

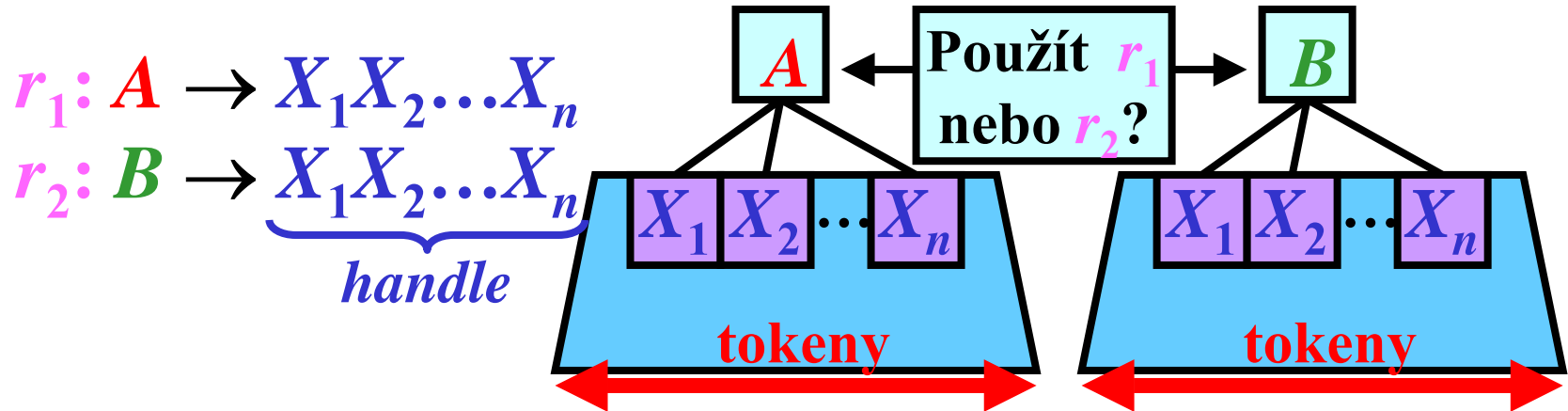
# **Kapitola IX.**

# **Syntaktická analýza**

# **zdola nahoru**

# SA zdola nahoru: Problémy

1) Dvě nebo více pravidel mají stejnou pravou stranu

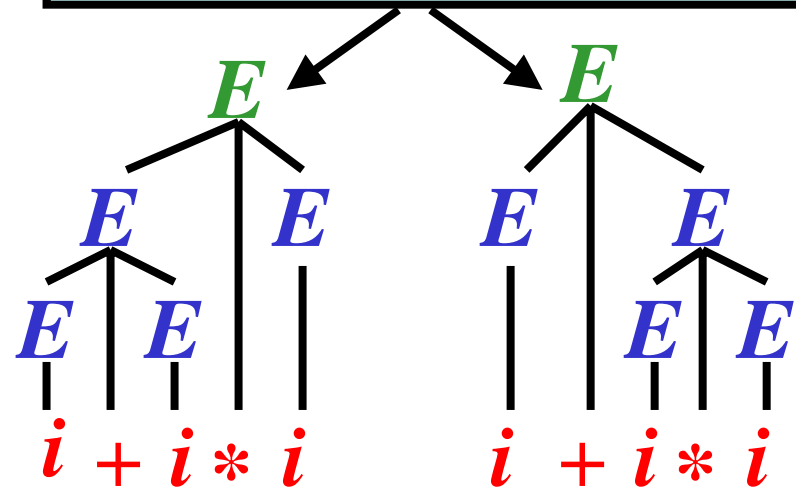


**Pozn.:** Pravá strana pravidla je označována slovem „*handle*“

2) Nejednoznačné gramatiky

Který ze stromů vytvořit?

$G_{expr2} = (N, T, P, E)$ , kde  
 $N = \{E\}$ ,  $T = \{i, +, *, (, )\}$ ,  
 $P = \{$   
 $1: E \rightarrow E+E,$   
 $2: E \rightarrow E * E,$   
 $3: E \rightarrow (E),$   
 $4: E \rightarrow i$   
 $\}$



# Syntaktické analyzátoři pracující zdola nahoru

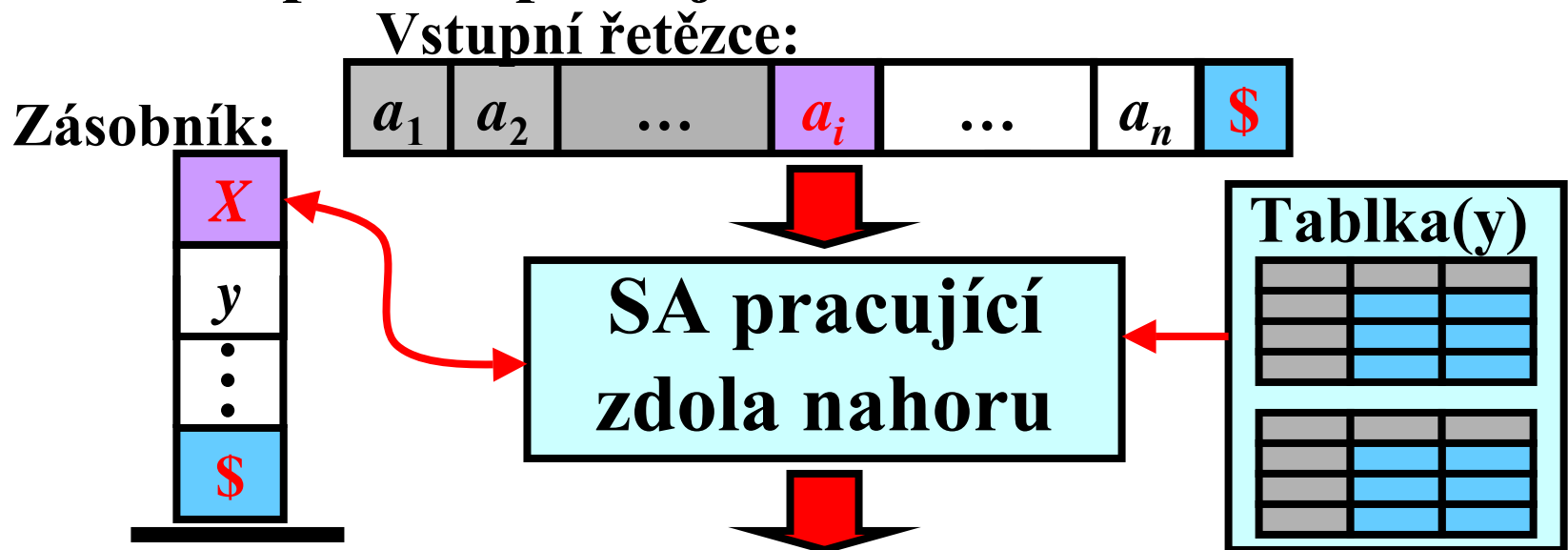
## 1) Precedenční syntaktický analyzátor

- nejslabší, ale jednoduše se implementuje

## 2) LR syntaktický analyzátor

- nejsilnější, ale složitý

- Model pro SA pracující zdola nahoru:



**Pravý rozbor** = **reverzovaná** posloupnost pravidel, která je použita v **nejpravější derivaci** pro vstupní řetězec.

# Precedenční SA

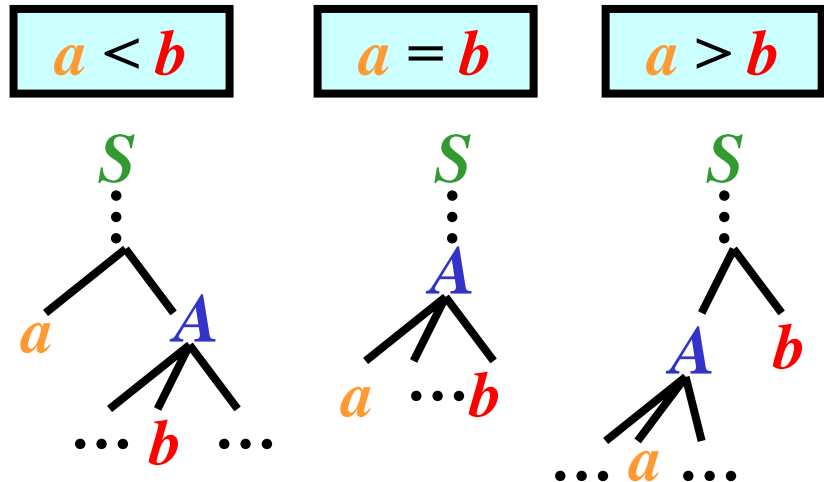
- Nesmí existovat více pravidel se stejnou pravou stranou
  - Gramatika nesmí obsahovat  $\varepsilon$ -pravidla.
- 
- Necht'  $G = (N, T, P, S)$  je BKG, kde  $T = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$

## Precedenční tabulka:

	$a_1$	...	$a_j$	...	$a_n$	\$
$a_1$						
...						
$a_i$						
...						
$a_n$						
\$						

Tabulka[ $a_i, a_j$ ]  $\in \{<, =, >, nic\}$

Ilustrace významu  $<, =, >$ :



# Precedenční SA: Algoritmus

- **Vstup:** Precedenční tabulka pro  $G = (N, T, P, S)$ ;  $x \in T^*$
  - **Výstup:** Právý rozbor  $x$ , pokud  $x \in L(G)$ , jinak chyba
- 
- **Metoda:**
    - vlož  $\$$  na zásobník;
    - repeat
      - necht'  $a$  = aktuální znak na vstupu,  
 $b$  = terminál na zásobníku nejbližší vrcholu
      - case Tabulka[ $b, a$ ] of:
        - = : push( $a$ ) & přečti další symbol  $a$  ze vstupu
        - < : zaměň  $b$  za  $b<$  na zásobníku & push( $a$ ) & přečti další symbol  $a$  ze vstupu
        - > : if  $<y$  je na vrcholu zásobníku and  $r: A \rightarrow y \in P$  then zaměň  $<y$  za  $A$  & vypiš  $r$  na výstup else **chyba**
        - **prázdné políčko : chyba**
    - until  $a = \$$  and  $b = \$$
  - **úspěch syntaktické analýzy**



# Precedenční SA: Příklad

	+	*	(	)	<i>i</i>	\$
+	>	<	<	>	<	>
*	>	>	<	>	<	>
(	<	<	<	=	<	
)	>	>		>		>
<i>i</i>	>	>		>		>
\$	<	<	<		<	

Vstupní řetězec:  $i + i * i \$$

Pushdown	Op	Vstup	Rule
\$	<	$i+i*i\$$	
$\$ < i$	>	$+i*i\$$	4: $E \rightarrow i$
$\$ E$	<	$+i*i\$$	
$\$ < E +$	<	$i*i\$$	
$\$ < E + < i$	>	$*i\$$	4: $E \rightarrow i$
$\$ < E + E$	<	$*i\$$	
$\$ < E + < E *$	<	$i\$$	
$\$ < E + < E * < i$	>	$\$$	4: $E \rightarrow i$
$\$ < E + < E * E$	>	$\$$	2: $E \rightarrow E * E$
$\$ < E + E$	>	$\$$	1: $E \rightarrow E + E$
$\$ E$		$\$$	

Pravidla:

1:  $E \rightarrow E + E$

2:  $E \rightarrow E * E$

3:  $E \rightarrow (E)$

4:  $E \rightarrow i$

Úspěch

Pravý rozbor: 44421

# Konstrukce precedenční tabulky 1/5

- Necht'  $G_{expr} = (N, T, P, E)$ , kde  $N = \{E\}$ ,
- $T = \{ (, ), id_1, id_2, \dots, id_m, op_1, op_2, \dots, op_n \}$ ,
- $P = \{ E \rightarrow (E), E \rightarrow id_1, E \rightarrow id_2, \dots, E \rightarrow id_m, E \rightarrow E op_1 E, E \rightarrow E op_2 E, \dots, E \rightarrow E op_n E \}$

Pozn.:  $id_1, id_2, \dots, id_m$  jsou identifikátory,

$op_1, op_2, \dots, op_n$  jsou rozdílné operátory

## 1) Precedence operátorů:

- Pokud  $op_i$  má vyšší prioritu než  $op_j$ , potom:

$$op_i > op_j \text{ a } op_j < op_i$$

**Příklad:** Precedenční tabulka odvozená z priority operátorů gramatiky  $G_{expr2}$ :

$$\begin{array}{l} * > + \\ + < * \end{array}$$



	+	*
+		<
*	>	



# Konstrukce precedenční tabulky 2/5

## 2) Asociativita:

Pozn.:

- $op_i$  je levě asociativní  $\Leftrightarrow a \ op_i \ b \ op_i \ c = (a \ op_i \ b) \ op_i \ c$
- $op_i$  je pravě asociativní  $\Leftrightarrow a \ op_i \ b \ op_i \ c = a \ op_i \ (b \ op_i \ c)$

- Necht'  $op_i$  a  $op_j$  mají stejnou prioritu

- Pokud  $op_i$  a  $op_j$  jsou levě asociativní potom:

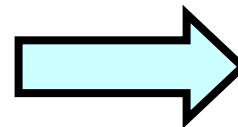
$$op_i > op_j \text{ a } op_j > op_i$$

- Pokud  $op_i$  a  $op_j$  jsou pravě asociativní potom:

$$op_i < op_j \text{ a } op_j < op_i$$

**Příklad:** Precedenční tabulka odvozená z asociativity operátorů gramatiky  $G_{expr2}$ :

**+** je levě asociativní  
**\*** je levě asociativní



	+	*
+	>	
*		>

# Konstrukce precedenční tabulky 3/5

## 3) Identifikátory:

- Pokud  $a \in T$  může být hned před  $id_i$ , pak:
- Pokud  $a \in T$  může být hned za  $id_i$ , pak:

$$a < id_i$$

$$id_i > a$$

**Příklad:** Část precedenční tabulka pro identifikátory:

$\$i * (i + i) * i$   
 $\downarrow \quad \downarrow \downarrow \downarrow \quad \downarrow$   
 $\$, (, +, *$  může být před  $i$

$i * (i + i) * i \$$   
 $\downarrow \quad \downarrow \downarrow \downarrow \quad \downarrow$   
 $*, +, ), \$$  může být za  $i$

	+	*	(	)	$i$	\$
+					<	
*					<	
(					<	
)						
$i$	>	>	>			>
\$					<	

# Konstrukce precedenční tabulky 4/5

## 4) Závorky:

- Pro jeden pár závorek platí:  $(=)$
- Necht'  $a \in T - \{), \$\}$ . Pak:  $(< a$
- Necht'  $a \in T - \{(\, \$\}$ . Pak:  $a > )$
- Necht'  $a \in T$  a  $a$  může být hned před  $($ . Pak:  $a < ($
- Necht'  $a \in T$  a  $a$  může být hned za  $)$ . Pak:  $) > a$

**Příklad:** Část precedenční tabulky pro závorky

$\$(i + ((i * (i + (i + i))))))$



$\$, (, *, +$  může být před  $($

$(((((i + i) + i) * i) + i)\$$



$+, *, ), \$$  může být za  $)$

	+	*	(	)	i	\$
+			<	>		
*			<	>		
(	<	<	<	=	<	
)	>	>		>		>
i				>		
\$			<			

# Konstrukce precedenční tabulky 5/5

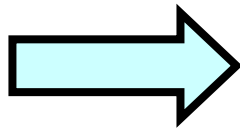
## 5) Ukončovač řetězce \$

- Necht'  $op_i$  je libovolný operátor:

$$\$ < op_i \text{ and } op_i > \$$$

**Příklad:** Část precedenční tabulky pro ukončovače:

\$	<	+
\$	<	*
+	>	\$
*	>	\$



	+	*	\$
+			>
*			>
\$	<	<	

**Celkově:**

	+	*	(	)	i	\$
+	>	<	<	>	<	>
*	>	>	<	>	<	>
(	<	<	<	=	<	
)	>	>		>		>
i	>	>		>		>
\$	<	<	<		<	

# LR syntaktický analyzátor

- Necht'  $G = (N, T, P, S)$  je BKG,  
kde  $N = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ,  $T = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$
- LR-syntaktický analyzátor je rozšířený zásobníkový automat  $M$  se stavy  $Q = \{q_0, q_1, \dots, q_k\}$ , kde  $q_0$  je počáteční stav.
- Činnost  $M$  je založena na LR tabulce, která má následující dvě části:
  - 1) **Akční část** (tabulka akcí)
  - 2) **Přechodová část** (tabulka přechodů)

# Akční část & přechodová část

Akční část:

$\alpha$	$a_1$	...	$a_j$	...	$a_p$	\$
$q_0$						
...						
$q_i$						
...						
$q_k$						

$\alpha[q_i, a_j] = 1, 2, 3$  nebo  $4$

- 1)  $sq$ :  $s = \text{shift}$ ,  $q \in Q$
- 2)  $rp$ :  $r = \text{redukce}$ ,  $p \in P$
- 3) ☺ : úspěch
- 4) **prázdné políčko**: chyba

Přechodová část:

$\beta$	$A_1$	...	$A_j$	...	$A_q$
$q_0$					
...					
$q_i$					
...					
$q_k$					

$\beta[q_i, A_j] = 1$  nebo  $2$

- 1)  $q$ :  $q \in Q$
- 2) **prázdné políčko**

# LR syntaktický analyzátor: Algoritmus

- **Vstup:** LR tabulka pro  $G=(N, T, P, S)$ ;  $x \in T^*$
  - **Výstup:** Právý rozbor  $x$ , pokud  $x \in L(G)$ , jinak chyba
- 
- **Metoda:**
  - Vlož  $\langle \$, q_0 \rangle$  na zásobník;  $stav := q_0$ ;
  - **repeat**
    - necht'  $a$  = aktuální znak na vstupu
    - case**  $\alpha[stav, a]$  **of:**
      - **sq:** push( $\langle a, q \rangle$ ) & přečti další symbol  $a$  ze vstupu &  $stav := q$ ;
      - **rp:** if  $p: A \rightarrow X_1X_2\dots X_n \in P$  and  $\langle ?, q \rangle \langle X_1, ? \rangle \langle X_2, ? \rangle \dots \langle X_n, ? \rangle$  je na vrcholu zás. then  $stav := \beta[q, A]$  & zaměň  $\langle X_1, ? \rangle \langle X_2, ? \rangle \dots \langle X_n, ? \rangle$  za  $\langle A, stav \rangle$  na zásobníku & zapiš  $r$  na výstup
      - else **chyba**
    - 😊: úspěch
    - **prázdné políčko: chyba**
  - until** úspěch **or** chyba



# LR syntaktický analyzátor: Příklad 1/2

$G_{expr1} = (N, T, P, E)$ , kde  $N = \{E, F, T\}$ ,  $T = \{i, +, *, (, )\}$ ,  
 $P = \{$ 
1:  $E \rightarrow E+T$ ,
2:  $E \rightarrow T$ ,
3:  $T \rightarrow T*F$ ,  
4:  $T \rightarrow F$ ,
5:  $F \rightarrow (E)$ ,
6:  $F \rightarrow i$ 
}

LR-tabulka pro  $G_{expr1}$ :

$\alpha$	$i$	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$
0	s5			s4		
1		s6				☺
2		r2	s7		r2	r2
3		r4	r4		r4	r4
4	s5			s4		
5		r6	r6		r6	r6
6	s5			s4		
7	s5			s4		
8		s6			s11	
9		r1	s7		r1	r1
10		r3	r3		r3	r3
11		r5	r5		r5	r5

Akční část  
pro  $G_{expr1}$

Přechodová  
část pro  $G_{expr1}$

$\beta$	$E$	$T$	$F$
0	1	2	3
1			
2			
3			
4	8	2	3
5			
6		9	3
7			10
8			
9			
10			
11			



# LR syntaktický analyzátor: Příklad 2/2

Pravidla: 1:  $E \rightarrow E+T$ , 2:  $E \rightarrow T$ , 3:  $T \rightarrow T*F$ ,  
 4:  $T \rightarrow F$ , 5:  $F \rightarrow (E)$ , 6:  $F \rightarrow i$

Vstupní řetězec:  $i * i \$$

Zásobník	St.	Vstup	Akce	Pravidlo
$\langle \$, 0 \rangle$	0	$i*i\$$	$\alpha[0, i] = s5$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle i, 5 \rangle$	5	$*i\$$	$\alpha[5, *] = r6$ $\beta[0, F] = 3$	6: $F \rightarrow i$
$\langle \$, 0 \rangle \langle F, 3 \rangle$	3	$*i\$$	$\alpha[3, *] = r4$ $\beta[0, T] = 2$	4: $T \rightarrow F$
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle$	2	$*i\$$	$\alpha[2, *] = s7$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle \langle *, 7 \rangle$	7	$i\$$	$\alpha[2, i] = s5$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle \langle *, 7 \rangle \langle i, 5 \rangle$	5	$\$$	$\alpha[5, \$] = r6$ $\beta[7, F] = 10$	6: $F \rightarrow i$
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle \langle *, 7 \rangle \langle F, 10 \rangle$	10	$\$$	$\alpha[10, \$] = r3$ $\beta[0, T] = 2$	3: $T \rightarrow T*F$
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle$	2	$\$$	$\alpha[2, \$] = r2$ $\beta[0, E] = 1$	2: $E \rightarrow T$
$\langle \$, 0 \rangle \langle E, 1 \rangle$	1	$\$$	$\alpha[1, \$] = \text{😊}$	Úspěch Pravý rozbor: 64632

# Konstrukce LR tabulky: Úvod

- Jeden algoritmus pro syntaktickou analýzu, ale spousta algoritmů pro konstrukci LR-tabulky.
- 

## Základní algoritmy pro konstrukci LR tabulky:

- 1) **Simple LR (SLR)**: nejslabší, ale jednoduchý a vytvoří málo stavů
  - 2) **Canonical LR**: více silný, ale vytvoří poměrně hodně stavů
  - 3) **Lookahead LR (LALR)**: nejlepší, protože nejsilnější a vytvoří stejný počet stavů jako SLR
-

# Rozšířená gramatika s „hloupým“ pravidlem

**Myšlenka: Gramatika se speciálním „startovacím pravidlem“**

**Definice:** Necht'  $G = (N, T, P, S)$  je BKG,  $S' \notin N$ .  
*Rozšířená gramatika* pro  $G$  je gramatika  
 $G' = (N \cup \{S'\}, T, P \cup \{S' \rightarrow S\}, S')$ .

**Proč hloupé pravidlo?** Až je použito pravidlo  $S' \rightarrow S$  a vstupní token je ukončovač řetězce, potom je syntaktická analýza úspěšně dokončena.

## Příklad:

$G_{expr1} = (N, T, P, E)$ , kde  $N = \{E, F, T\}$ ,  $T = \{i, +, *, (, )\}$ ,  
 $P = \{$ 

1: $E \rightarrow E+T$ ,	2: $E \rightarrow T$ ,	3: $T \rightarrow T*F$ ,
4: $T \rightarrow F$ ,	5: $F \rightarrow (E)$ ,	6: $F \rightarrow i$

 $\}$

**Rozšířená gramatika pro  $G_{expr1}$ :**

$G'_{expr1} = (N, T, P, E')$ , kde  $N = \{E', E, F, T\}$ ,  $T = \{i, +, *, (, )\}$ ,  
 $P = \{$ 

0: $E' \rightarrow E$ ,	1: $E \rightarrow E+T$ ,	2: $E \rightarrow T$ ,	3: $T \rightarrow T*F$ ,
4: $T \rightarrow F$ ,	5: $F \rightarrow (E)$ ,	6: $F \rightarrow i$	}

# Konstrukce LR tabulky: Položky

**Myšlenka: Položka je pravidlo s tečkou • na pravé straně pravidla.**

**Definice:** Necht'  $G = (N, T, P, S)$  je BKG,  $A \rightarrow x \in P$ ,  $x = yz$ . Potom  $A \rightarrow y \bullet z$  je *položka*.

**Příklad:** Uvažujme  $E \rightarrow E+T$

Všechny položky pro pravidlo  $E \rightarrow E+T$  jsou:  
 $E \rightarrow \bullet E+T$ ,  $E \rightarrow E \bullet +T$ ,  $E \rightarrow E+ \bullet T$ ,  $E \rightarrow E+T \bullet$

**Význam:**  $A \rightarrow y \bullet z$  říká, že pokud  $y$  se vyskytuje na zásobníku a prefix zbytku vstupního řetězce se dá postupně zredukovat na  $z$ , potom  $yz$  ( $= x$ ) může být zredukováno na  $A$  užitím pravidla  $A \rightarrow x$ .

# Uzávěr položek: Algoritmus

**Pozn.:** Uzávěr položky  $I$ ,  $Closure(I)$  je množina položek definována pomocí následujícího algoritmu:

- **Vstup:**  $G = (N, T, P, S)$ ; položka  $I$
- **Výstup:**  $Closure(I)$

---

## • Metoda:

- $Closure(I) := \{I\}$ ;
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit množinu  $Closure(I)$ :**
- **if  $A \rightarrow y \bullet B z \in Closure(I)$  and  $B \rightarrow x \in P$  then**  
přidej položku  $B \rightarrow \bullet x$  do  $Closure(I)$

# Uzávěr položek: Příklad 1/2

$G'_{\text{expr1}} = (N, T, P, E')$ , kde  $N = \{E', E, F, T\}$ ,  $T = \{i, +, *, (, )\}$ ,  
 $P = \{$ 

<b>0</b> : $E' \rightarrow E$ ,	<b>1</b> : $E \rightarrow E+T$ ,	<b>2</b> : $E \rightarrow T$ ,	<b>3</b> : $T \rightarrow T*F$ ,
<b>4</b> : $T \rightarrow F$ ,	<b>5</b> : $F \rightarrow (E)$ ,	<b>6</b> : $F \rightarrow i$	<b>}</b>

**Určeme:**  $Closure(I)$  pro položku  $I = E' \rightarrow \bullet E$

$Closure(I) := \{E' \rightarrow \bullet E\}$

1)  $E' \rightarrow \bullet E \in Closure(I)$  &  $E \rightarrow E+T \in P$ :  
 přidej  $E \rightarrow \bullet E+T$  do  $Closure(I)$

$Closure(I) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T\}$

2)  $E' \rightarrow \bullet E \in Closure(I)$  &  $E \rightarrow T \in P$ :  
 přidej  $E \rightarrow \bullet T$  do  $Closure(I)$

$Closure(I) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T\}$

3)  $E \rightarrow \bullet T \in Closure(I)$  &  $T \rightarrow T*F \in P$ :  
 přidej  $T \rightarrow \bullet T*F$  do  $Closure(I)$

$Closure(I) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T*F\}$

# Uzávěr položek: Příklad 2/2

$G'_{expr1} = (N, T, P, E')$ , kde  $N = \{E', E, F, T\}$ ,  $T = \{i, +, *, (, )\}$ ,  
 $P = \{$  **0**:  $E' \rightarrow E$ , **1**:  $E \rightarrow E+T$ , **2**:  $E \rightarrow T$ , **3**:  $T \rightarrow T*F$ ,  
**4**:  $T \rightarrow F$ , **5**:  $F \rightarrow (E)$ , **6**:  $F \rightarrow i$   $\}$

4)  $E \rightarrow \bullet T \in \text{Closure}(I)$  &  $T \rightarrow F \in P$ :  
 přidej  $T \rightarrow \bullet F$  do  $\text{Closure}(I)$

$\text{Closure}(I) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T*F,$   
 $T \rightarrow \bullet F\}$

5)  $T \rightarrow \bullet F \in \text{Closure}(I)$  &  $F \rightarrow (E) \in P$ :  
 přidej  $F \rightarrow \bullet (E)$  do  $\text{Closure}(I)$

$\text{Closure}(I) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T*F,$   
 $T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E)\}$

6)  $T \rightarrow \bullet F \in \text{Closure}(I)$  &  $F \rightarrow i \in P$ :  
 přidej  $F \rightarrow \bullet i$  do  $\text{Closure}(I)$

**Celkově:**

$\text{Closure}(I) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T*F,$   
 $T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$

# Množina $\Theta_G$ pro gramatiku $G$ 1/2

**Myšlenka:**  $\Theta_G$  je množina všech prefixů pravých stran pravidel z gramatiky  $G$ .

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

$$\Theta_G = \{ \langle y \rangle : A \rightarrow y \bullet z \text{ je položka v } G \}$$

**Příklad:**

$G'_{expr1} = (N, T, P, E')$ , kde  $N = \{E', E, F, T\}$ ,  $T = \{i, +, *, (, )\}$ ,  
 $P = \{ \begin{array}{llll} 0: E' \rightarrow E, & 1: E \rightarrow E+T, & 2: E \rightarrow T, & 3: T \rightarrow T * F, \\ & 4: T \rightarrow F, & 5: F \rightarrow (E), & 6: F \rightarrow i \end{array} \}$

**Určeme:**  $\Theta_{G'_{expr1}}$

1) Prvky množiny  $\Theta_{G'_{expr1}}$  délky 0:  $\langle \varepsilon \rangle \in \Theta_{G'_{expr1}}$

2) Prvky množiny  $\Theta_{G'_{expr1}}$  délky 1:

$E' \rightarrow \underline{E}, E \rightarrow \underline{E+T}, E \rightarrow \underline{T}, T \rightarrow \underline{T * F}, T \rightarrow \underline{E}, F \rightarrow \underline{(E)}, F \rightarrow \underline{i}$

$\langle \underline{E} \rangle \in \Theta_{G'_{expr1}} \quad \langle \underline{T} \rangle \in \Theta_{G'_{expr1}} \quad \langle \underline{F} \rangle, \langle \underline{(} \rangle, \langle \underline{i} \rangle \in \Theta_{G'_{expr1}}$



# Množina $\Theta_G$ pro gramatiku $G$ 2/2

$$G'_{\text{expr1}} = (N, T, P, \mathbf{E}'), \text{ kde } N = \{\mathbf{E}', \mathbf{E}, \mathbf{F}, \mathbf{T}\}, T = \{i, +, *, (, )\},$$

$$P = \left\{ \begin{array}{llll} \mathbf{0}: \mathbf{E}' \rightarrow \mathbf{E}, & \mathbf{1}: \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E}+\mathbf{T}, & \mathbf{2}: \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}, & \mathbf{3}: \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{T}*\mathbf{F}, \\ \mathbf{4}: \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}, & \mathbf{5}: \mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E}), & \mathbf{6}: \mathbf{F} \rightarrow i & \end{array} \right\}$$

3) Prvky množiny  $\Theta_{G'_{\text{expr1}}}$  délky 2:

$$\mathbf{E}' \rightarrow \mathbf{E}, \underbrace{\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E}+\mathbf{T}, \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}}_{\langle \mathbf{E}+\mathbf{T} \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}}, \underbrace{\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{T}*\mathbf{F}}_{\langle \mathbf{T}*\mathbf{F} \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}}, \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}, \underbrace{\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E})}_{\langle (\mathbf{E}) \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}}, \mathbf{F} \rightarrow i$$

4) Prvky množiny  $\Theta_{G'_{\text{expr1}}}$  délky 3:

$$\mathbf{E}' \rightarrow \mathbf{E}, \underbrace{\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E}+\mathbf{T}}_{\langle \mathbf{E}+\mathbf{T} \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}}, \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{T}, \underbrace{\mathbf{T} \rightarrow \mathbf{T}*\mathbf{F}}_{\langle \mathbf{T}*\mathbf{F} \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}}, \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{F}, \underbrace{\mathbf{F} \rightarrow (\mathbf{E})}_{\langle (\mathbf{E}) \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}}, \mathbf{F} \rightarrow i$$

**Celkově:**

$$\Theta_{G'_{\text{expr1}}} = \left\{ \begin{array}{l} \langle \varepsilon \rangle, \langle \mathbf{E} \rangle, \langle \mathbf{T} \rangle, \langle \mathbf{F} \rangle, \langle ( \rangle, \langle i \rangle, \langle \mathbf{E}+\mathbf{T} \rangle, \\ \langle \mathbf{T}*\mathbf{F} \rangle, \langle (\mathbf{E}) \rangle, \langle \mathbf{E}+\mathbf{T} \rangle, \langle \mathbf{T}*\mathbf{F} \rangle, \langle (\mathbf{E}) \rangle \end{array} \right\}$$

# *Contents(x):* Algoritmus

**Pozn.:** Pro všechna  $x \in \Theta_G$ , *Contents(x)* je množina položek definována pomocí následujícího algoritmu:

- **Vstup:** Rozšířená gramatika  $G = (N, T, P, S')$ ;  $\Theta_G$
- **Výstup:** *Contents(x)* pro všechna  $x \in \Theta_G$

---

## • **Metoda:**

- $Contents(\langle \varepsilon \rangle) := Closure(S' \rightarrow \bullet S)$ ;
- **for each**  $x \in \Theta_G - \{\langle \varepsilon \rangle\}$ :  $Contents(x) := \emptyset$
- **Používej následující pravidlo, dokud bude možné měnit nějakou množinu *Contents*:**

**if**  $A \rightarrow y \bullet X z \in Contents(\langle x \rangle)$ , kde  $X \in N \cup T$   
**and**  $\langle x X \rangle \in \Theta_G$  **then**  
**přidej**  $Closure(A \rightarrow y X \bullet z)$  do  $Contents(\langle x X \rangle)$

# Contents(x): Příklad 1/9

$$G'_{\text{expr1}} = (N, T, P, E'), \text{ kde } N = \{E', E, F, T\}, T = \{i, +, *, (, )\},$$

$$P = \{ \begin{array}{llll} 0: E' \rightarrow E, & 1: E \rightarrow E+T, & 2: E \rightarrow T, & 3: T \rightarrow T^*F, \\ & 4: T \rightarrow F, & 5: F \rightarrow (E), & 6: F \rightarrow i \end{array} \}$$

$$\Theta_{G'_{\text{expr1}}} = \{ \langle \varepsilon \rangle, \langle E \rangle, \langle T \rangle, \langle F \rangle, \langle ( \rangle, \langle i \rangle, \langle E+ \rangle, \\ \langle T^* \rangle, \langle (E \rangle, \langle E+T \rangle, \langle T^*F \rangle, \langle (E) \rangle \}$$

$$0) \text{ Contents}(\langle \varepsilon \rangle) := \text{Closure}(E' \rightarrow \bullet E) =$$

$$\{ \checkmark E' \rightarrow \bullet E, \checkmark E \rightarrow \bullet E+T, \checkmark E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i \}$$

$$E' \rightarrow \bullet E \in \text{Contents}(\langle \varepsilon \rangle) \ \& \ \langle \varepsilon E \rangle = \langle E \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}: \text{přidej } \text{Closure}(E' \rightarrow E \bullet) = \{E' \rightarrow E \bullet\} \text{ do } \text{Contents}(\langle E \rangle)$$

$$\text{přidej } \text{Closure}(E' \rightarrow E \bullet) = \{E' \rightarrow E \bullet\} \text{ do } \text{Contents}(\langle E \rangle)$$

$$E \rightarrow \bullet E+T \in \text{Contents}(\langle \varepsilon \rangle) \ \& \ \langle \varepsilon E \rangle = \langle E \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}: \text{přidej } \text{Closure}(E \rightarrow E \bullet + T) = \{E \rightarrow E \bullet + T\} \text{ do } \text{Contents}(\langle E \rangle)$$

$$\text{přidej } \text{Closure}(E \rightarrow E \bullet + T) = \{E \rightarrow E \bullet + T\} \text{ do } \text{Contents}(\langle E \rangle)$$

$$E \rightarrow \bullet T \in \text{Contents}(\langle \varepsilon \rangle) \ \& \ \langle \varepsilon T \rangle = \langle T \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}: \text{přidej } \text{Closure}(E \rightarrow T \bullet) = \{E \rightarrow T \bullet\} \text{ do } \text{Contents}(\langle T \rangle)$$

$$\text{přidej } \text{Closure}(E \rightarrow T \bullet) = \{E \rightarrow T \bullet\} \text{ do } \text{Contents}(\langle T \rangle)$$

# Contents(x): Příklad 2/9

⋮

$Contents(\langle \epsilon \rangle) =$

$\{ \overset{\color{red}\checkmark}{E} \rightarrow \bullet E, \overset{\color{red}\checkmark}{E} \rightarrow \bullet E+T, \overset{\color{red}\checkmark}{E} \rightarrow \bullet T, \overset{\color{red}\checkmark}{T} \rightarrow \bullet T^*F, \overset{\color{red}\checkmark}{T} \rightarrow \bullet F, \overset{\color{red}\checkmark}{F} \rightarrow \bullet (E), \overset{\color{red}\checkmark}{F} \rightarrow \bullet i \}$

$T \rightarrow \bullet T^*F \in Contents(\langle \epsilon \rangle) \ \& \ \langle \epsilon T \rangle = \langle T \rangle \in \Theta_{G'expr1}:$

přidej  $Closure(T \rightarrow T \bullet^*F) = \{ T \rightarrow T \bullet^*F \}$  do  $Contents(\langle T \rangle)$

$T \rightarrow \bullet F \in Contents(\langle \epsilon \rangle) \ \& \ \langle \epsilon F \rangle = \langle F \rangle \in \Theta_{G'expr1}:$

přidej  $Closure(T \rightarrow F \bullet) = \{ T \rightarrow F \bullet \}$  do  $Contents(\langle F \rangle)$

$F \rightarrow \bullet (E) \in Contents(\langle \epsilon \rangle) \ \& \ \langle \epsilon ( \rangle = \langle ( \rangle \in \Theta_{G'expr1}:$

přidej  $Closure(F \rightarrow (\bullet E)) = \{ F \rightarrow (\bullet E), E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i \}$  do  $Contents(\langle ( \rangle)$

$F \rightarrow \bullet i \in Contents(\langle \epsilon \rangle) \ \& \ \langle \epsilon i \rangle = \langle i \rangle \in \Theta_{G'expr1}:$

přidej  $Closure(F \rightarrow i \bullet) = \{ F \rightarrow i \bullet \}$  do  $Contents(\langle i \rangle)$

# *Contents(x): Příklad 3/9*

$$\checkmark \text{Contents}(\langle \varepsilon \rangle) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, \\ T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\text{Contents}(\langle E \rangle) = \{E' \rightarrow E\bullet, E \rightarrow E\bullet+T\}$$

$$\text{Contents}(\langle T \rangle) = \{E \rightarrow T\bullet, T \rightarrow T\bullet^*F\}$$

$$\text{Contents}(\langle F \rangle) = \{T \rightarrow F\bullet\}$$

$$\text{Contents}(\langle ( \rangle) = \{F \rightarrow (\bullet E), E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, \\ T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\text{Contents}(\langle i \rangle) = \{F \rightarrow i\bullet\}$$

$$\text{Contents}(\langle E+ \rangle) = \emptyset$$

$$\text{Contents}(\langle T^* \rangle) = \emptyset$$

$$\text{Contents}(\langle (E \rangle) = \emptyset$$

$$\text{Contents}(\langle E+T \rangle) = \emptyset$$

$$\text{Contents}(\langle T^*F \rangle) = \emptyset$$

$$\text{Contents}(\langle (E) \rangle) = \emptyset$$

# Contents(x): Příklad 4/9

1)  $Contents(\langle E \rangle) = \{E \checkmark \rightarrow E\bullet, E \checkmark \rightarrow E\bullet+T\}$ :

$E \rightarrow E\bullet$  : *nic*

$E \rightarrow E\bullet+T \in Contents(\langle E \rangle) \ \& \ \langle E+ \rangle \in \Theta_{G'expr1}$ :

přidej  $Closure(E \rightarrow E+\bullet T) = \{E \rightarrow E+\bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$  do  $Contents(\langle E+ \rangle)$

---

2)  $Contents(\langle T \rangle) = \{E \checkmark \rightarrow T\bullet, T \checkmark \rightarrow T\bullet^*F\}$ :

$E \rightarrow T\bullet$  : *nic*

$T \rightarrow T\bullet^*F \in Contents(\langle T \rangle) \ \& \ \langle T^* \rangle \in \Theta_{G'expr1}$ :

přidej  $Closure(T \rightarrow T^*\bullet F) = \{T \rightarrow T^*\bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$  do  $Contents(\langle T^* \rangle)$

---

3)  $Contents(\langle F \rangle) = \{T \checkmark \rightarrow F\bullet\}$ :

$T \rightarrow F\bullet$  : *nic*

---

# Contents(x): Příklad 5/9

4)  $Contents(< ( >) =$

$\{F \rightarrow (\bullet E), E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T*F, T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$

$F \rightarrow (\bullet E) \in Contents(< ( >) \ \& \ < (E) > \in \Theta_{G'expr1}:$

přidej  $Closure(F \rightarrow (E\bullet)) = \{F \rightarrow (E\bullet)\}$  do  $Contents(< (E) >)$

$F \rightarrow \bullet E+T \in Contents(< ( >) \ \& \ < (E) > \in \Theta_{G'expr1}:$

přidej  $Closure(F \rightarrow E\bullet+T) = \{F \rightarrow E\bullet+T\}$  do  $Contents(< (E) >)$

$E \rightarrow \bullet T \in Contents(< ( >) \quad \text{avšak } < (T) > \notin \Theta_{G'expr1} : \text{nic}$

$T \rightarrow \bullet T*F \in Contents(< ( >) \quad \text{avšak } < (T) > \notin \Theta_{G'expr1} : \text{nic}$

$T \rightarrow \bullet F \in Contents(< ( >) \quad \text{avšak } < (F) > \notin \Theta_{G'expr1} : \text{nic}$

$F \rightarrow \bullet (E) \in Contents(< ( >) \quad \text{avšak } < (( > \notin \Theta_{G'expr1} : \text{nic}$

$T \rightarrow \bullet i \in Contents(< ( >) \quad \text{avšak } < (i) > \notin \Theta_{G'expr1} : \text{nic}$

5)  $Contents(< i >) = \{F \rightarrow \bullet i\}:$

$F \rightarrow i\bullet : \text{nic}$

# Contents(x): Příklad 6/9

$$\checkmark \text{Contents}(\langle \varepsilon \rangle) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T*F, \\ T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle E \rangle) = \{E' \rightarrow E\bullet, E \rightarrow E\bullet+T\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle T \rangle) = \{E \rightarrow T\bullet, T \rightarrow T\bullet*F\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle F \rangle) = \{T \rightarrow F\bullet\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle ( \rangle) = \{F \rightarrow (\bullet E), E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T*F, \\ T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle i \rangle) = \{F \rightarrow i\bullet\}$$

$$\text{Contents}(\langle E+ \rangle) = \{E \rightarrow E+\bullet T, T \rightarrow \bullet T*F, T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), \\ F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\text{Contents}(\langle T* \rangle) = \{T \rightarrow T*\bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\text{Contents}(\langle (E \rangle) = \{F \rightarrow (E\bullet), E \rightarrow E\bullet+T\}$$

$$\text{Contents}(\langle E+T \rangle) = \emptyset$$

$$\text{Contents}(\langle T*F \rangle) = \emptyset$$

$$\text{Contents}(\langle (E) \rangle) = \emptyset$$



# Contents(x): Příklad 7/9

6)  $Contents(\langle E+ \rangle) =$

$\{ \checkmark E \rightarrow E+ \bullet T, \checkmark T \rightarrow \bullet T * F, \checkmark T \rightarrow \bullet F, \checkmark F \rightarrow \bullet (E), \checkmark F \rightarrow \bullet i \}$

$E \rightarrow E+ \bullet T \in Contents(\langle E+ \rangle) \ \& \ \langle E+T \rangle \in \Theta_{G'expr1}$ :

přidej  $Closure(E \rightarrow E+T \bullet) = \{ E \rightarrow E+T \bullet \}$  do  $Contents(\langle E+T \rangle)$

$T \rightarrow \bullet T * F \in Contents(\langle E+ \rangle) \ \& \ \langle E+T \rangle \in \Theta_{G'expr1}$ :

přidej  $Closure(T \rightarrow T \bullet * F) = \{ T \rightarrow T \bullet * F \}$  do  $Contents(\langle E+T \rangle)$

$T \rightarrow \bullet F \in Contents(\langle E+ \rangle)$  avšak  $\langle E+F \rangle \notin \Theta_{G'expr1}$ : nic

$F \rightarrow \bullet (E) \in Contents(\langle E+ \rangle)$  avšak  $\langle E+ ( \rangle \notin \Theta_{G'expr1}$ : nic

$T \rightarrow \bullet i \in Contents(\langle E+ \rangle)$  avšak  $\langle E+ i \rangle \notin \Theta_{G'expr1}$ : nic

7)  $Contents(\langle T* \rangle) = \{ \checkmark T \rightarrow T* \bullet F, \checkmark F \rightarrow \bullet (E), \checkmark F \rightarrow \bullet i \}$

$T \rightarrow T* \bullet F \in Contents(\langle T* \rangle) \ \& \ \langle T*F \rangle \in \Theta_{G'expr1}$ :

přidej  $Closure(T \rightarrow T*F \bullet) = \{ T \rightarrow T*F \bullet \}$  do  $Contents(\langle T*F \rangle)$

$F \rightarrow \bullet (E) \in Contents(\langle T* \rangle)$  avšak  $\langle T* ( \rangle \notin \Theta_{G'expr1}$ : nic

$T \rightarrow \bullet i \in Contents(\langle T* \rangle)$  avšak  $\langle T* i \rangle \notin \Theta_{G'expr1}$ : nic

# Contents(x): Příklad 8/9

$$8) \text{ Contents}(\langle (E) \rangle) = \{ \checkmark F \rightarrow (E \bullet), \checkmark E \rightarrow E \bullet + T \}$$

$$F \rightarrow (E \bullet) \in \text{Contents}(\langle (E) \rangle) \ \& \ \langle (E) \rangle \in \Theta_{G'_{\text{expr1}}}$$

přidej  $\text{Closure}(E \rightarrow (E) \bullet) = \{ F \rightarrow (E) \bullet \}$  do  $\text{Contents}(\langle (E) \rangle)$

$$E \rightarrow E \bullet + T \in \text{Contents}(\langle (E) \rangle) \ \text{avšak} \ \langle (E +) \rangle \notin \Theta_{G'_{\text{expr1}}} : \text{nic}$$


---

$$9) \text{ Contents}(\langle E + T \rangle) = \{ \checkmark E \rightarrow E + T \bullet, \checkmark T \rightarrow T \bullet * F \}$$

$$E \rightarrow E + T \bullet : \text{nic}$$

$$T \rightarrow T \bullet * F \in \text{Contents}(\langle E + T \rangle) \ \text{avšak} \ \langle E + T * \rangle \notin \Theta_{G'_{\text{expr1}}} : \text{nic}$$


---

$$10) \text{ Contents}(\langle E + T \rangle) = \{ \checkmark T \rightarrow T * F \bullet \}$$

$$T \rightarrow T * F \bullet : \text{nic}$$


---

$$11) \text{ Contents}(\langle (E) \rangle) = \{ \checkmark F \rightarrow (E) \bullet \}$$

$$F \rightarrow (E) \bullet : \text{nic}$$


---

# Contents(x): Příklad 9/9

$$\checkmark \text{Contents}(\langle \varepsilon \rangle) = \{E' \rightarrow \bullet E, E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, \\ T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle E \rangle) = \{E' \rightarrow E\bullet, E \rightarrow E\bullet+T\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle T \rangle) = \{E \rightarrow T\bullet, T \rightarrow T\bullet^*F\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle F \rangle) = \{T \rightarrow F\bullet\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle ( \rangle) = \{F \rightarrow (\bullet E), E \rightarrow \bullet E+T, E \rightarrow \bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, \\ T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle i \rangle) = \{F \rightarrow i\bullet\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle E+ \rangle) = \{E \rightarrow E+\bullet T, T \rightarrow \bullet T^*F, T \rightarrow \bullet F, F \rightarrow \bullet (E), \\ F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle T^* \rangle) = \{T \rightarrow T^*\bullet F, F \rightarrow \bullet (E), F \rightarrow \bullet i\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle (E \rangle) = \{F \rightarrow (E\bullet), E \rightarrow E\bullet+T\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle E+T \rangle) = \{E \rightarrow E+T\bullet, T \rightarrow T\bullet^*F\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle T^*F \rangle) = \{T \rightarrow T^*F\bullet\}$$

$$\checkmark \text{Contents}(\langle (E) \rangle) = \{F \rightarrow (E)\bullet\}$$

# Konstrukce LR tabulky: Algoritmus

- **Vstup:** Rozšířená gramatika  $G = (N, T, P, S')$ ;  $\Theta_G$ ;  
 $Contents(x)$  for all  $x \in \Theta_G$ ;  $Follow(A)$  pro všechna  $x \in A$
  - **Výstup:** LR tabulka pro  $G$  ( $\alpha$  = akční č.,  $\beta$  = přechodová č.)
- 
- **Metoda:**
    - $StatesOfTable := \Theta_G$ ;  $StartingState := \langle \epsilon \rangle$
    - for each  $\langle x \rangle \in \Theta_G$  do
    - for each  $I \in Contents(\langle x \rangle)$  do
      - case  $I$  of
        - $I = A \rightarrow y \bullet X z$ , kde  $X \in N$ :  
if  $A \rightarrow y X \bullet z \in Contents(\langle q \rangle)$  then  $\beta[\langle x \rangle, X] := \langle q \rangle$
        - $I = A \rightarrow y \bullet X z$ , kde  $X \in T$ :  
if  $A \rightarrow y X \bullet z \in Contents(\langle q \rangle)$  then  $\alpha[\langle x \rangle, X] := s \langle q \rangle$
        - $I = S' \rightarrow S \bullet$ :  $\alpha[\langle x \rangle, \$] := \text{☺}$
        - $I = A \rightarrow y \bullet$  ( $A \neq S'$ ):  
for each  $a \in Follow(A)$  do  $\alpha[\langle x \rangle, a] := rp$ ,  
 kde  $p$  je návěští pravidla  $A \rightarrow y$

# Konstrukce LR tabulky: Příklad 1/5

Určeme: LR-tabulku pro  $G_{expr1}$

	$\alpha$						$\beta$		
	$i$	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$	$E$	$T$	$F$
$\langle \epsilon \rangle$							$\langle E \rangle$	$\langle T \rangle$	$\langle F \rangle$
$\langle E \rangle$	$Contents(\langle \epsilon \rangle):$								
$\langle T \rangle$	$I = E' \rightarrow \bullet E \in Contents(\langle \epsilon \rangle):$								
$\langle F \rangle$	$E' \rightarrow E \bullet \in Contents(\langle E \rangle): \beta[\langle \epsilon \rangle, E] := \langle E \rangle$								
$\langle ( \rangle$									
$\langle i \rangle$	$I = E \rightarrow \bullet E + T \in Contents(\langle \epsilon \rangle):$								
$\langle E + \rangle$	$E \rightarrow E \bullet + T \in Contents(\langle E \rangle): \beta[\langle \epsilon \rangle, E] := \langle E \rangle$								
$\langle T * \rangle$									
$\langle (E \rangle$	$I = E \rightarrow \bullet T \in Contents(\langle \epsilon \rangle):$								
$\langle E + T \rangle$	$E \rightarrow T \bullet \in Contents(\langle T \rangle): \beta[\langle \epsilon \rangle, T] := \langle T \rangle$								
$\langle T * F \rangle$									
$\langle (E) \rangle$	$I = E \rightarrow \bullet T * F \in Contents(\langle \epsilon \rangle):$								
	$E \rightarrow T \bullet * F \in Contents(\langle T \rangle): \beta[\langle \epsilon \rangle, T] := \langle T \rangle$								
	$I = E \rightarrow \bullet F \in Contents(\langle \epsilon \rangle):$								
	$E \rightarrow F \bullet \in Contents(\langle F \rangle): \beta[\langle \epsilon \rangle, F] := \langle F \rangle$								

# Konstrukce LR tabulky: Příklad 2/5

Určeme: LR-tabulku pro  $G_{expr1}$

	$\alpha$						$\beta$		
	$i$	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$	$E$	$T$	$F$
$\langle \epsilon \rangle$	$s\langle i \rangle$			$s\langle ( \rangle$			$\langle E \rangle$	$\langle T \rangle$	$\langle F \rangle$
$\langle E \rangle$									
$\langle T \rangle$									
$\langle F \rangle$									
$\langle ( \rangle$									
$\langle i \rangle$									
$\langle E+ \rangle$									
$\langle T^* \rangle$									
$\langle (E \rangle$									
$\langle E+T \rangle$									
$\langle T^*F \rangle$									
$\langle (E) \rangle$									

$Contents(\langle \epsilon \rangle)$ :  
 $I = F \rightarrow \bullet(E) \in Contents(\langle \epsilon \rangle)$ :  
 $F \rightarrow (\bullet E) \in Contents(\langle ( \rangle)$ :  $\alpha[\langle \epsilon \rangle, (] := s\langle ( \rangle$

$I = F \rightarrow \bullet i \in Contents(\langle \epsilon \rangle)$ :  
 $F \rightarrow i\bullet \in Contents(\langle i \rangle)$ :  $\alpha[\langle \epsilon \rangle, E] := s\langle i \rangle$

# Konstrukce LR tabulky: Příklad 3/5

Určeme: LR-tabulku pro  $G_{expr1}$

	$\alpha$						$\beta$		
	$i$	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$	$E$	$T$	$F$
$\langle \epsilon \rangle$	$s\langle i \rangle$			$s\langle ( \rangle$			$\langle E \rangle$	$\langle T \rangle$	$\langle F \rangle$
$\langle E \rangle$		$s\langle E+ \rangle$				☺			
$\langle T \rangle$									
$\langle F \rangle$									
$\langle ( \rangle$									
$\langle i \rangle$									
$\langle E+ \rangle$									
$\langle T* \rangle$									
$\langle (E \rangle$									
$\langle E+T \rangle$									
$\langle T*F \rangle$									
$\langle (E) \rangle$									

$Contents(\langle E \rangle)$ :  
 $I = E' \rightarrow E \bullet \in Contents(\langle E \rangle): \alpha[\langle E \rangle, \$] := ☺$   
 $I = E \rightarrow E \bullet + T \in Contents(\langle E \rangle)$ :  
 $E \rightarrow E + \bullet T \in Contents(\langle E+ \rangle): \alpha[\langle E+ \rangle, +] = s\langle E+ \rangle$

# Konstrukce LR tabulky: Příklad 4/5

Určeme: LR-tabulku pro  $G_{expr1}$

	$\alpha$						$\beta$		
	$i$	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$	$E$	$T$	$F$
$\langle \epsilon \rangle$	$s\langle i \rangle$			$s\langle ( \rangle$			$\langle E \rangle$	$\langle T \rangle$	$\langle F \rangle$
$\langle E \rangle$		$s\langle E+ \rangle$				☺			
$\langle T \rangle$		$r2$	$s\langle T* \rangle$		$r2$	$r2$			
$\langle F \rangle$									
$\langle ( \rangle$									
$\langle i \rangle$									
$\langle E+ \rangle$									
$\langle T* \rangle$									
$\langle E \rangle$									
$\langle E+T \rangle$									
$\langle T*F \rangle$									
$\langle E \rangle$									

$Contents(\langle T \rangle)$ :

$I = E \rightarrow T \bullet \in Contents(\langle T \rangle)$ :  $Follow(E) = \{+, ), \$\}$

$\alpha[\langle T \rangle, +] = \alpha[\langle T \rangle, )] = \alpha[\langle T \rangle, \$] := r2$

Pozn.:  $E \rightarrow T$  je pravidlo s návěštím 2

$I = T \rightarrow T \bullet * F \in Contents(\langle T \rangle)$ :

$T \rightarrow T^* \bullet F \in Contents(\langle T^* \rangle)$ :  $\alpha[\langle E \rangle, +] = s\langle T^* \rangle$

**Zbytek tabulky by se sestrojil analogicky.**



# Konstrukce LR tabulky: Příklad 5/5

Výsledná LR tabulka pro  $G_{expr1}$

	$\alpha$						$\beta$		
	$i$	$+$	$*$	$($	$)$	$\$$	$E$	$T$	$F$
$\langle \epsilon \rangle$	$s\langle i \rangle$			$s\langle ( \rangle$			$\langle E \rangle$	$\langle T \rangle$	$\langle F \rangle$
$\langle E \rangle$		$s\langle E+ \rangle$				☺			
$\langle T \rangle$		$r2$	$s\langle T* \rangle$		$r2$	$r2$			
$\langle F \rangle$		$r4$	$r4$		$r4$	$r4$			
$\langle ( \rangle$	$s\langle i \rangle$			$s\langle ( \rangle$			$\langle (E \rangle$	$\langle T \rangle$	$\langle F \rangle$
$\langle i \rangle$		$r6$	$r6$		$r6$	$r6$			
$\langle E+ \rangle$	$s\langle i \rangle$			$s\langle ( \rangle$				$\langle E+T \rangle$	$\langle F \rangle$
$\langle T* \rangle$	$s\langle i \rangle$			$s\langle ( \rangle$					$\langle T*F \rangle$
$\langle (E \rangle$		$s\langle E+ \rangle$			$s\langle (E \rangle$				
$\langle E+T \rangle$		$r1$	$s\langle T* \rangle$		$r1$	$r1$			
$\langle T*F \rangle$		$r3$	$r3$		$r3$	$r3$			
$\langle (E \rangle$		$r5$	$r5$		$r5$	$r5$			

# Přejmenování stavů

Přejmenovat stavy:

Old	New
$\langle \varepsilon \rangle$	0
$\langle E \rangle$	1
$\langle T \rangle$	2
$\langle F \rangle$	3
$\langle ( \rangle$	4
$\langle i \rangle$	5
$\langle E+ \rangle$	6
$\langle T^* \rangle$	7
$\langle (E \rangle$	8
$\langle E+T \rangle$	9
$\langle T^*F \rangle$	10
$\langle (E) \rangle$	11

LR tabulka pro  $G_{expr1}$  s přejmenovanými stavy:

$\alpha$	$i$	+	*	(	)	\$
0	s5			s4		
1		s6				☺
2		r2	s7		r2	r2
3		r4	r4		r4	r4
4	s5			s4		
5		r6	r6		r6	r6
6	s5			s4		
7	s5			s4		
8		s6			s11	
9		r1	s7		r1	r1
10		r3	r3		r3	r3
11		r5	r5		r5	r5

$\beta$	$E$	$T$	$F$
0	1	2	3
1			
2			
3			
4	8	2	3
5			
6		9	3
7			10
8			
9			
10			
11			