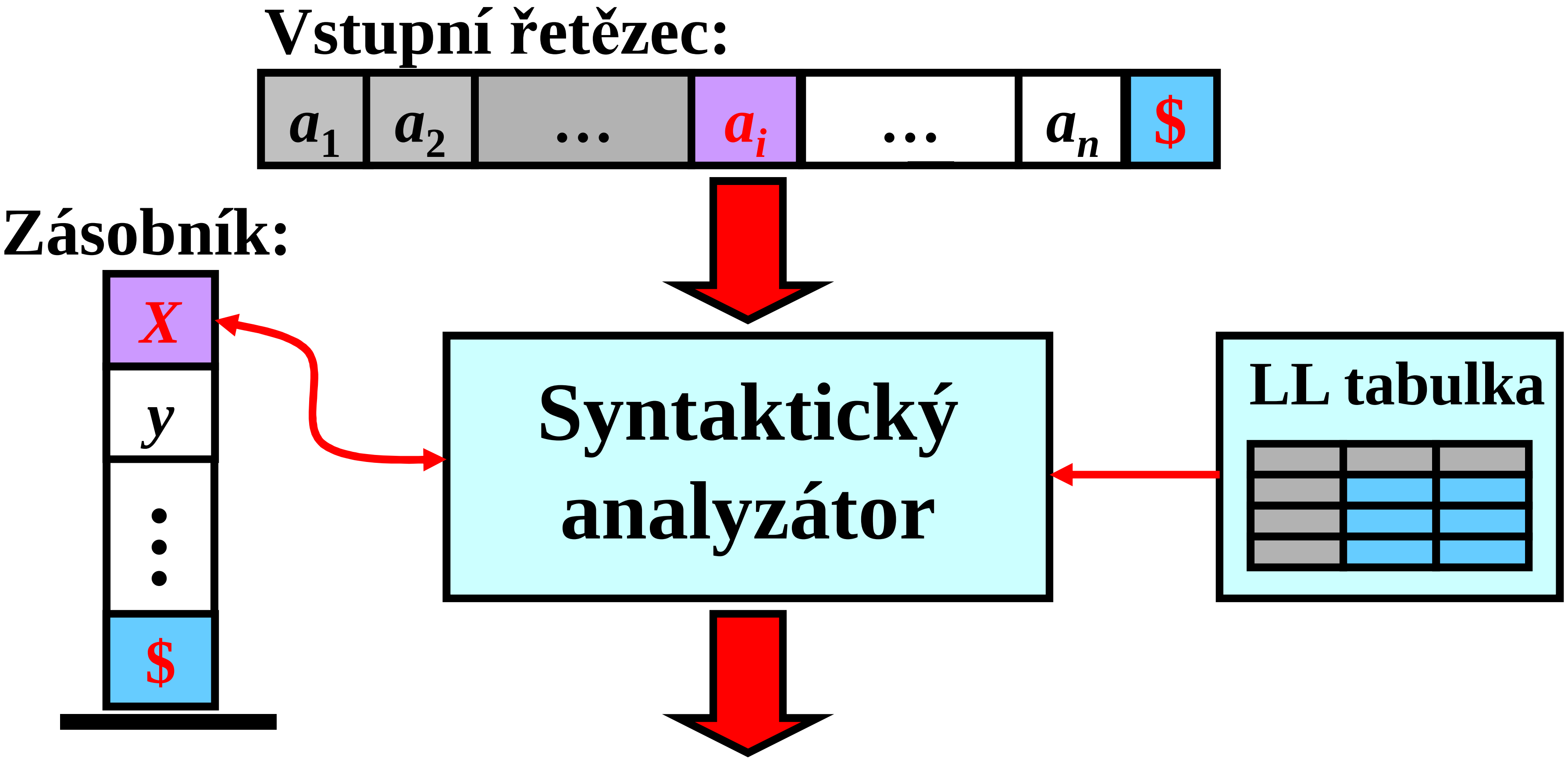


Rekurzívní sestup: Ilustrace pro *i***i*$



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$) na zásobník
- **repeat**
  - nechť X je vrchol zásobníku a a aktuální token
  - **case** X **of**:
    - X = **$**: **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	+	*	(	)	$
E	1			1		
E'		2			3	3
T	4			4		
T'		6	5		6	6
F	8			7		

Vstupní řetězec: *i* * *i* $

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace

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: $F \rightarrow i$

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* $

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
$*E*	*i***i*$	1: $E \rightarrow TE'$	$\underline{E} \Rightarrow \underline{T}E'$

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: $F \rightarrow i$

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* $

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

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: $F \rightarrow i$

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* $

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

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: $F \rightarrow i$

Prediktivní SA: Příklad

	i	+	*	(	)	$
E	1			1		
E'		2			3	3
T	4			4		
T'		6	5		6	6
F	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: $E \rightarrow TE'$	$\underline{E} \Rightarrow \underline{T}E'$
$\$E'T$	$i*i\$$	4: $T \rightarrow FT'$	$\Rightarrow \underline{F}T'E'$
$\$E'T'F$	$i*i\$$	8: $F \rightarrow i$	$\Rightarrow i\underline{T'}E'$
$\$E'T'i$	$i*i\$$		

Prediktivní SA: Příklad

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

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*

Vstupní řetězec: *i* * *i* $

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

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* $

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

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: $F \rightarrow i$

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* $

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

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: $F \rightarrow i$

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 $

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
$E	i*i$	1: E → TE’	E ⇒ TE’
$E’T	i*i$	4: T → FT’	⇒ FT’E’
$E’T’F	i*i$	8: F → i	⇒ iT’E’
$E’T’i	i*i$		
$E’T’	*i$	5: T’ → *FT’	⇒ i*FT’E’
$E’T’F*	*i$		
$E’T’F	i$	8: F → i	⇒ i*iT’E’
$E’T’i	i$		

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

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* $

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

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*

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* $

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

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* $

Zásobník	Vstup	Pravidlo	Derivace
$*E*	*i***i*$	1: $E \rightarrow TE'$	$\underline{E} \Rightarrow \underline{T}E'$
$*E'T*	*i***i*$	4: $T \rightarrow FT'$	$\Rightarrow \underline{F}T'E'$
$*E'T'F*	*i***i*$	8: $F \rightarrow i$	$\Rightarrow i\underline{T'}E'$
$*E'T'i*	*i***i*$		
$*E'T'*	**i*$	5: $T' \rightarrow *FT'$	$\Rightarrow i*\underline{F}T'E'$
$*E'T'F**	**i*$		
$*E'T'F*	*i*$	8: $F \rightarrow i$	$\Rightarrow i*i\underline{T'}E'$
$*E'T'i*	*i*$		
$*E'T'*	$	6: $T' \rightarrow \varepsilon$	$\Rightarrow i*i\underline{E'}$
$*E'*	$	3: $E' \rightarrow \varepsilon$	$\Rightarrow i*i$
$	$		

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: $F \rightarrow i$

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 $

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

Úspěch

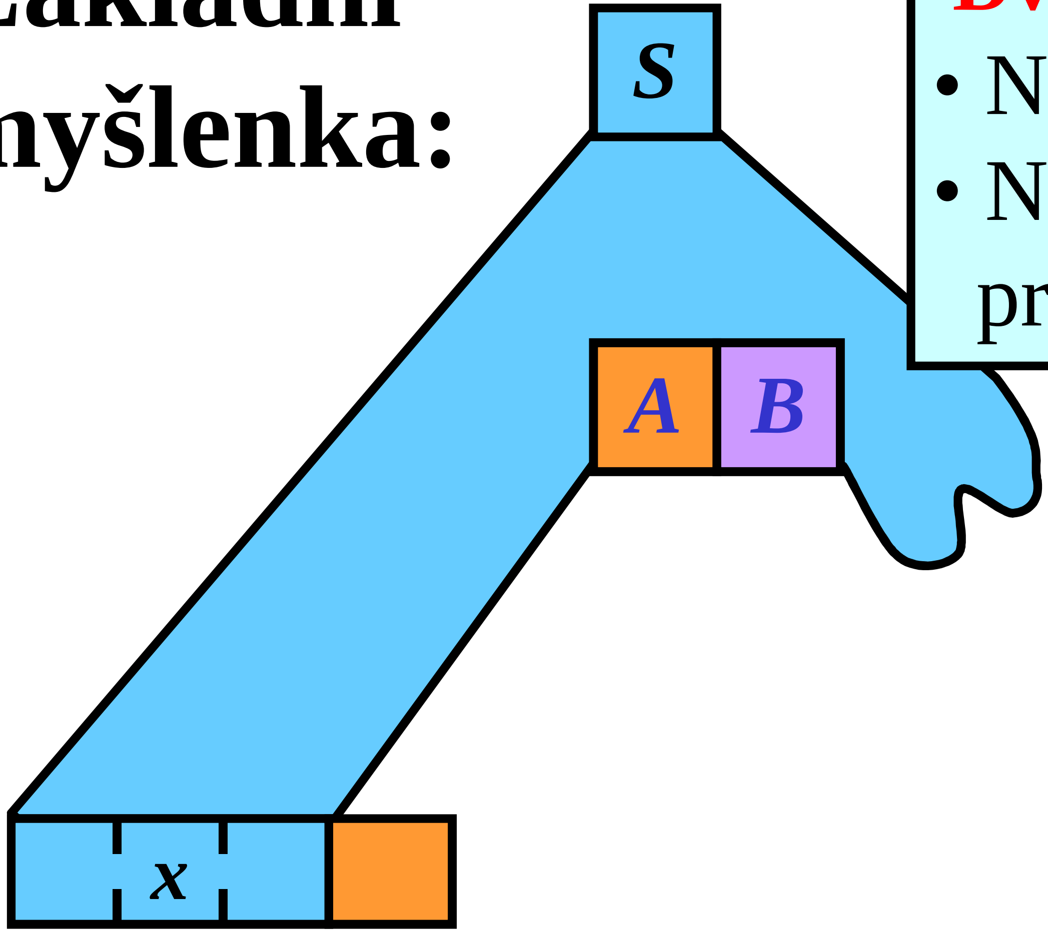
Levý rozbor: 1485863

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

Zotavení z chyb: Úvod

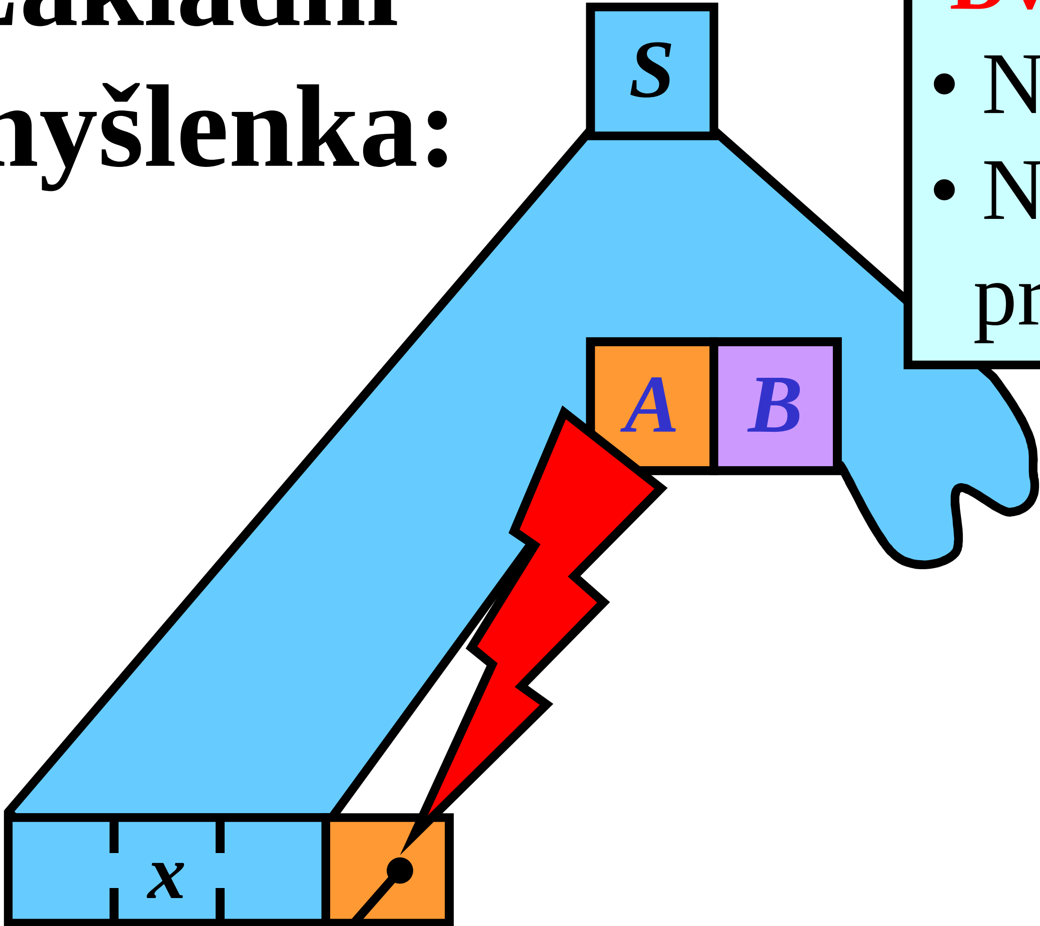
Základní myšlenka:



Dva typy chyb:
- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo

Zotavení z chyb: Úvod

Základní myšlenka:



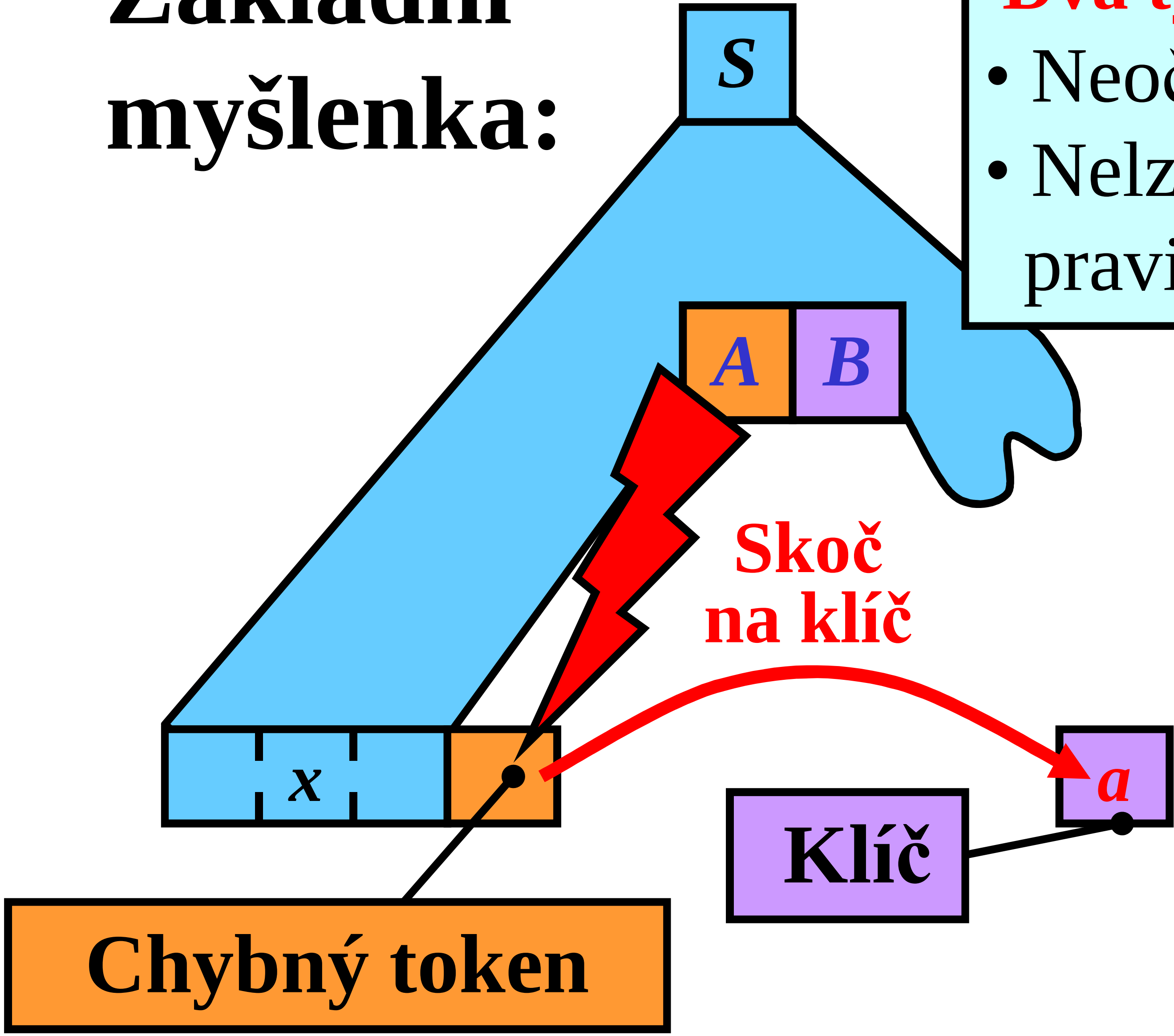
Dva typy chyb:

- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo

Chybný token

Zotavení z chyb: Úvod

Základní myšlenka:



Dva typy chyb:

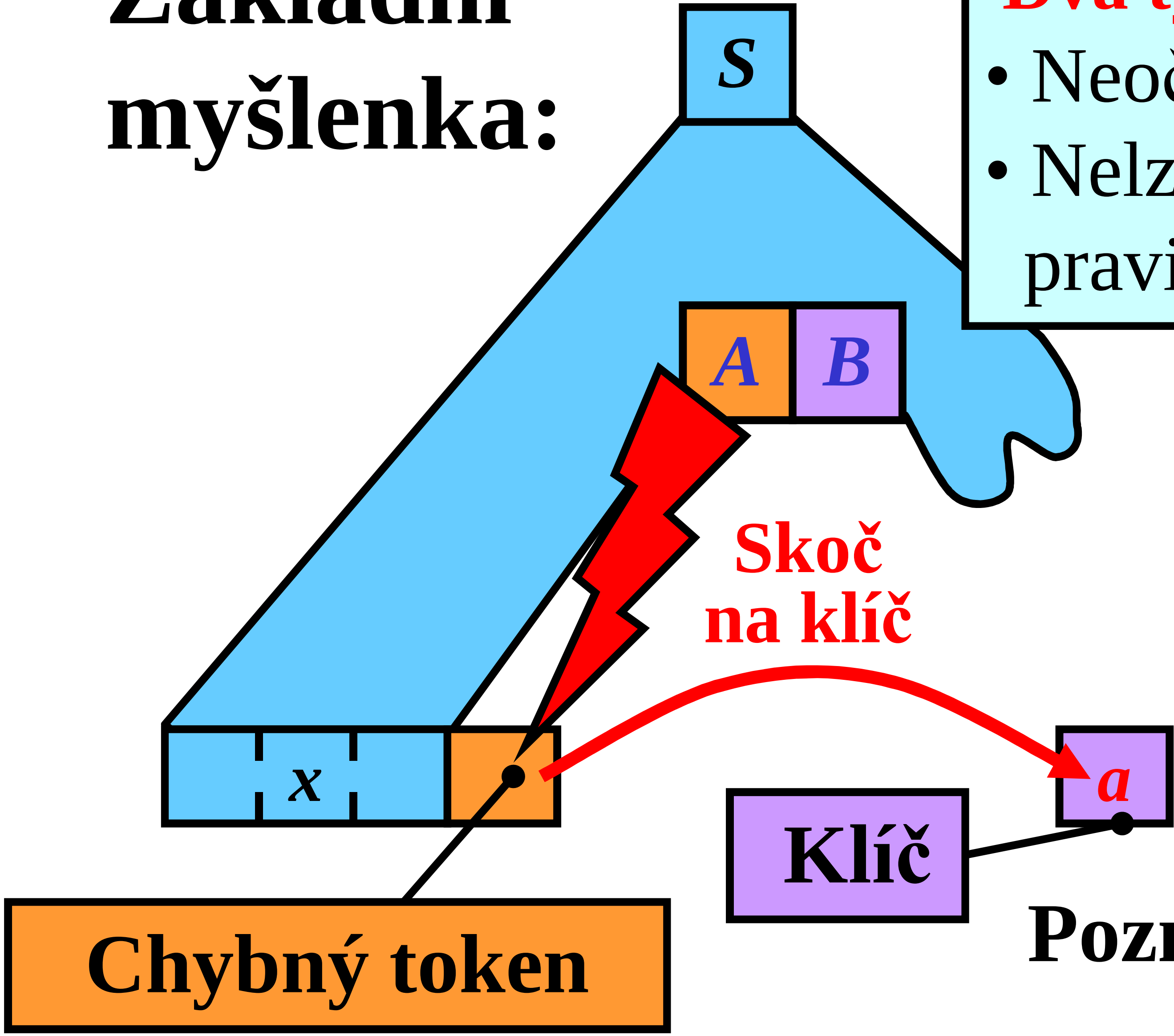
- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo

Zotavení z chyb: Úvod

Základní myšlenka:

Dva typy chyb:

- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo



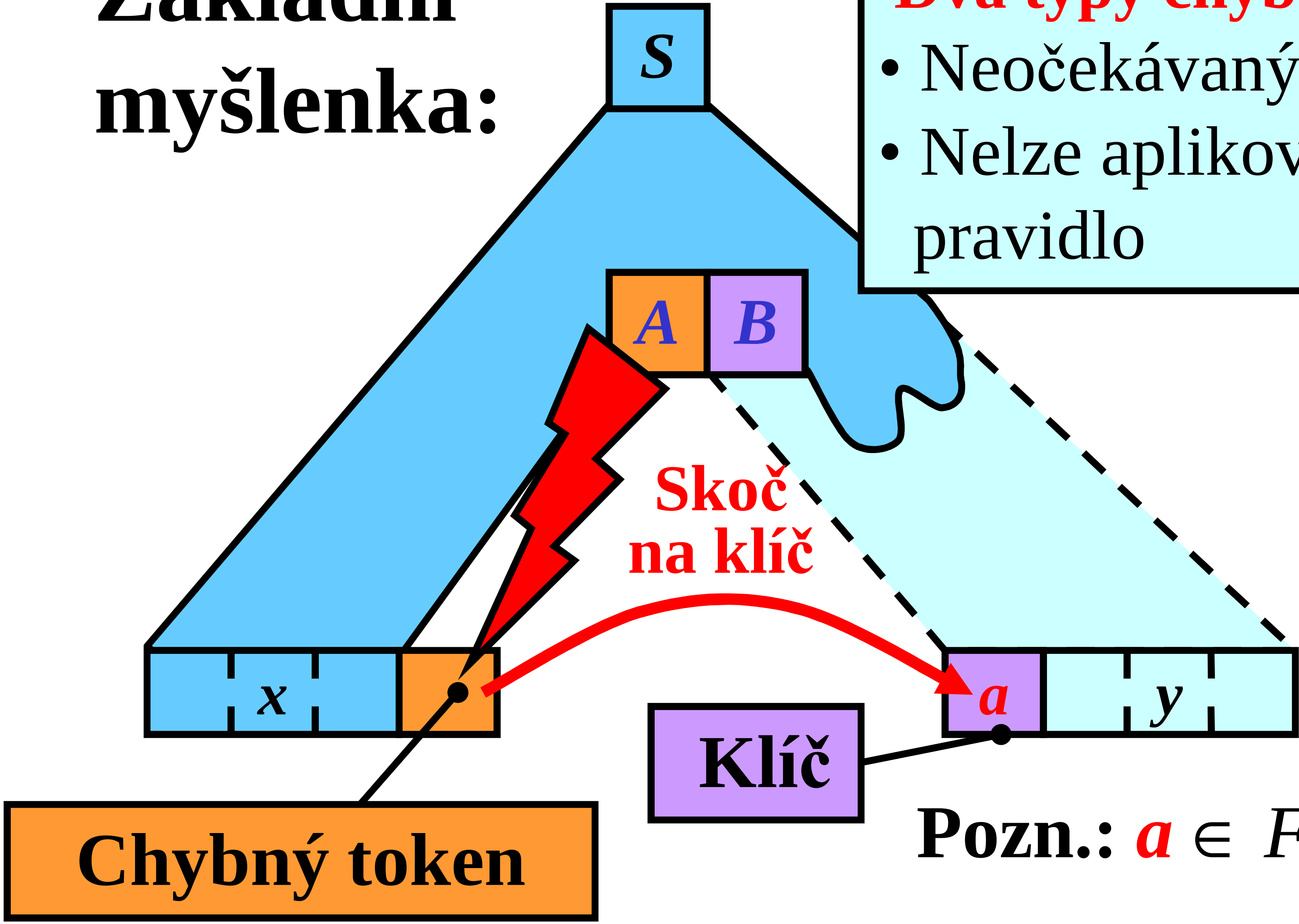
Pozn.: $a \in Follow(A)$

Zotavení z chyb: Úvod

Základní myšlenka:

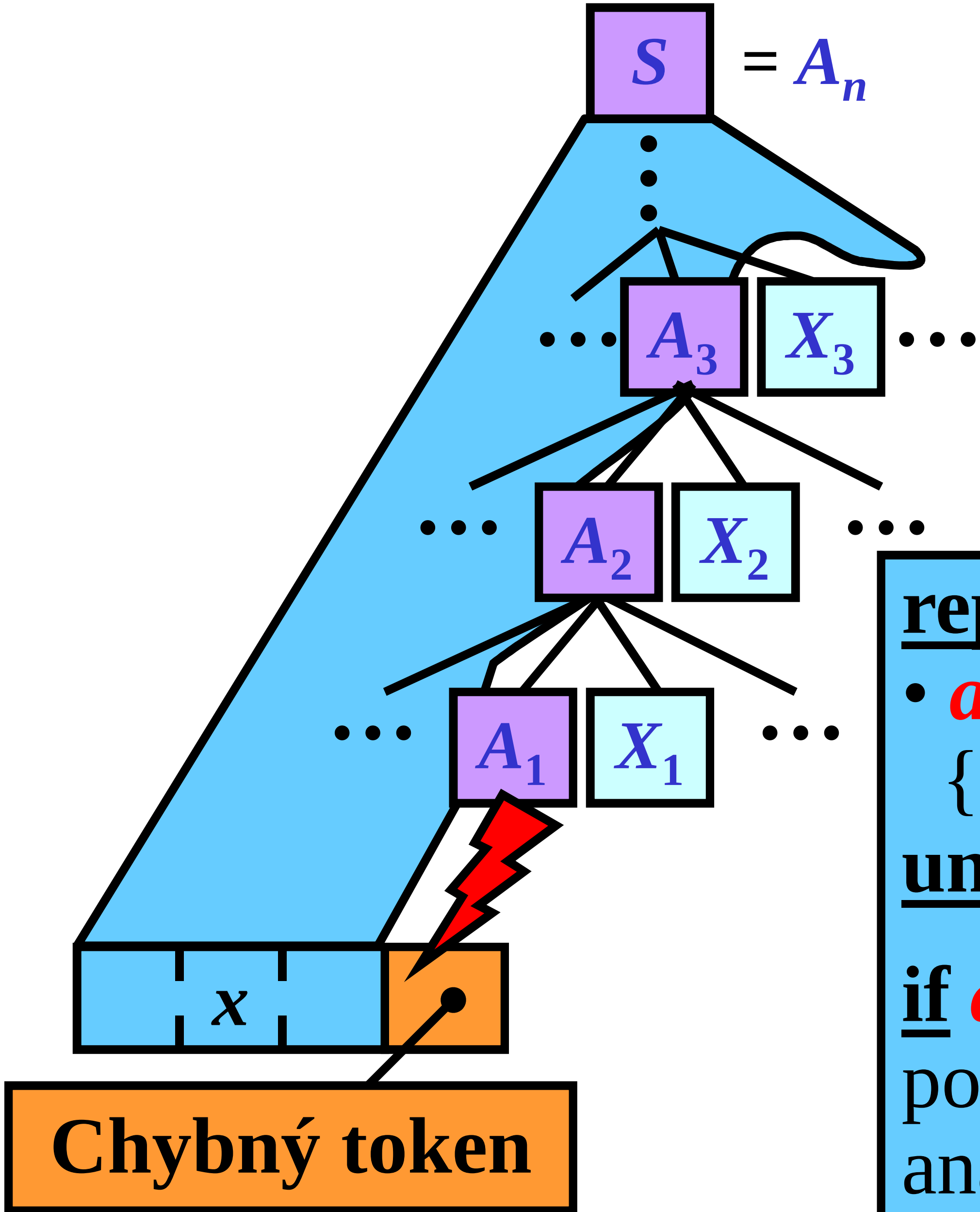
Dva typy chyb:

- Neočekávaný token
- Nelze aplikovat pravidlo



Pozn.: $a \in \mathit{Follow}(A)$

Hartmannova metoda: Zotavení z chyb



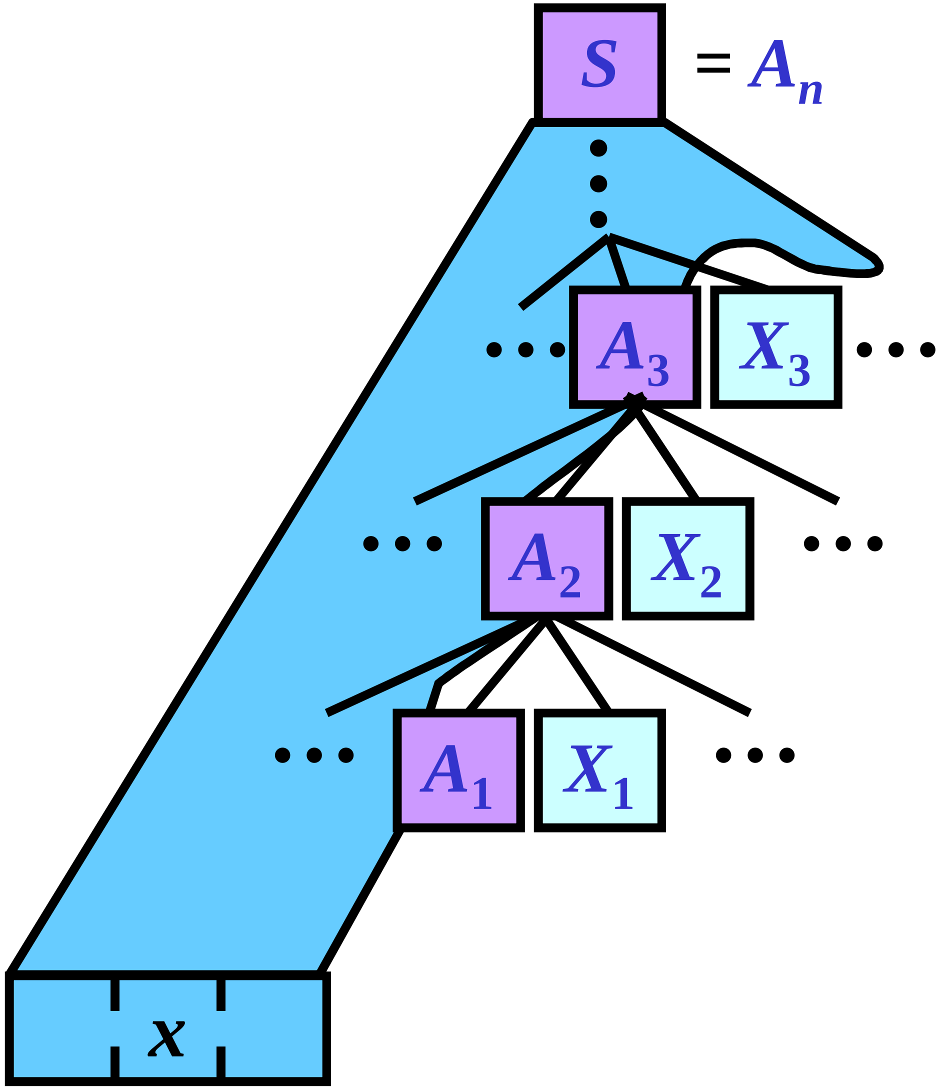
- Nechť ***Context***(A_1) = ***Follow***(A_1) ∪ ***Follow***(A_2) ∪ … ***Follow***(A_n)

repeat
- *a* := GetNextToken;
  {Tyto tokeny přeskoč}

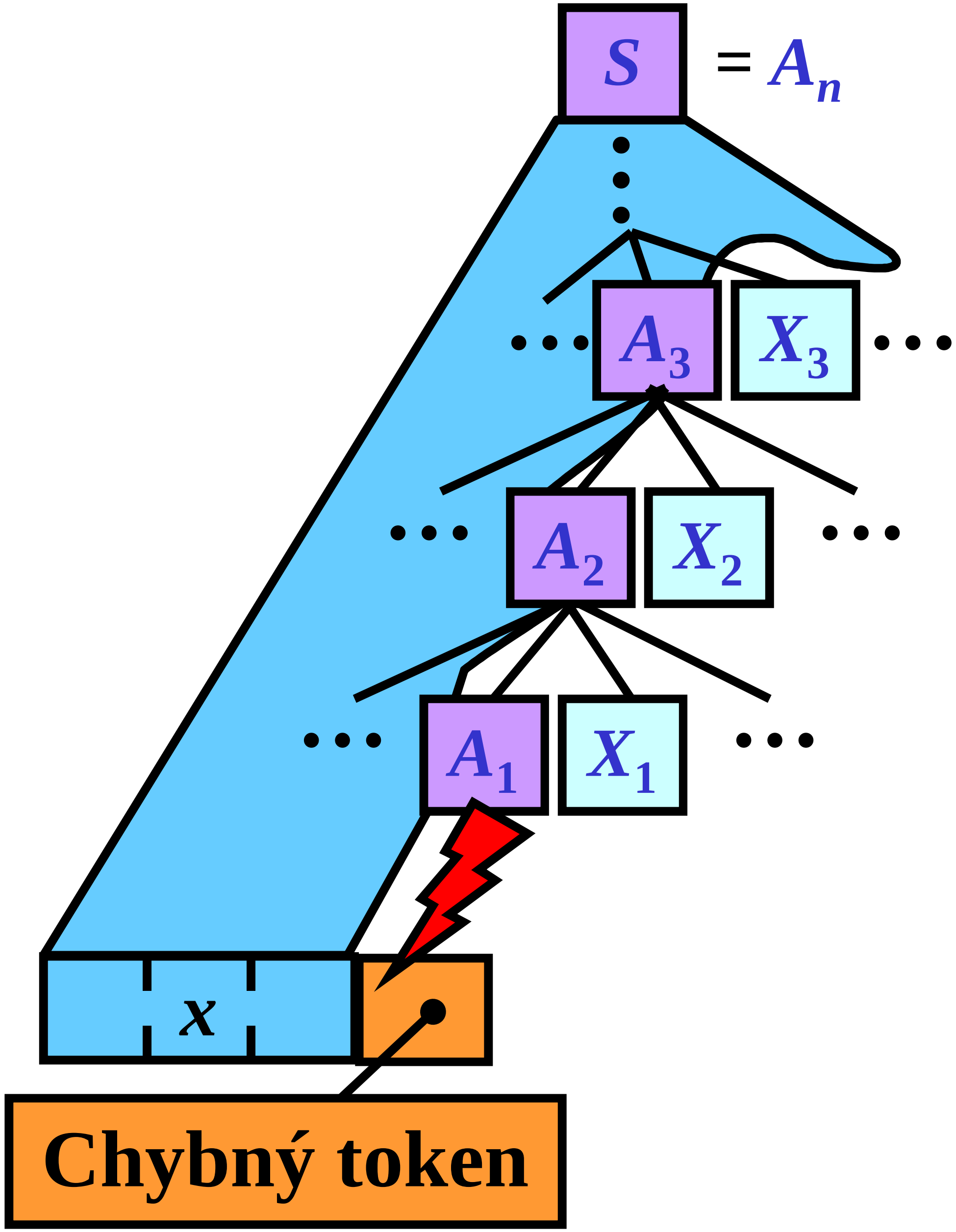
until *a* v množ. ***Context***(A_1)

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

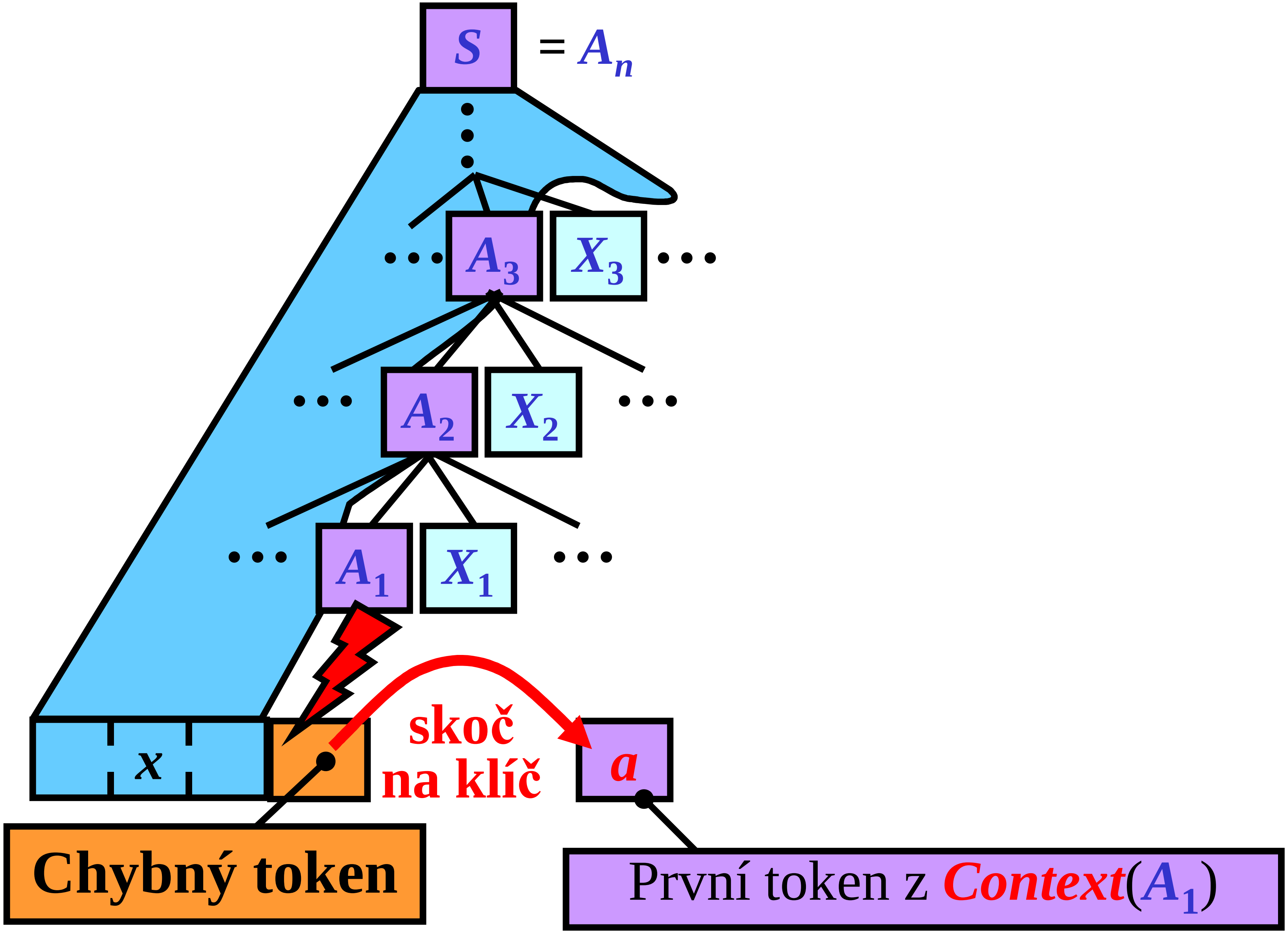
Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2



Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2

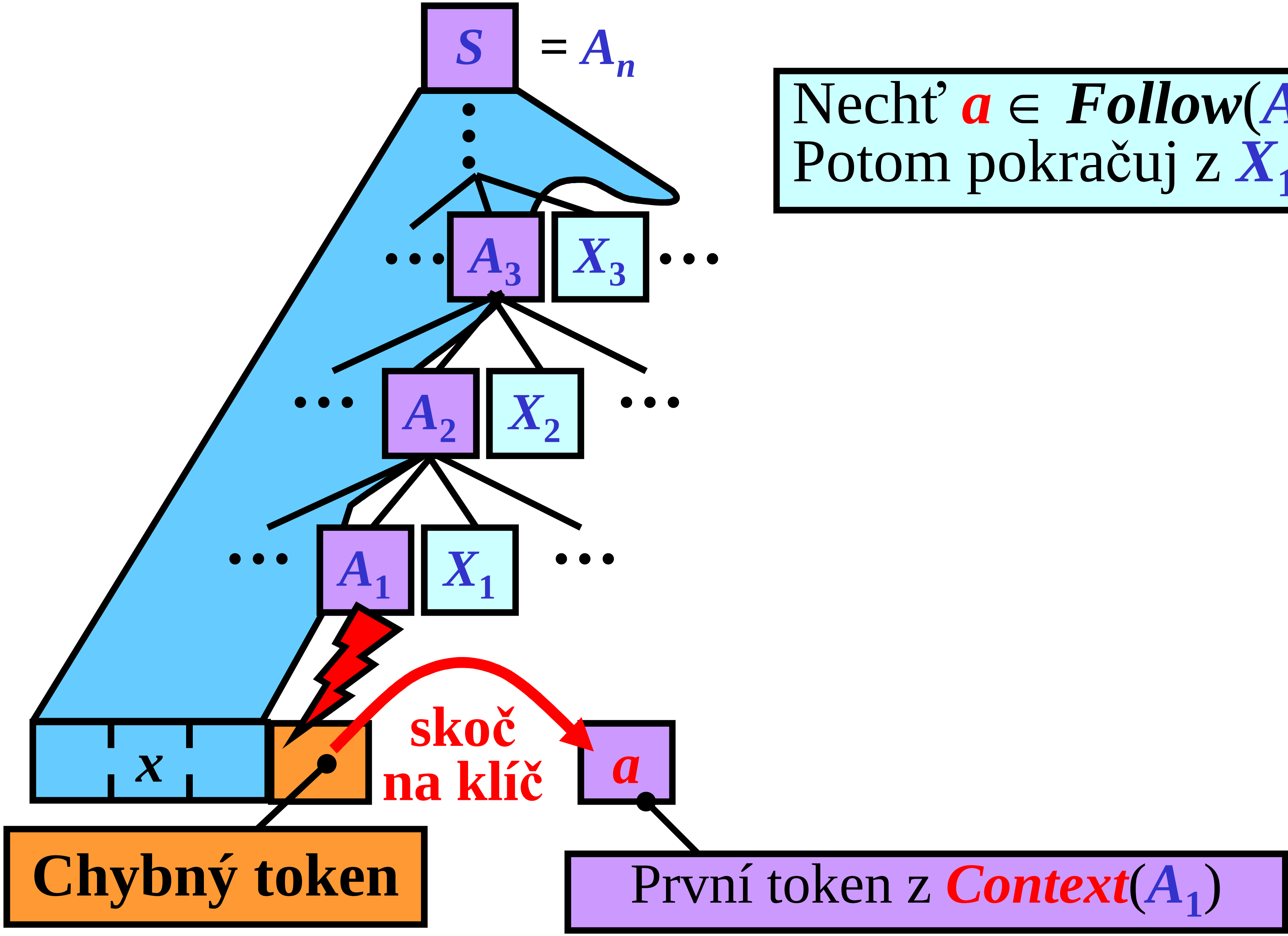


Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2



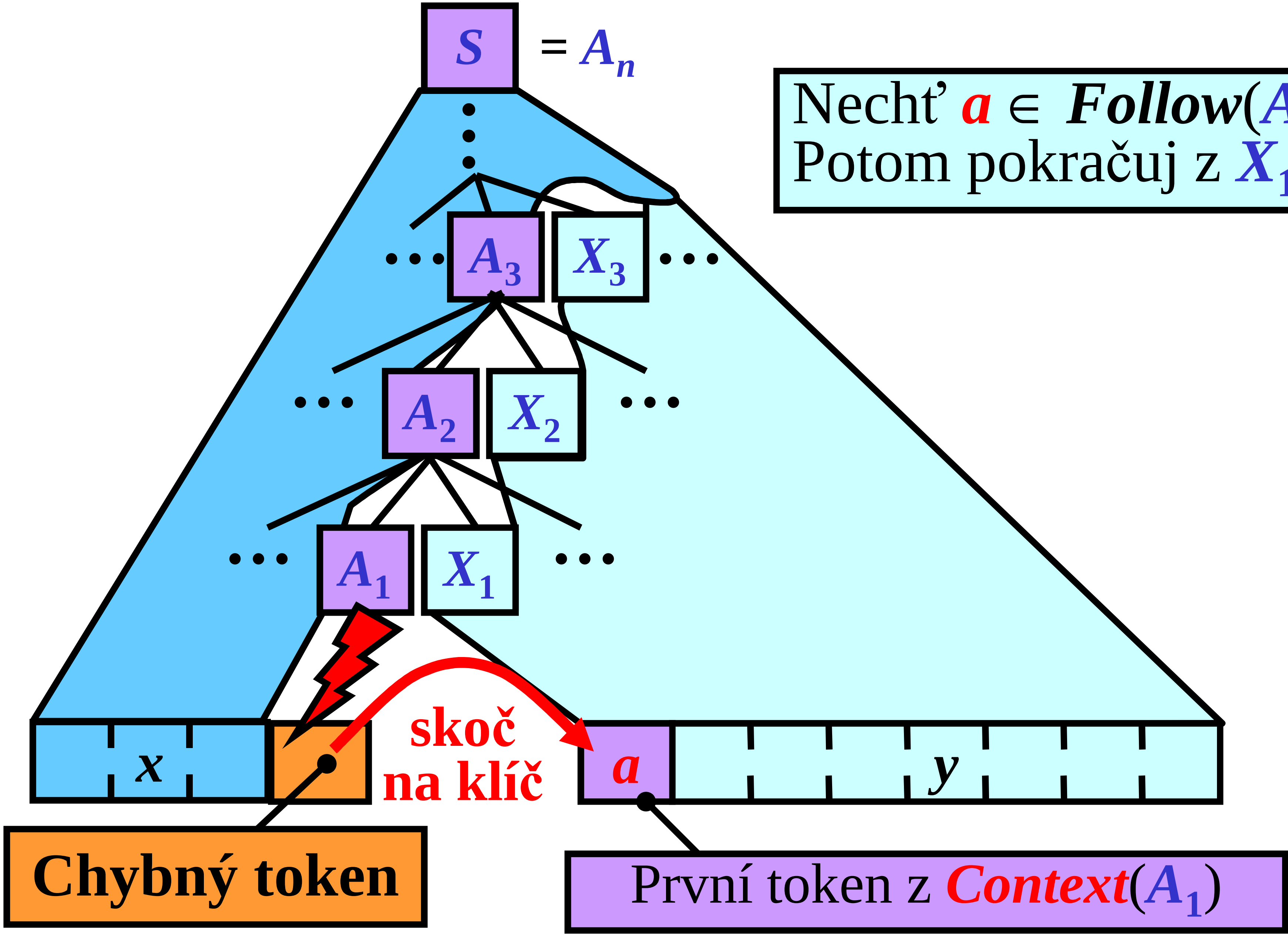
Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2

Nechť $\boldsymbol{a} \in \boldsymbol{Follow}(A_1)$.
Potom pokračuj z X_1

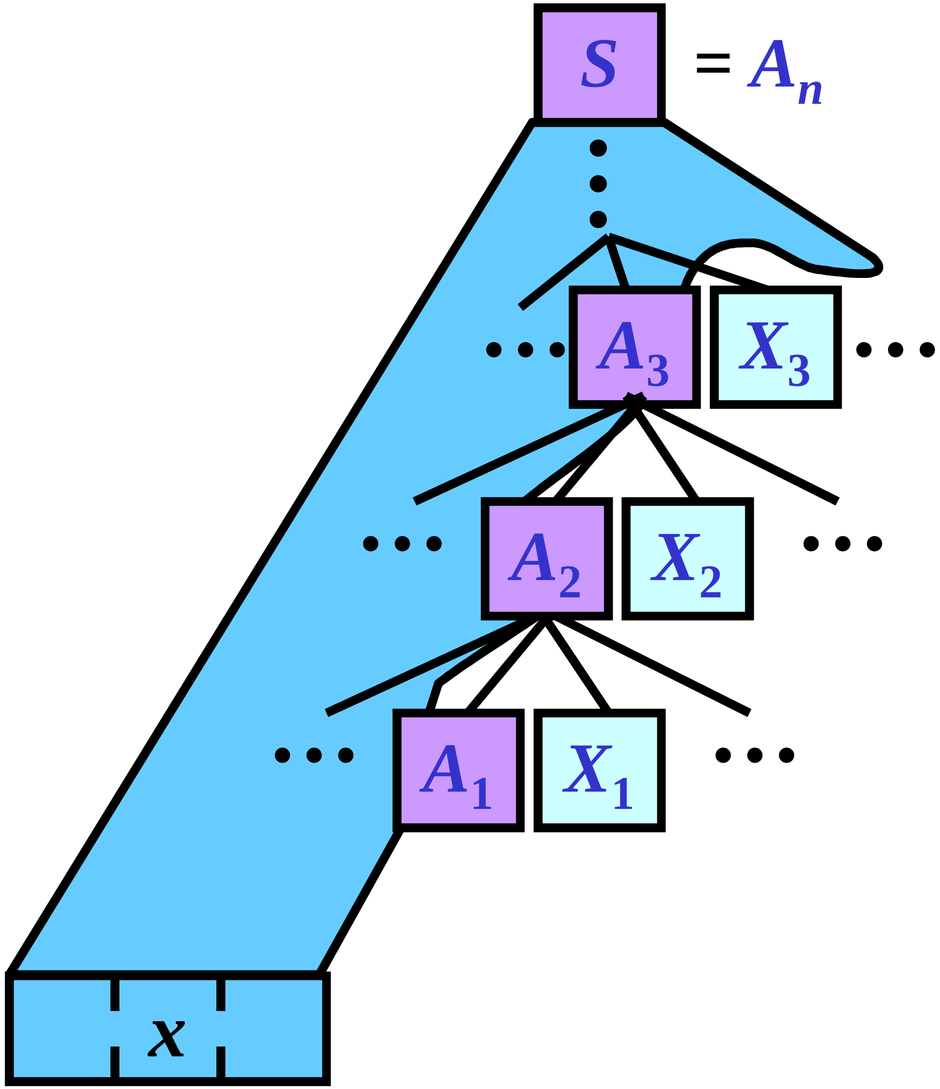


Zotavení z chyb: Ilustrace 1/2

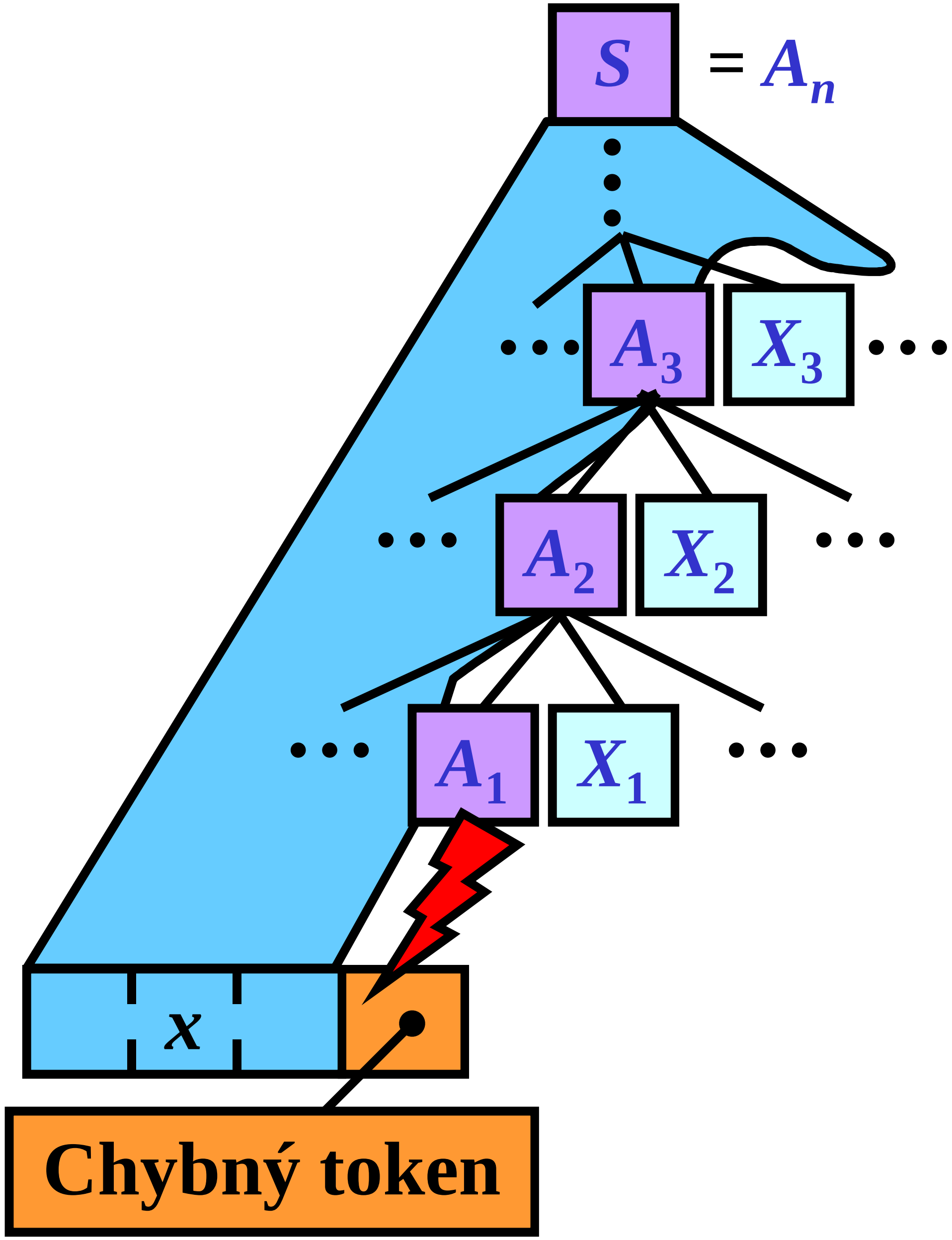
Nechť $a \in$ ***Follow***(A_1).
Potom pokračuj z X_1



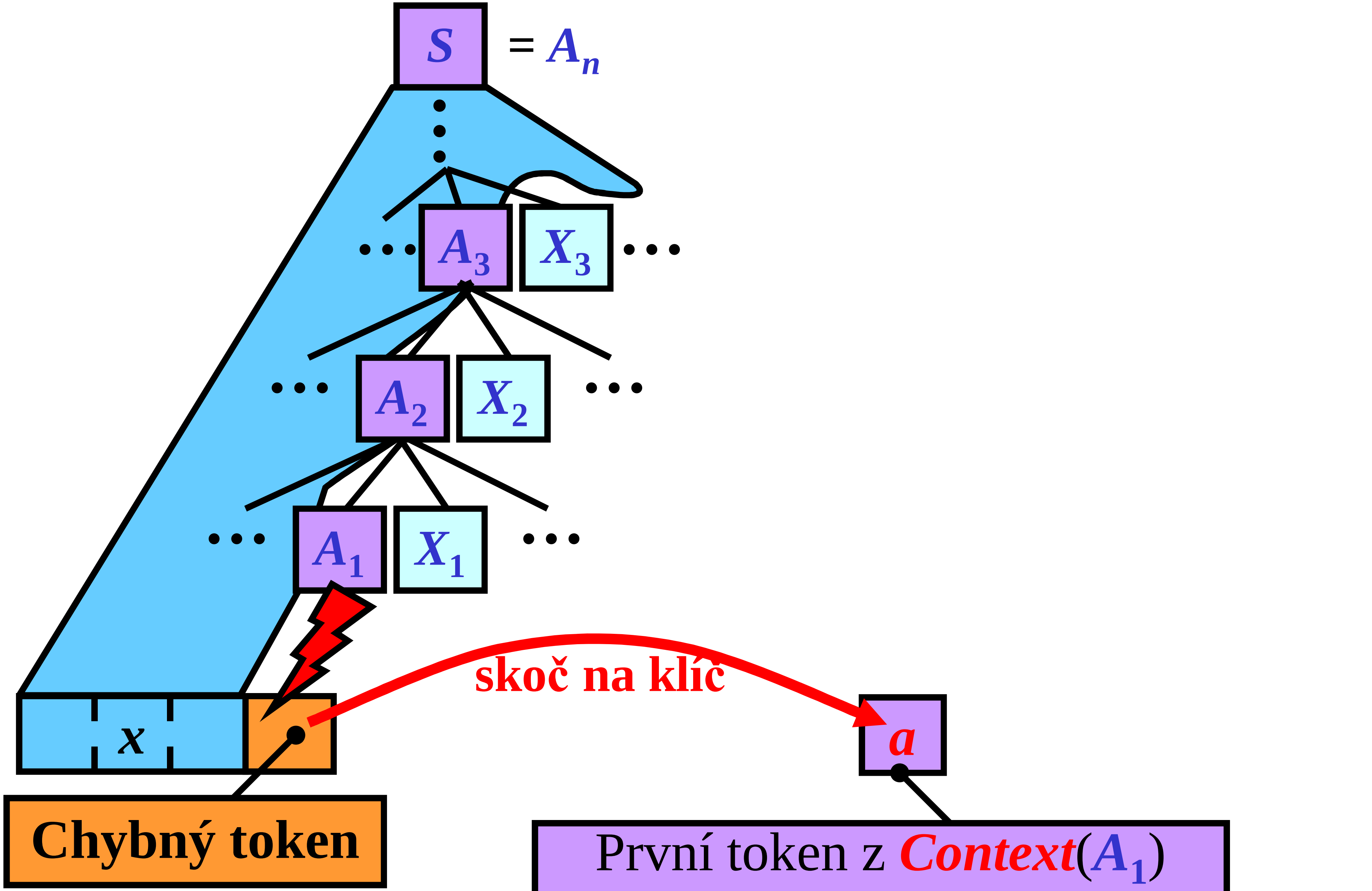
Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2



Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2

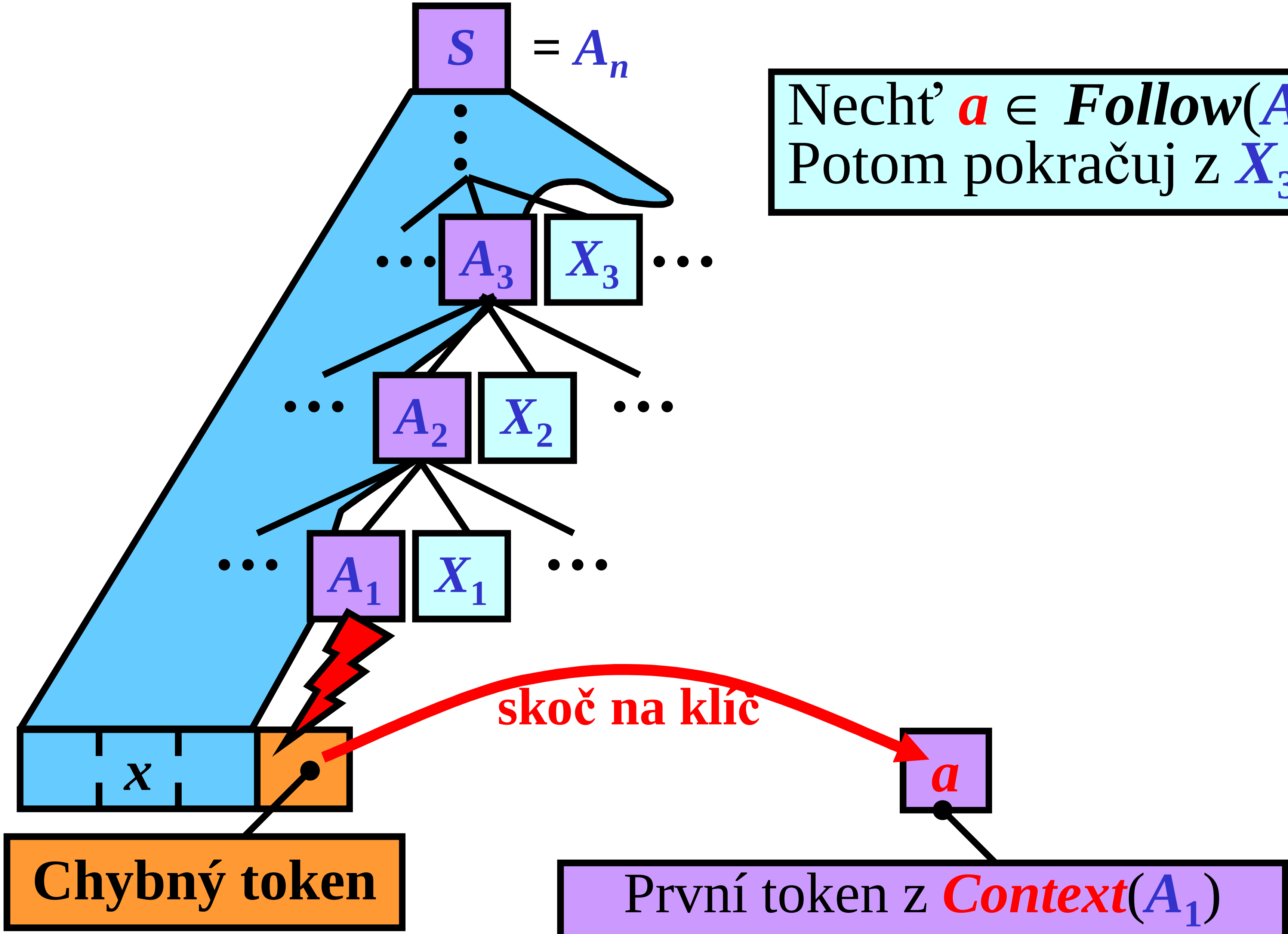


Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2



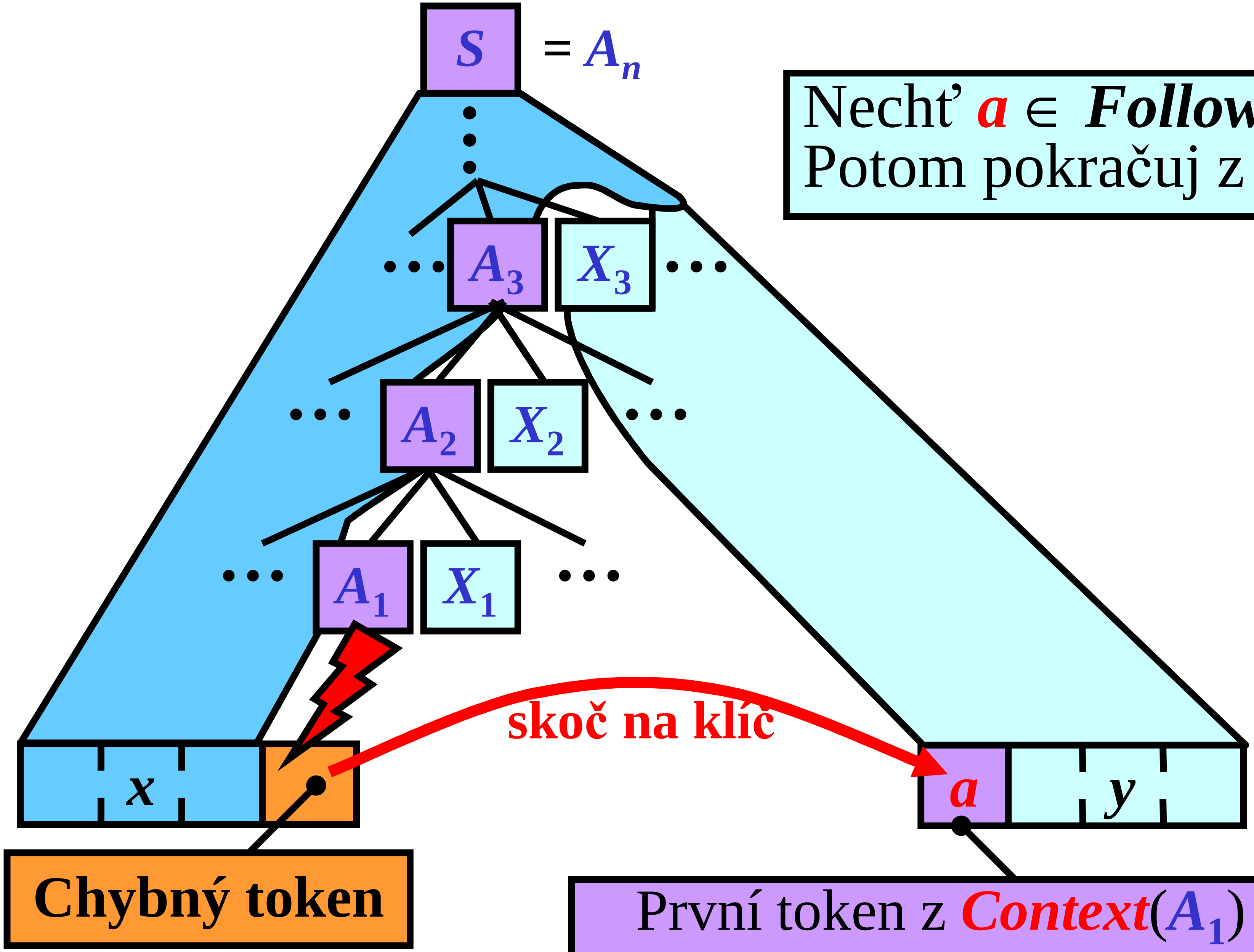
Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2

Nechť $a \in$ ***Follow***(A_3).
Potom pokračuj z X_3



Zotavení z chyb: Ilustrace 2/2

Nechť ***a*** ∈ ***Follow***(A_3).
Potom pokračuj z X_3



Context(*X*) pro prediktivní SA: Varianta I

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

Context*(*A*) = *Follow*(*A*) pro všechna *A* ∈ *N

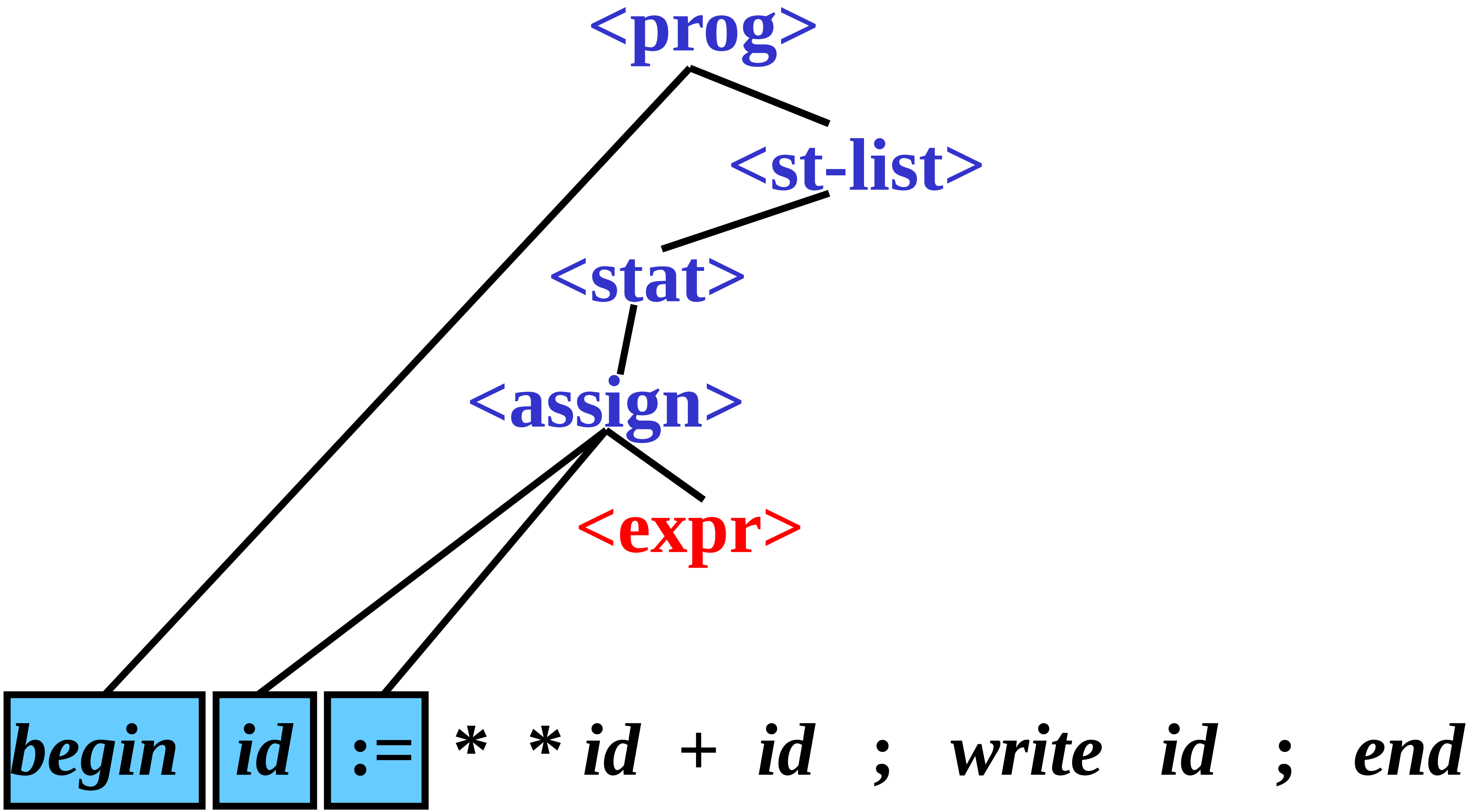
- **Metoda:**
- Nechť ***A*** je vrchol zásobníku & žádné pravidlo nelze použít:
- **repeat**

  a := GetNextToken;

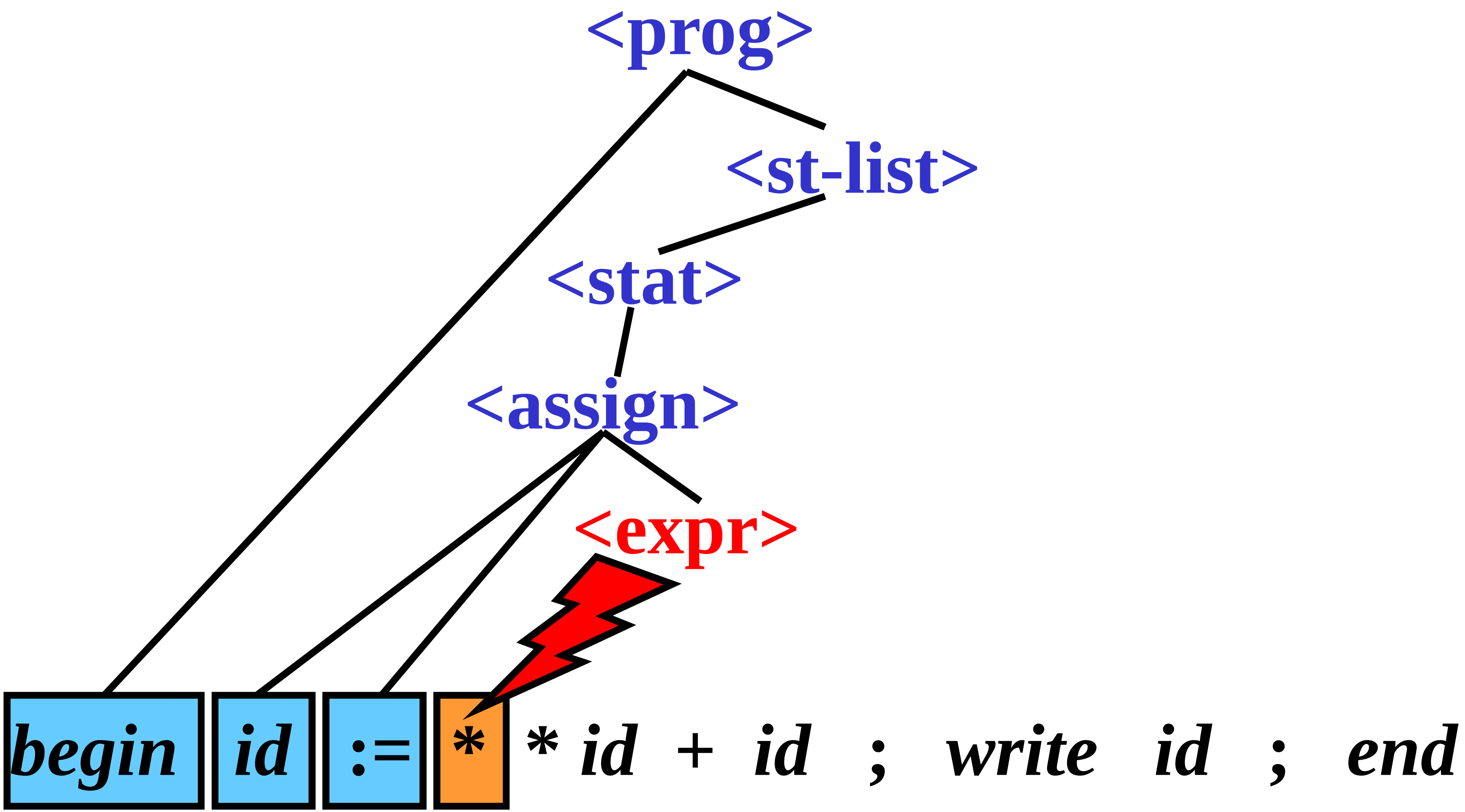
  {Tyto tokeny jsou přeskočeny}

  until ***a*** v množině ***Context***(***A***)
- odstraň ***A*** ze zásobníku;

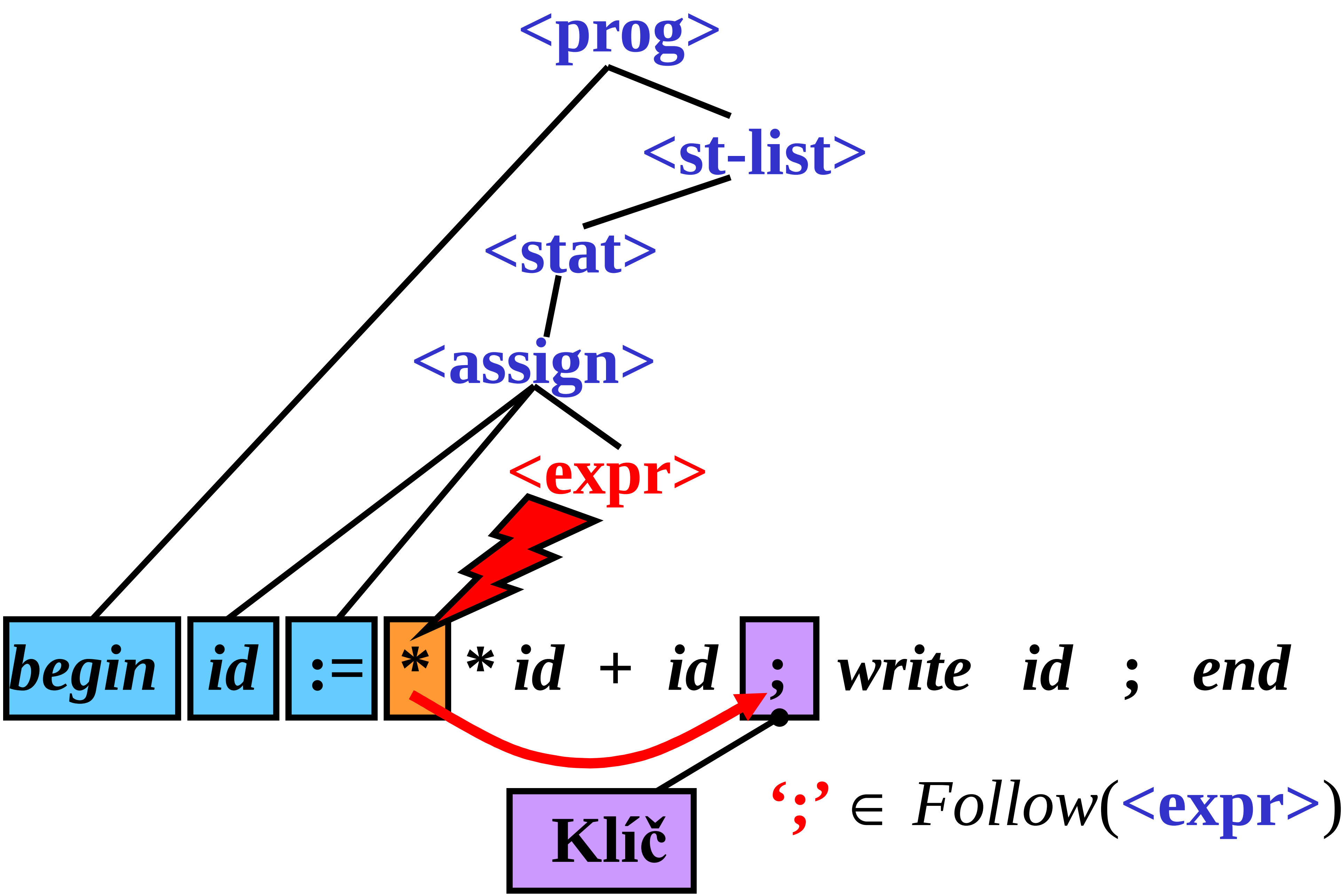
Varianta I: Příklad



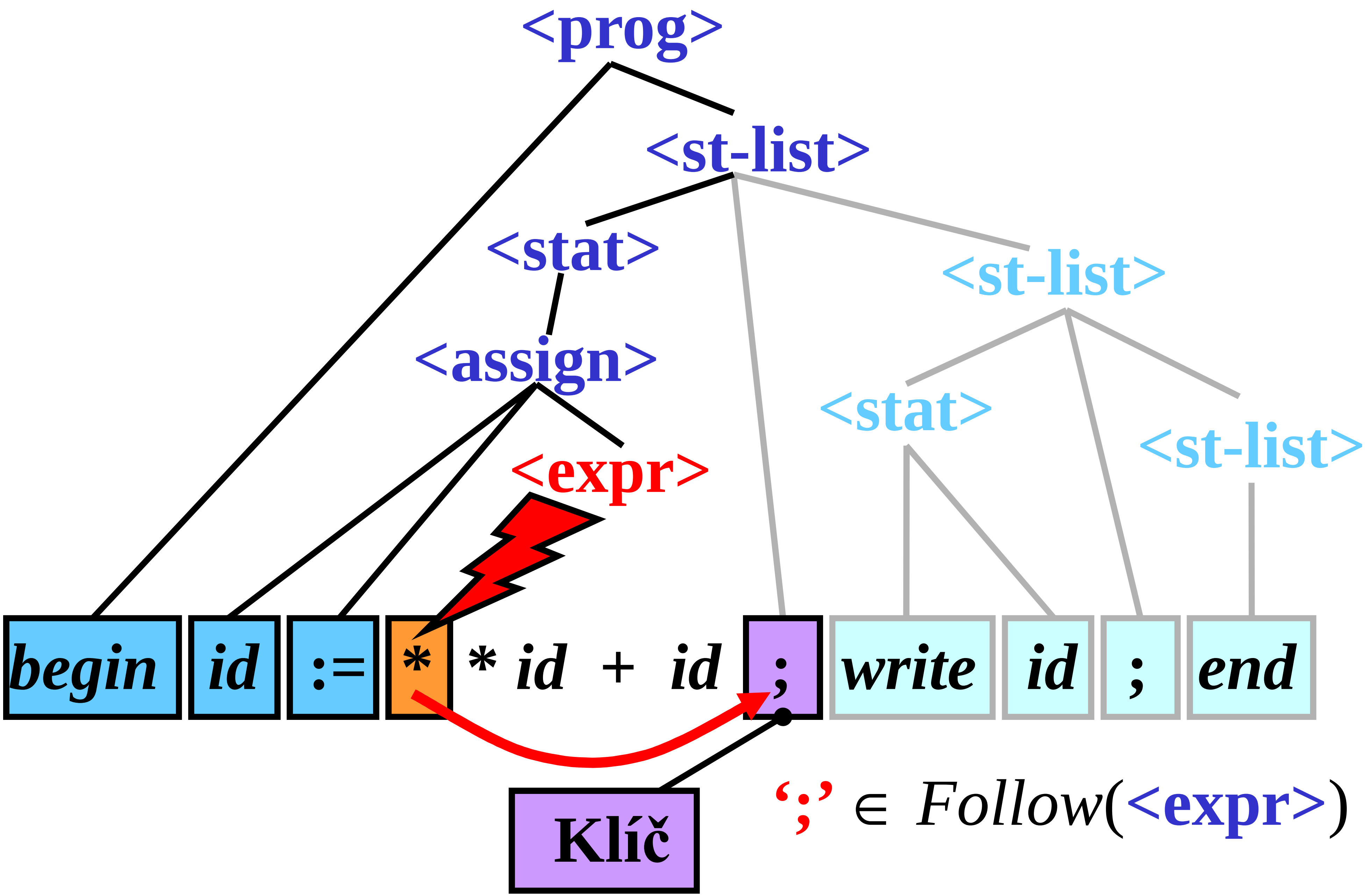
Varianta I: Příklad



Varianta I: Příklad



Varianta I: Příklad



';' ∈ *Follow*(**<expr>**)

Context(*X*) pro prediktivní SA: Varianta II

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

Context*(*A*) = *First*(*A*) ∪ *Follow*(*A*) pro všechna *A* ∈ *N

- **Metoda:**
- Nechť *A* je vrchol zásobníku & žádné pravidlo nelze použít:
- **repeat**

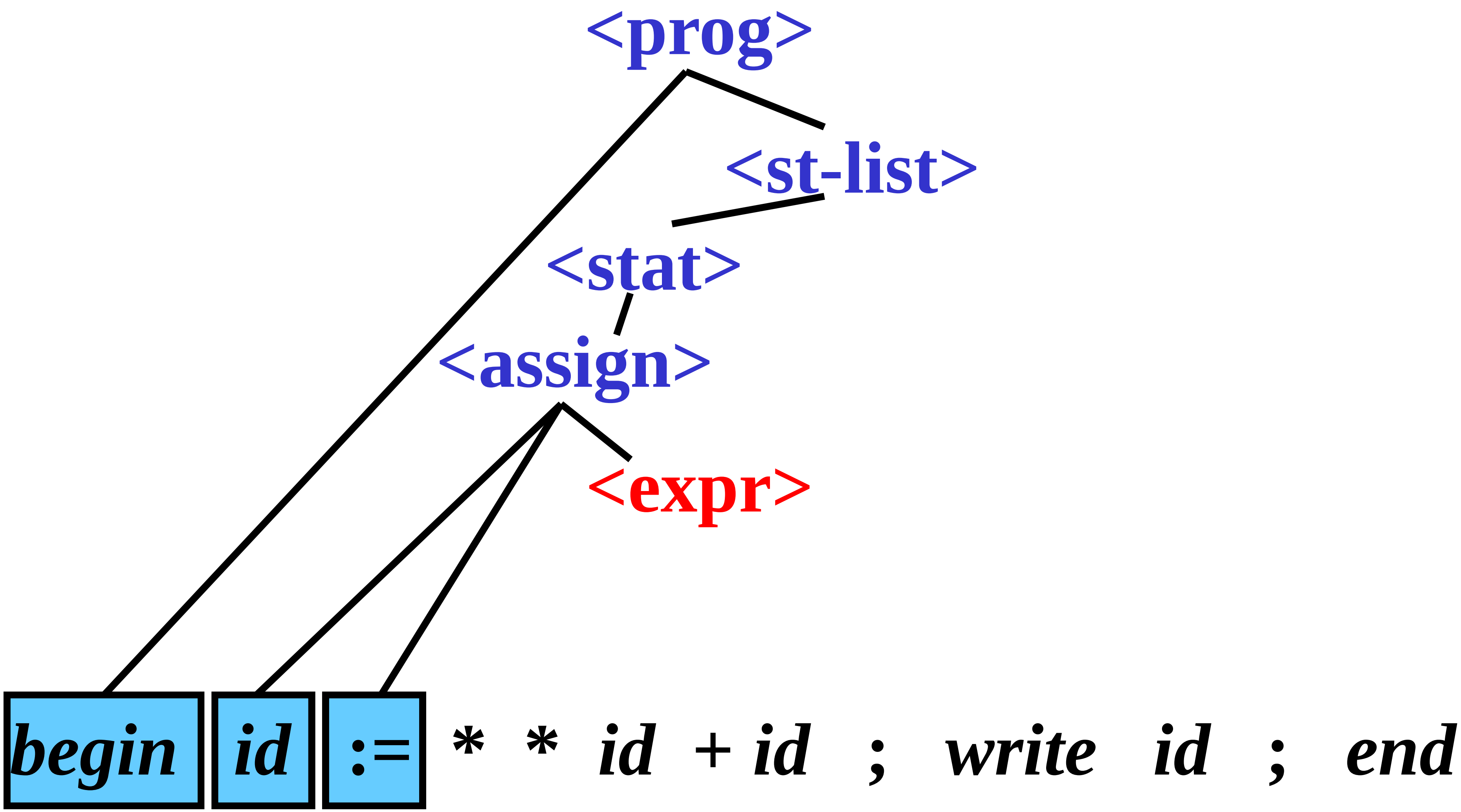
  a := GetNextToken;

  {Tyto tokeny jsou přeskočeny}

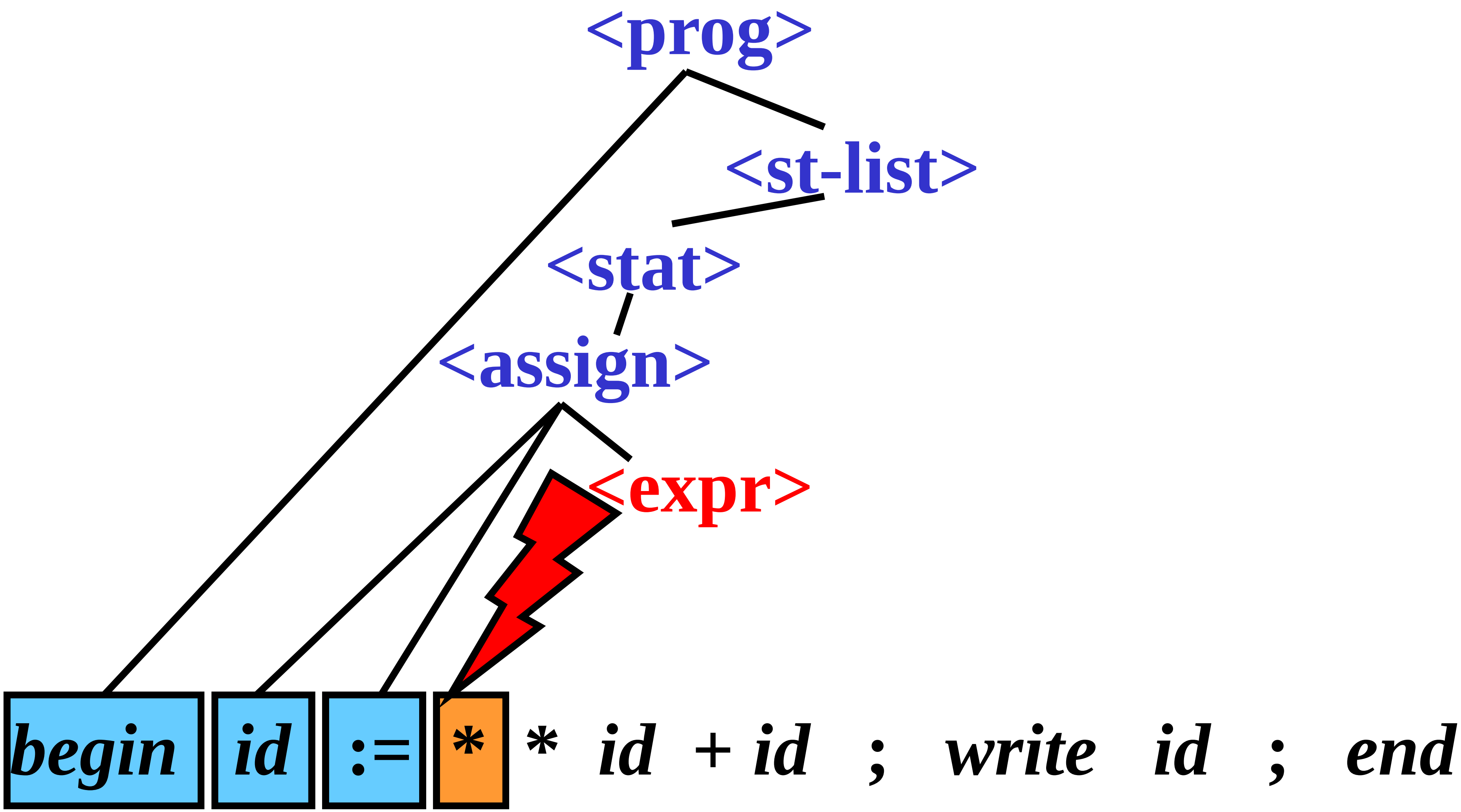
  until ***a*** v množině ***Context***(***A***)
- **if** ***a*** ∈ *First*(***A***) **then** ponech symbol ***A*** na zásobníku

  else odstraň ***A*** ze zásobníku**;** // ***a*** ∈ *Follow*(***A***)

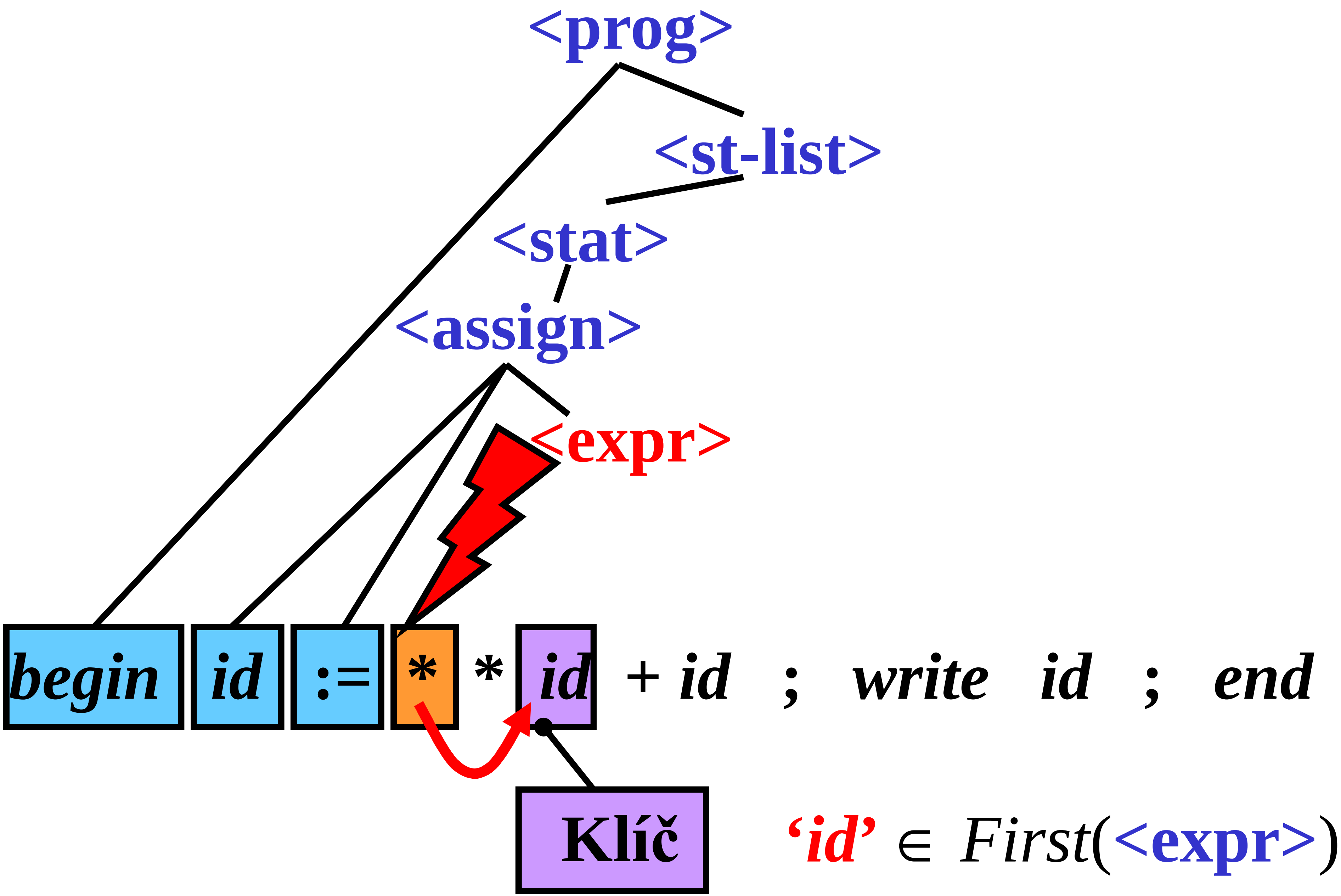
Varianta II: Příklad



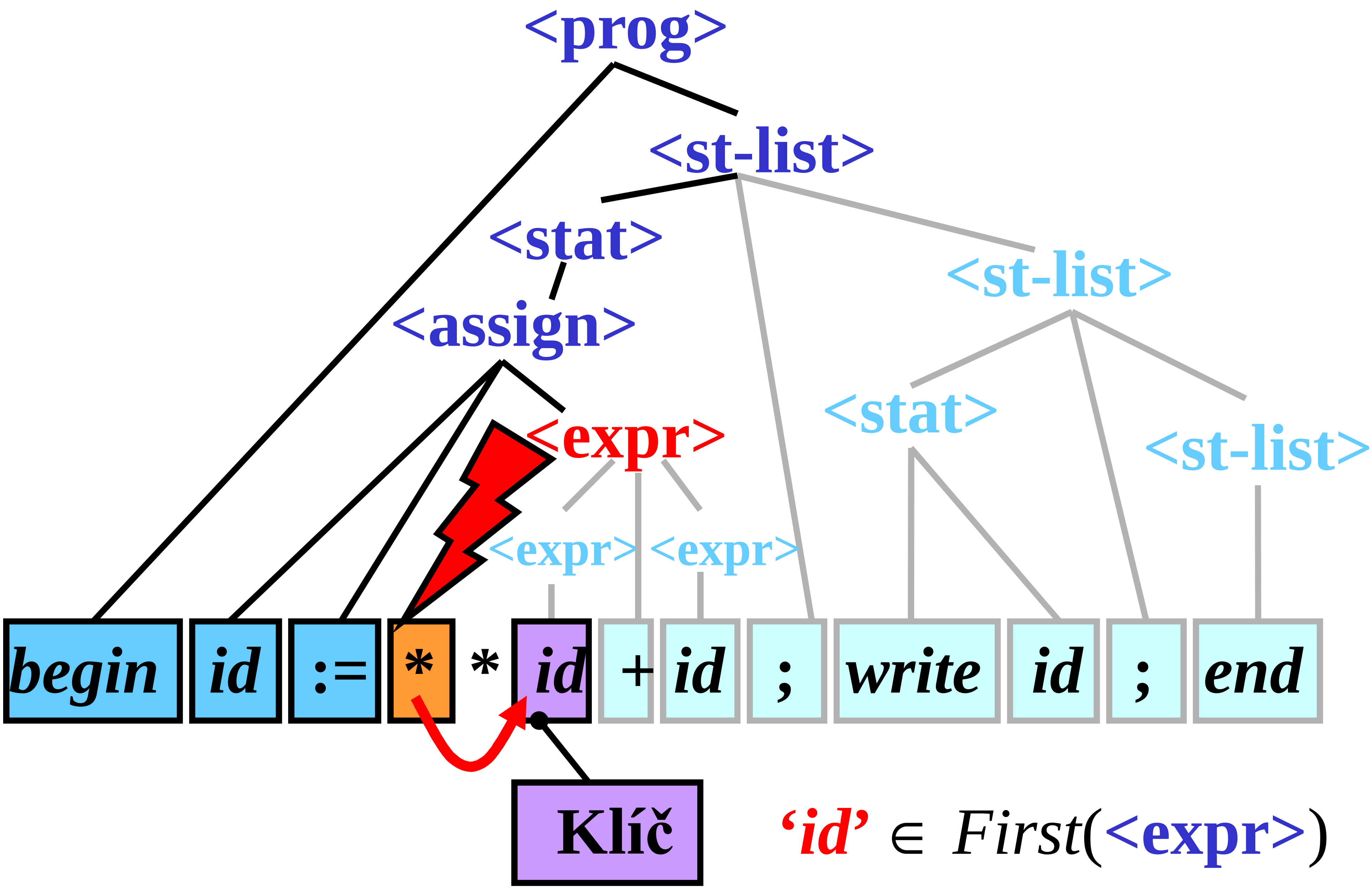
Varianta II: Příklad



Varianta II: Příklad



Varianta II: Příklad



‘id’ ∈ *First*(**<expr>**)