

# $LR(k)$ překlady

## Zpracování silných $LR(k)$ gramatik

Šárka Vavrečková

Ústav informatiky, FPF SU Opava  
`sarka.vavreckova@fpf.slu.cz`

Poslední aktualizace: 5. listopadu 2024

# Překladový automat pro silnou $LR$ gramatiku

## Princip

- na vstupu je terminální řetězec
- ve zpracovávaném řetězci hledáme pravé strany pravidel, redukuje je na levé (tj. na přepisované neterminály)
- použitelné operace:
  - 1 *reduce*( $i$ ) – redukce podle  $i$ -tého pravidla
  - 2 *push* – do zásobníku vloží jeden symbol ze vstupu
  - 3 *accept* – akceptování vstupu, sestrojili jsme pravý rozklad reprezentující derivační strom, vstup je celý zpracovaný a zásobník prázdný
  - 4 *error* (resp. prázdná buňka tabulky) – syntaktická chyba

## Definice (Překladový automat pro silnou $LR(k)$ gramatiku)

*Překladový automat pro silnou  $LR(k)$  (rozšířenou) gramatiku  $G = (N, T, P, S)$  je zásobníkový automat s jediným stavem, rozšířený o výstupní pásku a definovaný dále popsanou rozkladovou tabulkou.*

*Konfigurace překladového automatu má tvar  $(\alpha, \beta, \gamma)$ , kde  $\alpha$  je nepřechtená část vstupní pásky,  $\beta$  je obsah zásobníku a  $\gamma$  je obsah výstupní pásky. Počáteční konfigurace má tvar  $(w, \#, \varepsilon)$ , kde  $w$  je vstupní řetězec a  $\#$  symbol konce zásobníku.*

*Rozkladová tabulka automatu pro silnou  $LR(k)$  gramatiku je zobrazení*

$M : (T \cup N \cup \{\#\}) \times (T \cup \{\$\})^k \mapsto \{\text{reduce}(1), \dots, \text{reduce}(n), \text{push}, \text{accept}, \text{error}\},$

*kde jednotlivé funkční hodnoty mají tento význam:*

## Definice (Překladový automat pro silnou $LR(k)$ gramatiku)

- *reduce*( $i$ ),  $1 \leq i \leq n$ : Je-li  $A \rightarrow \alpha$   $i$ -té pravidlo gramatiky, na vrcholu zásobníku je řetězec  $\alpha$ , na vstupu symbol  $x$ , provede automat změnu konfigurace  $(x\sigma, \alpha\phi\#, \gamma) \vdash (x\sigma, A\phi\#, \gamma i)$ , tedy v zásobníku nahradí řetězec  $\alpha$  levou stranou pravidla  $A \rightarrow \alpha$  a na výstupní pásku přepíše číslo  $i$ .
- *push*: Automat vloží symbol ze vstupu do zásobníku, načte další symbol ze vstupu, tedy je-li na vstupu symbol  $x$ , provede změnu konfigurace  $(x\sigma, \phi, \gamma) \vdash (\sigma, x\phi, \gamma)$ .
- *accept*: K přijetí vstupu dojde, pokud je v zásobníku pouze startovací symbol gramatiky a vstup je celý přečtený. Na výstupní pásce je pravý rozklad vstupní věty.
- *error*: Syntaktická chyba.

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

		$T^k$			
		$u$	$v$		$\$$
$N$	$S$	$\vdots$	$\vdots$		$acc$
	$y$	$\dots$	$\vdots$	$\dots$	$push$
	$x$	$\dots$	$r(i)$	$\vdots$	
$T$	$x$	$\dots$	$r(i)$	$\vdots$	
	$y$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$push$
	$\#$				

$i$ -té pravidlo gramatiky:

$$A \rightarrow \alpha x \quad \Bigg| \quad A \rightarrow \varepsilon$$

$$x \in (N \cup T) \quad \Bigg| \quad x \in \text{BEFORE}(A)$$

$$u \in \text{FOLLOW}_k(A)$$

$$B \rightarrow \beta y \gamma$$

$$v \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$$

		<b>Vstup</b>	
<b>Zásobník</b>	Akce:		
		• <i>reduce</i>	• <i>accept</i>
		• <i>push</i>	• <i>error</i>

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $\text{BEFORE}(X)$  a  $\text{FOLLOW}_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $\text{EFF}_k$ .
- 3 Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  ( $i$ -té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$   
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  ( $i$ -té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in \text{BEFORE}(A)$  a řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$   
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$   
$$F(X, u) = \text{push},$$
  - $F(S, \$) = \text{accept},$
  - jinak  $F(X, u) = \text{error}.$

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $BEFORE(X)$  a  $FOLLOW_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $EFF_k$ .
- 3 Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  ( $i$ -té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in FOLLOW_k(A)$   
$$F(X, u) = reduce(i),$$
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  ( $i$ -té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in BEFORE(A)$  a řetězce  $u \in FOLLOW_k(A)$   
$$F(X, u) = reduce(i),$$
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in EFF_k(\gamma \cdot FOLLOW_k(B))$   
$$F(X, u) = push,$$
  - $F(S, \$) = accept,$
  - jinak  $F(X, u) = error.$

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $\text{BEFORE}(X)$  a  $\text{FOLLOW}_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $\text{EFF}_k$ .
- 3 **Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):**
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  ( $i$ -té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$   
 $F(X, u) = \text{reduce}(i)$ ,
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  ( $i$ -té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in \text{BEFORE}(A)$  a řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$   
 $F(X, u) = \text{reduce}(i)$ ,
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$   
 $F(X, u) = \text{push}$ ,
  - $F(S, \$) = \text{accept}$ ,
  - jinak  
 $F(X, u) = \text{error}$ .



# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $\text{BEFORE}(X)$  a  $\text{FOLLOW}_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $\text{EFF}_k$ .
- 3 Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$   
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in \text{BEFORE}(A)$  a řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$   
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$   
$$F(X, u) = \text{push},$$
  - $$F(S, \$) = \text{accept},$$
  - jinak  
$$F(X, u) = \text{error}.$$

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $\text{BEFORE}(X)$  a  $\text{FOLLOW}_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $\text{EFF}_k$ .
- 3 Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in \text{BEFORE}(A)$  a řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$ 
$$F(X, u) = \text{push},$$
  - $F(S, \$) = \text{accept},$
  - jinak  $F(X, u) = \text{error}.$

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $\text{BEFORE}(X)$  a  $\text{FOLLOW}_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $\text{EFF}_k$ .
- 3 Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in \text{BEFORE}(A)$  a řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$ 
$$F(X, u) = \text{push},$$
  - $F(S, \$) = \text{accept},$
  - jinak  $F(X, u) = \text{error}.$

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $\text{BEFORE}(X)$  a  $\text{FOLLOW}_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $\text{EFF}_k$ .
- 3 Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in \text{BEFORE}(A)$  a řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$ 
$$F(X, u) = \text{push},$$
  - $F(S, \$) = \text{accept},$
  - jinak  $F(X, u) = \text{error}.$

# Rozkladová tabulka pro silnou $LR(k)$ gramatiku

## Postup vytvoření

- 1 Ke gramatice  $G$  vytvoříme rozšířenou gramatiku  $G' = (N \cup \{S'\}, T \cup \{\#\}, P \cup \{S' \rightarrow \#S\}, S')$ .
- 2 Vypočteme množiny  $\text{BEFORE}(X)$  a  $\text{FOLLOW}_k(X)$  pro všechny neterminály gramatiky, podle potřeby  $\text{EFF}_k$ .
- 3 Tvoříme obsah tabulky  $F$  (řádek, sloupec):
  - pro každé  $A \rightarrow \alpha X$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $A \rightarrow \varepsilon$  (i-té) pravidlo gramatiky, pro všechny symboly  $X \in \text{BEFORE}(A)$  a řetězce  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
$$F(X, u) = \text{reduce}(i),$$
  - pro každé  $B \rightarrow \beta X \gamma$ ,  $\gamma \neq \varepsilon$ ,  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$ 
$$F(X, u) = \text{push},$$
  - $$F(S, \$) = \text{accept},$$
  - jinak 
$$F(X, u) = \text{error}.$$

## Gramatika

$$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow Ab \mid c$$

$$B \rightarrow Bd \mid m$$

$$S' \rightarrow \#S$$

$$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow Ab \mid c$$

$$B \rightarrow Bd \mid m$$

①

①,②

③,④

⑤,⑥

$$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$$

$$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$$

$$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$$

$$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$$

$$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$$

$$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$$

$$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$$

$$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$$

## Gramatika

$$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow Ab \mid c$$

$$B \rightarrow Bd \mid m$$

$$S' \rightarrow \#S$$

$$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow Ab \mid c$$

$$B \rightarrow Bd \mid m$$

①

①,②

③,④

⑤,⑥

$$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$$

$$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$$

$$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$$

$$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$$

$$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$$

$$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$$

$$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$$

$$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$$

## Gramatika

$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	$S' \rightarrow \#S$	①	$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$
$A \rightarrow Ab \mid c$	$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	①,②	$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$
$B \rightarrow Bd \mid m$	$A \rightarrow Ab \mid c$	③,④	$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$	$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$
	$B \rightarrow Bd \mid m$	⑤,⑥	$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$	$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$

① (a)  $S \rightarrow aABc, A \rightarrow c$

(b) **Není co testovat.**

(c) **Není co testovat.**

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$$

② (a) **Není co testovat.**

(b)  $S \rightarrow \varepsilon, S' \rightarrow \#S$

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{EFF}(S \cdot \text{FOLLOW}(S')) = \emptyset$$

(c)  $S \rightarrow \varepsilon, S' \rightarrow \#S$

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{EFF}(\#S \cdot \text{FOLLOW}(S')) = \emptyset$$

$S \rightarrow \varepsilon, S \rightarrow aABc$

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{EFF}(aABc \cdot \text{FOLLOW}(S)) = \emptyset$$



## Gramatika

$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	$S' \rightarrow \#S$	①	$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$
$A \rightarrow Ab \mid c$	$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	①,②	$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$
$B \rightarrow Bd \mid m$	$A \rightarrow Ab \mid c$	③,④	$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$	$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$
	$B \rightarrow Bd \mid m$	⑤,⑥	$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$	$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$

① (a)  $S \rightarrow aABc, A \rightarrow c$

(b) **Není co testovat.**

(c) **Není co testovat.**

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$$

② (a) **Není co testovat.**

(b)  $S \rightarrow \varepsilon, S' \rightarrow \#S$

(c)  $S \rightarrow \varepsilon, S' \rightarrow \#S$

$S \rightarrow \varepsilon, S \rightarrow aABc$

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{EFF}(S \cdot \text{FOLLOW}(S')) = \emptyset$$

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{EFF}(\#S \cdot \text{FOLLOW}(S')) = \emptyset$$

$$\text{FOLLOW}(S) \cap \text{EFF}(aABc \cdot \text{FOLLOW}(S)) = \emptyset$$

## Gramatika

$S' \rightarrow \#S$	①	$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$
$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	①,②	$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$
$A \rightarrow Ab \mid c$	③,④	$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$	$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$
$B \rightarrow Bd \mid m$	⑤,⑥	$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$	$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	<i>\$</i>
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						<i>r0</i>
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		<i>r3</i>			<i>r3</i>	
<i>c</i>		<i>r4</i>			<i>r4</i>	<i>r1</i>
<i>d</i>			<i>r5</i>	<i>r5</i>		
<i>m</i>			<i>r6</i>	<i>r6</i>		
<i>#</i>	<i>push</i>					<i>r2</i>

$$A \rightarrow \alpha X \quad \textcircled{i}$$

$$u \in \text{FOLLOW}_k(A)$$

$$F(X, u) = \text{reduce}(i)$$

$$A \rightarrow \varepsilon \quad \textcircled{i}$$

$$X \in \text{BEFORE}(A)$$

$$u \in \text{FOLLOW}_k(A)$$

$$F(X, u) = \text{reduce}(i)$$

$$B \rightarrow \beta X \gamma$$

$$\gamma \neq \varepsilon$$

$$u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$$

$$F(X, u) = \text{push}$$

$$F(S, \$) = \text{accept}$$

## Gramatika

$S' \rightarrow \#S$	①	$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$
$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	①,②	$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$
$A \rightarrow Ab \mid c$	③,④	$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$	$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$
$B \rightarrow Bd \mid m$	⑤,⑥	$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$	$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	<i>\$</i>
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						<b>r0</b>
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		<b>r3</b>			<b>r3</b>	
<i>c</i>		<b>r4</b>			<b>r4</b>	<b>r1</b>
<i>d</i>			<b>r5</b>	<b>r5</b>		
<i>m</i>			<b>r6</b>	<b>r6</b>		
<i>#</i>	<i>push</i>					<b>r2</b>

 $A \rightarrow \alpha X$  ① $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$  $F(X, u) = \text{reduce}(i)$  $A \rightarrow \varepsilon$  ① $X \in \text{BEFORE}(A)$  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$  $F(X, u) = \text{reduce}(i)$  $B \rightarrow \beta X \gamma$  $\gamma \neq \varepsilon$  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$  $F(X, u) = \text{push}$  $F(S, \$) = \text{accept}$

## Gramatika

$S' \rightarrow \#S$	①	$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$
$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	①,②	$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$
$A \rightarrow Ab \mid c$	③,④	$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$	$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$
$B \rightarrow Bd \mid m$	⑤,⑥	$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$	$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	<i>\$</i>
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						<i>r0</i>
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		<i>r3</i>			<i>r3</i>	
<i>c</i>		<i>r4</i>			<i>r4</i>	<i>r1</i>
<i>d</i>			<i>r5</i>	<i>r5</i>		
<i>m</i>			<i>r6</i>	<i>r6</i>		
<i>#</i>	<i>push</i>					<i>r2</i>

 $A \rightarrow \alpha X$  ①

 $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
 $F(X, u) = \text{reduce}(i)$ 
 $A \rightarrow \varepsilon$  ①

 $X \in \text{BEFORE}(A)$ 
 $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
 $F(X, u) = \text{reduce}(i)$ 
 $B \rightarrow \beta X \gamma$ 
 $\gamma \neq \varepsilon$ 
 $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$ 
 $F(X, u) = \text{push}$ 
 $F(S, \$) = \text{accept}$

## Gramatika

$S' \rightarrow \#S$	①	$\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$
$S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$	①,②	$\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$	$\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$
$A \rightarrow Ab \mid c$	③,④	$\text{BEFORE}(A) = \{a\}$	$\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$
$B \rightarrow Bd \mid m$	⑤,⑥	$\text{BEFORE}(B) = \{A\}$	$\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	$\$$
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						<b>r0</b>
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		<b>r3</b>			<b>r3</b>	
<i>c</i>		<b>r4</b>			<b>r4</b>	<b>r1</b>
<i>d</i>			<b>r5</b>	<b>r5</b>		
<i>m</i>			<b>r6</b>	<b>r6</b>		
$\#$	<i>push</i>					<b>r2</b>

 $A \rightarrow \alpha X \quad \textcircled{i}$ 
 $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
 $F(X, u) = \text{reduce}(i)$ 
 $A \rightarrow \varepsilon \quad \textcircled{i}$ 
 $X \in \text{BEFORE}(A)$ 
 $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$ 
 $F(X, u) = \text{reduce}(i)$ 
 $B \rightarrow \beta X \gamma$ 
 $\gamma \neq \varepsilon$ 
 $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$ 
 $F(X, u) = \text{push}$ 
 $F(S, \$) = \text{accept}$

## Gramatika

 $S' \rightarrow \#S$ 

①

 $\text{BEFORE}(S') = \{\#\}$  $\text{FOLLOW}(S') = \{\$\}$  $S \rightarrow aABc \mid \varepsilon$ 

①,②

 $\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$  $\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$  $A \rightarrow Ab \mid c$ 

③,④

 $\text{BEFORE}(A) = \{a\}$  $\text{FOLLOW}(A) = \{m, b\}$  $B \rightarrow Bd \mid m$ 

⑤,⑥

 $\text{BEFORE}(B) = \{A\}$  $\text{FOLLOW}(B) = \{c, d\}$ 

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	$\$$
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						<i>r0</i>
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		<i>r3</i>			<i>r3</i>	
<i>c</i>		<i>r4</i>			<i>r4</i>	<i>r1</i>
<i>d</i>			<i>r5</i>	<i>r5</i>		
<i>m</i>			<i>r6</i>	<i>r6</i>		
$\#$	<i>push</i>					<i>r2</i>

 $A \rightarrow \alpha X$  ① $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$  $F(X, u) = \text{reduce}(i)$  $A \rightarrow \varepsilon$  ① $X \in \text{BEFORE}(A)$  $u \in \text{FOLLOW}_k(A)$  $F(X, u) = \text{reduce}(i)$  $B \rightarrow \beta X \gamma$  $\gamma \neq \varepsilon$  $u \in \text{EFF}_k(\gamma \cdot \text{FOLLOW}_k(B))$  $F(X, u) = \text{push}$  $F(S, \$) = \text{accept}$

## Zpracování vstupu podle tabulky

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	\$
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						r0
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		r3			r3	
<i>c</i>		r4			r4	r1
<i>d</i>			r5	r5		
<i>m</i>			r6	r6		
#	<i>push</i>					r2

Gramatika:

$$S' \xrightarrow{0} S \xrightarrow{2} \varepsilon$$

Automat:

$$(\$ , \# , \varepsilon) \vdash (\$ , \#S , 2) \vdash (\$ , S' , 2, 0)$$

## Zpracování vstupu podle tabulky

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	\$
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						r0
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		r3			r3	
<i>c</i>		r4			r4	r1
<i>d</i>			r5	r5		
<i>m</i>			r6	r6		
#	<i>push</i>					r2

Gramatika:

$$S' \xRightarrow{0} S \xRightarrow{1} aABc \xRightarrow{5} aABdc \xRightarrow{6} aAmdc \xRightarrow{4} acmdc$$

Automat:

$$\begin{aligned}
 &(acmdc\$, \#, \varepsilon) \vdash (cmdc\$, \#a, \varepsilon) \vdash (mdc\$, \#ac, \varepsilon) \vdash (mdc\$, \#aA, 4) \vdash \\
 &\vdash (dc\$, \#aAm, 4) \vdash (dc\$, \#aAB, 4, 6) \vdash (c\$, \#aABd, 4, 6) \vdash \\
 &\vdash (c\$, \#aAB, 4, 6, 5) \vdash (\$, \#aABC, 4, 6, 5) \vdash (\$, \#S, 4, 6, 5, 1) \vdash (\$, S', 4, 6, 5, 1, 0)
 \end{aligned}$$



## Zpracování vstupu podle tabulky

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>m</i>	\$
<i>S'</i>						<i>acc</i>
<i>S</i>						r0
<i>A</i>		<i>push</i>			<i>push</i>	
<i>B</i>			<i>push</i>	<i>push</i>		
<i>a</i>			<i>push</i>			
<i>b</i>		r3			r3	
<i>c</i>		r4			r4	r1
<i>d</i>			r5	r5		
<i>m</i>			r6	r6		
#	<i>push</i>					r2

Odvození slova nepatřícího do jazyka rozpoznávaného automatem:

$(aba$, \#, \epsilon) \vdash (ba$, \#a, \epsilon) \vdash error$

## Příklad 2

 $S \rightarrow \#E$  ① $E \rightarrow AT$  ① $A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$  ②,③,④ $T \rightarrow BF$  ⑤ $B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$  ⑥,⑦,⑧ $F \rightarrow n \mid i \mid (E)$  ⑨,⑩,⑪ $\text{FOLLOW}(S) = \{\$\}$  $\text{FOLLOW}(E) = \{+, -, ), \$\}$  $\text{FOLLOW}(A) = \{n, i, (\}$  $\text{FOLLOW}(T) = \{*, /, +, -, ), \$\}$  $\text{FOLLOW}(B) = \{n, i, (\}$  $\text{FOLLOW}(F) = \{*, /, +, -, ), \$\}$  $\text{EFF}(+ \cdot \text{FOLLOW}(A)) = \{+\}$  $\text{EFF}(- \cdot \text{FOLLOW}(A)) = \{-\}$  $\text{EFF}(\cdot \text{FOLLOW}(F)) = \{)\}$  $\text{EFF}(* \cdot \text{FOLLOW}(B)) = \{*\}$  $\text{EFF}(/ \cdot \text{FOLLOW}(B)) = \{/}$  $\text{BEFORE}(S) = \{\#\}$  $\text{BEFORE}(E) = \{(\, \#\}$  $\text{BEFORE}(A) = \{(\, \#\}$  $\text{BEFORE}(T) = \{A\}$  $\text{BEFORE}(B) = \{A\}$  $\text{BEFORE}(F) = \{B\}$  $\text{EFF}(E \cdot \text{FOLLOW}(S)) = \emptyset$  $\text{EFF}(E) \cdot \text{FOLLOW}(F) = \emptyset$  $\text{EFF}(T \cdot \text{FOLLOW}(E)) = \emptyset$  $\text{EFF}(F \cdot \text{FOLLOW}(T)) = \{n, i, (\}$

$S \rightarrow \#E$

$E \rightarrow AT$

$A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$

$T \rightarrow BF$

$B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$

$F \rightarrow n \mid i \mid (E)$

① FOLLOW(S) = { \$ }

① FOLLOW(E) = { +, -, ) , \$ }

②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }

⑤ FOLLOW(T) = { \*, /, +, -, ) , \$ }

⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }

⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { \*, /, +, -, ) , \$ }

BEFORE(S) = { # }

BEFORE(E) = { (, # }

BEFORE(A) = { (, # }

BEFORE(T) = { A }

BEFORE(B) = { A }

BEFORE(F) = { B }

	n	i	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

$S \rightarrow \#E$   
 $E \rightarrow AT$   
 $A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$   
 $T \rightarrow BF$   
 $B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$   
 $F \rightarrow n \mid i \mid (E)$

- ① FOLLOW(S) = { \$ }
- ① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }
- ②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }
- ⑤ FOLLOW(T) = { \*, /, +, -, ), \$ }
- ⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }
- ⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { \*, /, +, -, ), \$ }

BEFORE(S) = { # }  
 BEFORE(E) = { (, # }  
 BEFORE(A) = { (, # }  
 BEFORE(T) = { A }  
 BEFORE(B) = { A }  
 BEFORE(F) = { B }

	n	i	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

$S \rightarrow \#E$   
 $E \rightarrow AT$   
 $A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$   
 $T \rightarrow BF$   
 $B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$   
 $F \rightarrow n \mid i \mid (E)$

- ① FOLLOW(S) = { \$ }
- ① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }
- ②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }
- ⑤ FOLLOW(T) = { \*, /, +, -, ), \$ }
- ⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }
- ⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { \*, /, +, -, ), \$ }

BEFORE(S) = { # }  
 BEFORE(E) = { (, # }  
 BEFORE(A) = { (, # }  
 BEFORE(T) = { A }  
 BEFORE(B) = { A }  
 BEFORE(F) = { B }

	<i>n</i>	<i>i</i>	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

$S \rightarrow \#E$   
 $E \rightarrow AT$   
 $A \rightarrow E+ \mid E- \mid \epsilon$   
 $T \rightarrow BF$   
 $B \rightarrow T* \mid T/ \mid \epsilon$   
 $F \rightarrow n \mid i \mid (E)$

- ① FOLLOW(S) = { \$ }
- ① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }
- ②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, }
- ⑤ FOLLOW(T) = { \*, /, +, -, ), \$ }
- ⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, }
- ⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { \*, /, +, -, ), \$ }

BEFORE(S) = { # }  
 BEFORE(E) = { (, # }  
 BEFORE(A) = { (, # }  
 BEFORE(T) = { A }  
 BEFORE(B) = { A }  
 BEFORE(F) = { B }

	<i>n</i>	<i>i</i>	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

$S \rightarrow \#E$   
 $E \rightarrow AT$   
 $A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$   
 $T \rightarrow BF$   
 $B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$   
 $F \rightarrow n \mid i \mid (E)$

- ① FOLLOW(S) = { \$ }
- ① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }
- ②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }
- ⑤ FOLLOW(T) = { \*, /, +, -, ), \$ }
- ⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }
- ⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { \*, /, +, -, ), \$ }

BEFORE(S) = { # }  
 BEFORE(E) = { (, # }  
 BEFORE(A) = { (, # }  
 BEFORE(T) = { A }  
 BEFORE(B) = { A }  
 BEFORE(F) = { B }

	<i>n</i>	<i>i</i>	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

$S \rightarrow \#E$	① FOLLOW(S) = { \$ }	BEFORE(S) = { # }
$E \rightarrow AT$	① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }	BEFORE(E) = { (, # }
$A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$	②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }	BEFORE(A) = { (, # }
$T \rightarrow BF$	⑤ FOLLOW(T) = { *, /, +, -, ), \$ }	BEFORE(T) = { A }
$B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$	⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }	BEFORE(B) = { A }
$F \rightarrow n \mid i \mid (E)$	⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { *, /, +, -, ), \$ }	BEFORE(F) = { B }

	<i>n</i>	<i>i</i>	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		



$S \rightarrow \#E$   
 $E \rightarrow AT$   
 $A \rightarrow E+ \mid E- \mid \epsilon$   
 $T \rightarrow BF$   
 $B \rightarrow T* \mid T/ \mid \epsilon$   
 $F \rightarrow n \mid i \mid (E)$

- ① FOLLOW(S) = { \$ }
- ① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }
- ②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }
- ⑤ FOLLOW(T) = { \*, /, +, -, ), \$ }
- ⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }
- ⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { \*, /, +, -, ), \$ }

BEFORE(S) = { # }  
 BEFORE(E) = { (, # }  
 BEFORE(A) = { (, # }  
 BEFORE(T) = { A }  
 BEFORE(B) = { A }  
 BEFORE(F) = { B }

	<i>n</i>	<i>i</i>	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

$S \rightarrow \#E$	① FOLLOW(S) = { \$ }	BEFORE(S) = { # }
$E \rightarrow AT$	① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }	BEFORE(E) = { (, # }
$A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$	②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }	BEFORE(A) = { (, # }
$T \rightarrow BF$	⑤ FOLLOW(T) = { *, /, +, -, ), \$ }	BEFORE(T) = { A }
$B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$	⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }	BEFORE(B) = { A }
$F \rightarrow n \mid i \mid (E)$	⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { *, /, +, -, ), \$ }	BEFORE(F) = { B }

	n	i	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

$S \rightarrow \#E$   
 $E \rightarrow AT$   
 $A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$   
 $T \rightarrow BF$   
 $B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$   
 $F \rightarrow n \mid i \mid (E)$

- ① FOLLOW(S) = { \$ }
- ① FOLLOW(E) = { +, -, ), \$ }
- ②,③,④ FOLLOW(A) = { n, i, ( }
- ⑤ FOLLOW(T) = { \*, /, +, -, ), \$ }
- ⑥,⑦,⑧ FOLLOW(B) = { n, i, ( }
- ⑨,⑩,⑪ FOLLOW(F) = { \*, /, +, -, ), \$ }

BEFORE(S) = { # }  
 BEFORE(E) = { (, # }  
 BEFORE(A) = { (, # }  
 BEFORE(T) = { A }  
 BEFORE(B) = { A }  
 BEFORE(F) = { B }

	n	i	+	-	*	/	(	)	\$
S									acc
E			push	push				push	r0
A	r8	r8					r8		
T			r1	r1	push	push		r1	r1
B	push	push					push		
F			r5	r5	r5	r5		r5	r5
n			r9	r9	r9	r9		r9	r9
i			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
-	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

	$n$	$i$	$+$	$-$	$*$	$/$	$($	$)$	$\$$
$S$									<i>acc</i>
$E$			<i>push</i>	<i>push</i>				<i>push</i>	$r0$
$A$	$r8$	$r8$					$r8$		
$T$			$r1$	$r1$	<i>push</i>	<i>push</i>		$r1$	$r1$
$B$	<i>push</i>	<i>push</i>					<i>push</i>		
$F$			$r5$	$r5$	$r5$	$r5$		$r5$	$r5$
$n$			$r9$	$r9$	$r9$	$r9$		$r9$	$r9$
$i$			$r10$	$r10$	$r10$	$r10$		$r10$	$r10$
$+$	$r2$	$r2$					$r2$		
$-$	$r3$	$r3$					$r3$		
$*$	$r6$	$r6$					$r6$		
$/$	$r7$	$r7$					$r7$		
$($	$r4$	$r4$					$r4$		
$)$			$r11$	$r11$	$r11$	$r11$		$r11$	$r11$
$\#$	$r4$	$r4$					$r4$		

$(n + i * n\$, \#, \varepsilon) \vdash (n + i * n\$, \#A, 4) \vdash (n + i * n\$, \#AB, 4, 8) \vdash (+i * n\$, \#ABn, 4, 8) \vdash$   
 $\vdash (+i * n\$, \#ABF, 4, 8, 9) \vdash (+i * n\$, \#AT, 4, 8, 9, 5) \vdash (+i * n\$, \#E, 4, 8, 9, 5, 1) \vdash$   
 $\vdash (i * n\$, \#E+, 4, 8, 9, 5, 1) \vdash (i * n\$, \#A, 4, 8, 9, 5, 1, 2) \vdash (i * n\$, \#AB, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8) \vdash$   
 $\vdash (*n\$, \#ABi, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8) \vdash (*n\$, \#ABF, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8, 10) \vdash (*n\$, \#AT, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8, 10, 5) \vdash$   
 $\vdash (n\$, \#AT*, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8, 10, 5) \vdash (n\$, \#AB, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8, 10, 5) \vdash (\$, \#ABn, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8, 10, 5) \vdash$   
 $\vdash (\$, \#E, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8, 10, 5, 1) \vdash (\$, S, 4, 8, 9, 5, 1, 2, 8, 10, 5, 1, 0) \vdash \text{accept}$

# Implementace přepisem rozkladové tabulky

## Průběh analýzy

- 1 Používáme zásobník.
- 2 Zavoláme funkci `lex()` („přednačteme“ jeden symbol), typ a atribut symbolu uložíme do globální proměnné typu `TSymbol`.
- 3 V cyklu jsou volány funkce redukce pravidel v zásobníku a vkládání terminálů ze vstupu do zásobníku.
- 4 Pokud v derivaci nelze dále pokračovat tak, aby byl vygenerován přesně takový řetězec, jaký je na vstupu  $\Rightarrow$  syntaktická chyba.

## Potřebujeme tyto funkce:

- `reduce (číslo_pravidla)` – pro  $A \rightarrow \alpha$  vyjme ze zásobníku  $\alpha$  a vloží  $A$ ) a na výstup přidá číslo pravidla,
- `push ()` vloží symbol ze vstupu do zásobníku a zavolá `lex ()`,
- `accept ()`,
- `error ()`,
- `Akce ()` v cyklu provádí tyto kroky:
  - 1 podle vrcholu zásobníku a symbolu na vstupu určí řádek a sloupec tabulky,
  - 2 podle obsahu buňky zavolá `reduce`, `push`, `accept` nebo `error` (prázdňá buňka),
- `Init ()` otevře potřebné soubory, inicializuje zásobník (vloží symbol `#` – `S_HASH`) a provede první volání `lex ()`,
- `Done ()` – úklid.

## Podle příkladu

$S \rightarrow \#E$	①	$T \rightarrow BF$	⑤
$E \rightarrow AT$	①	$B \rightarrow T* \mid T/ \mid \varepsilon$	⑥,⑦,⑧
$A \rightarrow E+ \mid E- \mid \varepsilon$	②,③,④	$F \rightarrow n \mid i \mid (E)$	⑨,⑩,⑪

```
enum TTypSymbolu { S_NOTHING, S_ENDOFFILE, S_LPAR, S_RPAR,  
    S_ID, S_NUM, S_IS, S_PLUS, S_MINUS, S_MUL, S_DIV,           // terminály  
    S_NS, S_NE, S_NA, S_NT, S_NB, S_NF, S_HASH };              // neterminály
```

```
struct TSymbol {  
    TTypSymbolu typ;  
    string atrib;  
};
```

```
struct TVstup {  
    char znak;  
    int cisloRad;  
    int pozice;  
    int konec;  
};
```

```
TSymbol symbol;  
TVstup vstup;  
bool konec;
```

```
TZasobnik zasobnik;  
TTypSymbolu vrchol_zas;
```

## Redukce v zásobníku

```
int reduce(int cislo_prav) {
    switch(cislo_prav) {
        case 0: Vyjmi_ze_zasobniku();           // E      S → #E
                Vyjmi_ze_zasobniku();           // #
                Pridej_do_zasobniku(S_NS);
                break;
        case 1: Vyjmi_ze_zasobniku();           // T      E → AT
                Vyjmi_ze_zasobniku();           // A
                Pridej_do_zasobniku(S_NE);
                break;
        case 2: Vyjmi_ze_zasobniku();           // +      A → E+
                Vyjmi_ze_zasobniku();           // E
                break;
        case 3: Vyjmi_ze_zasobniku();           // -      A → E-
                Vyjmi_ze_zasobniku();           // E
                Pridej_do_zasobniku(S_NA);
                break;
        case 4: Pridej_do_zasobniku(S_NA);      // A → ε
                break;
        ... // pro každé pravidlo gramatiky zredukujeme
            // v zásobníku pravou stranu pravidla na levou
    };
    vystup(cislo_prav);
};
```



## Ošetření chyb, zpracování terminálů a akceptování

```
void error(string hlaska) {
    konec = true;
    printf("Chyba při syntaktické analýze na řádce %d, sloupci %d: %s",
        vstup.cisloRad, vstup.pozice, hlaska);
}

int push() {
    Pridej_do_zasobniku(symbol.typ);
    lex();          // lexikální analyzátor načte další symbol
}

void accept() {
    konec = true;
}
```

## Inicializace, průběh a ukončení

```
void Init() {  
    ... // inicializace vstupu a výstupu  
    konec = false;  
    Vytvor_zasobnik();  
    Pridej_do_zasobniku(S_HASH); // symbol konce zásobníku  
    lex(); // načte symbol ze vstupu do symbol  
}
```

```
void Done() {  
    Zlikviduj_zasobnik(); // uvolní paměť zabranou zásobníkem  
    ... // uzavření vstupu a výstupu  
}
```

```
void Syntakticka_analyza() {  
    Init();  
    while(!konec)  
        Akce();  
    Done();  
}
```

## Řízení výpočtu

	<i>n</i>	<i>i</i>	+	−	*	/	(	)	\$
<i>S</i>									<i>acc</i>
<i>E</i>			<i>push</i>	<i>push</i>				<i>push</i>	r0
<i>A</i>	r8	r8					r8		
<i>T</i>			r1	r1	<i>push</i>	<i>push</i>		r1	r1
<i>B</i>	<i>push</i>	<i>push</i>					<i>push</i>		
<i>F</i>			r5	r5	r5	r5		r5	r5
<i>n</i>			r9	r9	r9	r9		r9	r9
<i>i</i>			r10	r10	r10	r10		r10	r10
+	r2	r2					r2		
−	r3	r3					r3		
*	r6	r6					r6		
/	r7	r7					r7		
(	r4	r4					r4		
)			r11	r11	r11	r11		r11	r11
#	r4	r4					r4		

# Řízení výpočtu

```
void Akce() {
    vrchol_zas = Nahledni_do_zasobniku();    // nebo vyjmem a zase vrátíme
    switch (vrchol_zas) {
        case S_NS: if (symbol.typ == S_ENDOFFILE)
                    accept();
                    else error("Chybný symbol na vstupu " + symbol.typ);
                    break;
        case S_NE: if (symbol.typ == S_PLUS || symbol.typ == S_MINUS || symbol.typ == S_RPAR)
                    push();
                    else if (symbol.typ == S_ENDOFFILE)
                        reduce(0);
                    else error("Chybný symbol na vstupu " + symbol.typ);
                    break;
        case S_NA: if (symbol.typ == S_ID || symbol.typ == S_NUM || symbol.typ == S_LPAR)
                    reduce(8);
                    else error("Chybný symbol na vstupu " + symbol.typ);
                    break;
        ...
        case S_LPAR:
        case S_HASH: if (symbol.typ == S_ID || symbol.typ == S_NUM || symbol.typ == S_LPAR)
                    reduce(4);
                    else error("Chybný symbol na vstupu " + symbol.typ);
                    break;
        ...
    };
}
```