

# Cvičenie - Syntaktická analýza LR(1)

Ing. Viliam Hromada, PhD.

C-510  
Ústav informatiky a matematiky  
FEI STU

`viliam.hromada@stuba.sk`



## Príklad č. 1

Nájdite  $LR(1)$ -analyzátor pre nasledovnú gramatiku, kde  $N = \{S, A, B\}$ ,  $T = \{a, b\}$ ,  $S$  je počiatočný neterminál.

1.  $S \rightarrow ABS$
2.  $S \rightarrow \varepsilon$
3.  $A \rightarrow a$
4.  $B \rightarrow bB$
5.  $B \rightarrow \varepsilon$



1. Na zostrojenie  $LR(1)$  analyzátoru zostrojíme najprv  $LR(1)$ -automat.
2. Stavy  $LR(1)$ -automatu sú tvorené množinou  $LR(1)$ -položiek.
3.  $LR(1)$  položka gramatiky je zápis tvaru:  $B \rightarrow \alpha_1 \bullet \alpha_2, L$ , kde:
  - $\alpha_1$  je už-rozpoznaná časť pravidla,  $\alpha_1 \in (N \cup T)^*$ .
  - $\alpha_2$  je ešte-nerozpoznaná časť pravidla,  $\alpha_2 \in (N \cup T)^*$ .
  - $L$  je množina **očakávaných symbolov**, ktoré môžu byť na vstupe v momente redukcie podľa pravidla  $B \rightarrow \alpha_1 \alpha_2$ .



1. Ak je v stave  $LR(1)$ -položka tvaru  $B \rightarrow \alpha \bullet A\beta, L$ , kde  $\alpha, \beta \in (N \cup T)^*$ ,  $L$  sú očakávané symboly na vstupe v momente redukcie podľa pravidla  $B \rightarrow \alpha A\beta$ , tak do toho istého stavu pridáme všetky položky pre neterminál  $A$ :
  - $A \rightarrow \bullet \gamma, u$
  - kde  $u$  je očakávaný symbol na vstupe v momente redukcie podľa pravidla  $A \rightarrow \gamma$ , pričom  $u \in FIRST(\beta L)$ .
2. Ak teda v pravidle je  $LR(1)$  položka, kde je za "guličkou" neterminál, napr.  $A$ , pridáme všetky položky pre neterminál  $A$  s guľičkou na začiatku, pričom očakávané symboly pre danú položku  $A \rightarrow \gamma$  bude množina  $FIRST(\beta L)$ , kde  $L$  sú očakávané symboly položky  $B \rightarrow \alpha \bullet A\beta, L$  a  $\beta$  je prípona  $B \rightarrow \alpha \bullet A\beta$  za neterminálom  $A$ .
3. Táto operácia pridávania položiek sa nazýva  $LR(1)$ -closure, alebo aj  $LR(1)$ -uzáver.

## Počiatočný stav $s_0$

- Počiatočný stav  $s_0$  automatu:
- Do stavu  $s_0$  pridáme položku  $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$
- Následne do nej pridáme jej  $LR(1)$ -uzáver:
  - Vyššie uvádzame vzťah pre uzáver položky  $B \rightarrow \alpha \bullet A\beta, L$
  - v tomto prípade máme  $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$
  - Teda vo vzorci máme:  $B = S', \alpha = \varepsilon, A = S, \beta = \varepsilon, L = \{\varepsilon\}$
  - Podľa vzorca pridáme všetky položky tvaru  $A \rightarrow \bullet \gamma, FIRST(\beta L)$
  - Pridáme teda všetky položky pre neterminál  $S$ :
    - $S \rightarrow \bullet ABS, \{\varepsilon\}$
    - $S \rightarrow \bullet, \{\varepsilon\}$

pretože ich očakávané symboly budú

$$FIRST(\beta L) = FIRST(\varepsilon\{\varepsilon\}) = FIRST(\varepsilon) = \{\varepsilon\}.$$



- Počiatočný stav  $s_0$  automatu:
- Keďže sme do stavu doplnili položku, kde je za symbolom  $\bullet$  neterminál, konkrétne  $S \rightarrow \bullet ABS, \{\varepsilon\}$ , musíme do stavu doplniť  $LR(1)$ -uzáver aj tejto položky.
  - Vyššie uvádzame vzťah pre uzáver položky  $B \rightarrow \alpha \bullet A\beta, L$
  - v tomto prípade máme  $S \rightarrow \bullet ABS, \{\varepsilon\}$
  - Teda vo vzorci máme:  $B = S, \alpha = \varepsilon, A = A, \beta = BS, L = \{\varepsilon\}$
  - Podľa vzorca pridáme všetky položky tvaru  $A \rightarrow \bullet \gamma, FIRST(\beta L)$
  - Pridáme teda všetky položky pre neterminál  $A$ :
    - $A \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$

pretože ich očakávané symboly budú

$$FIRST(\beta L) = FIRST(BS\{\varepsilon\}) = FIRST(BS) = \{\varepsilon, a, b\}.$$



Výsledný stav  $s_0$  je teda tvorený položkami:

- $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$
- $S \rightarrow \bullet ABS, \{\varepsilon\}$
- $S \rightarrow \bullet, \{\varepsilon\}$
- $A \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$

Z tohto stavu následne uvažujeme prechody na symboly stojace za  $\bullet$ , t.j. prechody na symboly  $S, A, a$ :

- $GOTO[s_0, A] = ?$
- $GOTO[s_0, S] = ?$
- $GOTO[s_0, a] = ?$



$$GOTO[s_0, A] = s_1$$

- Prechod zo stavu  $s_0$  na symbol  $A$  sa týka položiek, ktoré majú za guličkou  $A$ :
  - $S \rightarrow \bullet ABS, \{\varepsilon\}$
- Prechod bude viesť do nového stavu, povedzme  $s_1$ .
- Pri prechode vezmeme príslušné položky, presunieme guličku za symbol, na ktorý sa prechod realizuje a očakávané symboly kopírujeme.
- Dostaneme teda stav  $s_1$ , v ktorom bude položka  $S \rightarrow A \bullet BS, \{\varepsilon\}$ .
- Zvyšok stavu  $s_1$  vypočítame ako  $LR(1)$ -uzáver položky  $S \rightarrow A \bullet BS, \{\varepsilon\}$ .





## $LR(1)$ uzáver $S \rightarrow A \bullet BS, \{\varepsilon\}$ .

- Vyššie uvádzame vzťah pre uzáver položky  $B \rightarrow \alpha \bullet A\beta, L$
- v tomto prípade máme konkrétnu položku  $S \rightarrow A \bullet BS, \{\varepsilon\}$
- Teda vo vzorci máme:  $B = S, \alpha = A, A = B, \beta = S, L = \{\varepsilon\}$
- Podľa vzorca pridáme všetky položky tvaru  $A \rightarrow \bullet\gamma, FIRST(\beta L)$
- Pridáme teda všetky položky pre neterminál  $B$ :
  - $B \rightarrow \bullet bB, \{\varepsilon, a\}$
  - $B \rightarrow \bullet, \{\varepsilon, a\}$

pretože ich očakávané symboly budú

$$FIRST(\beta L) = FIRST(S\{\varepsilon\}) = FIRST(S) = \{\varepsilon, a\}.$$



Výsledný stav  $s_1$  je teda tvorený položkami:

- $S \rightarrow A \bullet BS, \{\varepsilon\}$
- $B \rightarrow \bullet bB, \{\varepsilon, a\}$
- $B \rightarrow \bullet, \{\varepsilon, a\}$

Z tohto stavu následne uvažujeme prechody na symboly stojace za  $\bullet$ , t.j. prechody na symboly  $B, b$ .

- $GOTO[s_1, b] = ?$
- $GOTO[s_1, B] = ?$



$$GOTO[s_0, S] = s_2$$

- Prechod zo stavu  $s_0$  na symbol  $S$  sa týka položiek, ktoré majú za guličkou  $S$ :
  - $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$
- Pri prechode vezmeme príslušné položky, presunieme guličku za symbol, na ktorý sa prechod realizuje a očakávané symboly kopírujeme. Následne vypočítame  $IR(1)$ -uzáver takto vzniknutých položiek.
- Prechod bude viesť do stavu ktorý vznikne ako uzáver položky  $S' \rightarrow S\bullet, \{\varepsilon\}$ . Keďže však za guličkou nie je neterminál, uzáver počítat' nemusíme.
- Dostaneme teda nový stav, ozn. ho  $s_2$ , v ktorom bude len položka  $S \rightarrow S\bullet, \{\varepsilon\}$ .
- Keďže v tomto stave za guličkou nie sú žiadne symboly, z tohto stavu nepôjde žiaden prechod.



$$GOTO[s_0, a] = s_2$$

- Prechod zo stavu  $s_0$  na symbol  $a$  sa týka položiek, ktoré majú za guličkou  $a$ :
  - $A \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$
- Pri prechode vezmeme príslušné položky, presunieme guličku za symbol, na ktorý sa prechod realizuje a očakávané symboly kopírujeme. Následne vypočítame  $IR(1)$ -uzáver takto vzniknutých položiek.
- Prechod bude viesť do stavu ktorý vznikne ako uzáver položky  $A \rightarrow a\bullet, \{\varepsilon, a, b\}$ . Keďže však za guličkou nie je neterminál, uzáver počítat nemusíme.
- Dostaneme teda nový stav, ozn. ho  $s_3$ , v ktorom bude len položka  $A \rightarrow a\bullet, \{\varepsilon, a, b\}$ .
- Keďže v tomto stave za guličkou nie sú žiadne symboly, z tohto stavu nepôjde žiaden prechod.



$$GOTO[s_1, B] = s_4$$

- Prechod zo stavu  $s_1$  na  $B$  bude do stavu, ktorý vznikne ako LR(1)-uzáver položky:  $S \rightarrow AB \bullet S, \{\varepsilon\}$ .
- Výsledkom bude stav  $s_4$  s položkami:
  - $S \rightarrow AB \bullet S, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet ABS, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet, \{\varepsilon\}$
  - $A \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$

Z tohto stavu následne uvažujeme prechody na symboly stojace za  $\bullet$ , t.j. prechody na symboly  $S, A, a$ .

- $GOTO[s_4, S] = ?$
- $GOTO[s_4, A] = ?$
- $GOTO[s_4, a] = ?$



$$GOTO[s_1, b] = s_5$$

- Prechod zo stavu  $s_1$  na  $b$  bude do stavu, ktorý vznikne ako LR(1)-uzáver položky:  $B \rightarrow b \bullet B, \{\varepsilon, a\}$ .
- Výsledkom bude stav  $s_5$  s položkami:
  - $BS \rightarrow b \bullet B, \{\varepsilon, a\}$
  - $BS \rightarrow \bullet bB, \{\varepsilon, a\}$
  - $BS \rightarrow \bullet, \{\varepsilon, a\}$

Z tohto stavu následne uvažujeme prechody na symboly stojace za  $\bullet$ , t.j. prechody na symboly  $b, B$ .

- $GOTO[s_5, b] = ?$
- $GOTO[s_5, B] = ?$



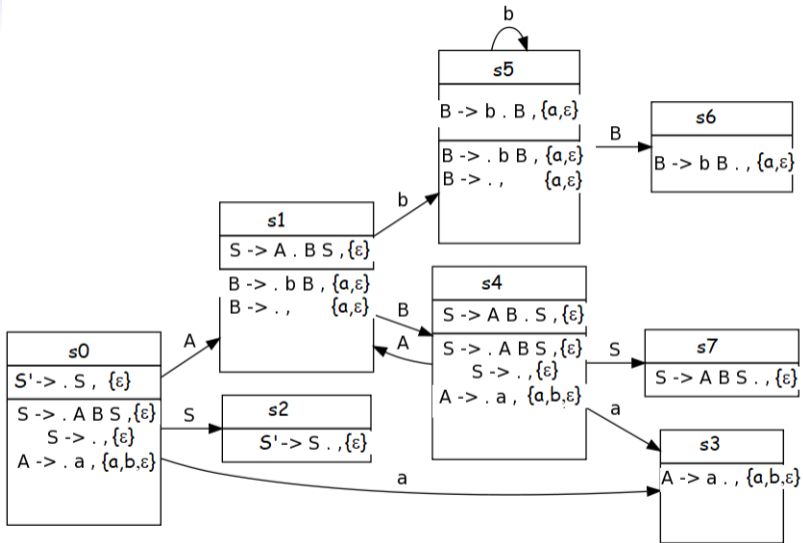
$$GOTO[s_4, A] = s_1$$

- Prechod zo stavu  $s_4$  na  $A$  bude do stavu, ktorý vznikne ako LR(1)-uzáver položky:  $S \rightarrow A \bullet BS, \{\varepsilon\}$ .
- Keď by sme vypočítali, aké položky bude tento stav obsahovať, zistíme, že to budú presne tie isté položky, ktoré tvoria obsah stavu  $s_1$ .
- Preto bude zo stavu  $s_4$  viesť prechod na symbol  $A$  do stavu  $s_1$ .



- Takto postupne vyšetříme všetky a stavy a prechody z nich. Na záver dostávame výsledný  $LR(1)$ -automat uvedený na ďalšom slajde.





Tabuľky ACTION a GOTO zostrojíme analogicky ako v prípade SLR(1).



ACTION	s0	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
a	P	R5		R3	P	R5	R4	
b		P		R3		P		
$\epsilon$	R2	R5	A	R3	R2	R5	R4	R1
GOTO	s0	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
S	s2				s7			
A	s1				s1			
B		s4				s6		
a	s3				s3			
b		s5				s5		

Keďže v ACTION tabuľke nenastal konflikt, LR(1)-parser je možné deterministicky použiť a gramatika je LR(1)-gramatikou.

## Príklad č. 2

Nájdite  $LR(1)$ -analyzátor pre nasledovnú gramatiku, kde  $N = \{S, A, B\}$ ,  $T = \{a, b\}$ ,  $S$  je počiatočný neterminál.

1.  $S \rightarrow ASB$
2.  $S \rightarrow Aa$
3.  $S \rightarrow \varepsilon$
4.  $A \rightarrow a$
5.  $B \rightarrow Bb$
6.  $B \rightarrow \varepsilon$



Výsledný LR(1)-automat má 12 stavov, tu ich postupne vymenujeme a na záver uvedieme tabuľky ACTION a GOTO.

- $s_0$ :
  - $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASB, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet Aa, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet, \{\varepsilon\}$
  - $A \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$
- $s_1$  (vznikol ako  $GOTO[s_0, A]$ ):
  - $S \rightarrow A \bullet SB, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow A \bullet a, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASB, \{\varepsilon, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet Aa, \{\varepsilon, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet, \{\varepsilon, b\}$
  - $A \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$



- $s_2$  (vznikol ako  $GOTO[s_0, S]$ ):
  - $S' \rightarrow S\bullet, \{\varepsilon\}$
- $s_3$  (vznikol ako  $GOTO[s_0, a]$ ):
  - $A \rightarrow a\bullet, \{\varepsilon, a, b\}$
- $s_4$  (vznikol ako  $GOTO[s_1, A]$ ):
  - $S \rightarrow A\bullet SB, \{\varepsilon, b\}$
  - $S \rightarrow A\bullet a, \{\varepsilon, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASB, \{\varepsilon, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet Aa, \{\varepsilon, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet, \{\varepsilon, b\}$
  - $A \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$
- $s_5$  (vznikol ako  $GOTO[s_1, S]$ ):
  - $S \rightarrow AS\bullet B, \{\varepsilon\}$
  - $B \rightarrow \bullet Bb, \{b, \varepsilon\}$
  - $B \rightarrow \bullet, \{b, \varepsilon\}$

- $s_6$  (vznikol ako  $GOTO[s_1, a]$ ):
  - $S \rightarrow Aa\bullet, \{\varepsilon\}$
  - $A \rightarrow a\bullet, \{\varepsilon, a, b\}$
- $s_7$  (vznikol ako  $GOTO[s_5, B]$ ):
  - $S \rightarrow ASB\bullet, \{\varepsilon\}$
  - $B \rightarrow B\bullet b, \{b, \varepsilon\}$
- $s_8$  (vznikol ako  $GOTO[s_4, S]$ ):
  - $S \rightarrow AS\bullet B, \{\varepsilon, b\}$
  - $B \rightarrow \bullet Bb, \{b, \varepsilon\}$
  - $B \rightarrow \bullet, \{b, \varepsilon\}$
- $s_9$  (vznikol ako  $GOTO[s_4, a]$ ):
  - $S \rightarrow Aa\bullet, \{\varepsilon, b\}$
  - $A \rightarrow a\bullet, \{\varepsilon, a, b\}$

- $s_{10}$  (vznikol ako  $GOTO[s_8, B]$ ):
  - $S \rightarrow ASB\bullet, \{\varepsilon, b\}$
  - $B \rightarrow B\bullet b, \{b, \varepsilon\}$
- $s_{11}$  (vznikol ako  $GOTO[s_7, b]$ ):
  - $B \rightarrow Bb\bullet, \{b, \varepsilon\}$





## LR(1)-zaujímavosť

Všimnite si, že nasledovné dvojice stavov sa líšia len v **očkávaných symboloch** pri jednotlivých rozpoznaných častiach pravidiel:

- Stavy  $s_1 - s_4$ ,  $s_6 - s_9$ ,  $s_5 - s_8$ ,  $s_7 - s_{10}$

V LR(1) automate teda môže nastať situácia, že existujú 2 stavy, ktoré majú rovnaké rozpoznané časti pravidiel, ale líšia sa **len** v očkávaných symboloch.



## Tabuľky ACTION a GOTO

ACTION	s0	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
a	P	P		R4	P		R4			R4		
b		R3		R4	R3	R6	R4	P	R6	R2/R4	P/R1	R5
e	R3	R3	A	R4	R3	R6	R2/R4	P/R1	R6	R2/R4	R1	R5
GOTO	s0	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
S	s2	s5			s8							
A	s1	s4			s4							
B						s7			s10			
a	s3	a6			s9							
b								s11			s11	

Keďže v ACTION tabuľke nastal aspoň 1 konflikt, gramatika **nie je LR(1) gramatikou**. Tu nastali konflikty presun/redukcia (stavy  $s_7, s_{10}$ ), resp. konflikty redukcia-redukcia ( $s_6, s_9$ )



## Príklad č. 3

Nájdite  $LR(1)$ -analyzátor pre nasledovnú gramatiku, kde  
 $N = \{S, A, B, C\}$ ,  $T = \{a, b, c, d\}$ ,  $S$  je počiatočný neterminál.

1.  $S \rightarrow ASS$
2.  $S \rightarrow a$
3.  $A \rightarrow BC$
4.  $A \rightarrow b$
5.  $B \rightarrow b$
6.  $B \rightarrow Ad$
7.  $C \rightarrow c$



## Počiatočný stav $s_0$

- Prvou položkou v stave  $s_0$  je položka  $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$ .
- Pomocou jej  $LR(1)$ -uzáveru do stavu pridáme:
  - $S \rightarrow \bullet ASS, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon\}$
- Keďže do stavu pribudla položka, v ktorej je za  $\bullet$  neterminál, konkrétne  $S \rightarrow \bullet ASS, \{\varepsilon\}$ , pomocou jej  $LR(1)$ -uzáveru do stavu pridáme:
  - $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b\}$
  - $A \rightarrow \bullet b, \{a, b\}$
- Keďže do stavu pribudla položka, v ktorej je za  $\bullet$  neterminál, konkrétne  $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b\}$ , pomocou jej  $LR(1)$ -uzáveru do stavu pridáme:
  - $B \rightarrow \bullet Ad, \{c\}$
  - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$
- Keďže do stavu pribudla položka, v ktorej je za  $\bullet$  neterminál, konkrétne  $B \rightarrow \bullet Ad, \{a, b\}$ , pomocou jej  $LR(1)$ -uzáveru do stavu pridáme:
  - $A \rightarrow \bullet BC, \{d\}$
  - $A \rightarrow \bullet b, \{d\}$



## Počiatočný stav $s_0$

- Všimnite si, že v predchádzajúcom príklade sa do stavu  $s_0$  pridali položky z **toho istého pravidla**, konkrétne  $A \rightarrow BC$  a  $A \rightarrow b$ , avšak v jednotlivých prípadoch sa líšili **očakávanými symbolmi**.
- Keď boli výsledkom  $LR(1)$ -uzáveru pravidla  $S \rightarrow \bullet ASS, \{\varepsilon\}$ , pribudli s očakávanými symbolmi  $\{a, b\}$ .
- Keď boli výsledkom  $LR(1)$ -uzáveru pravidla  $B \rightarrow \bullet Ad, \{\varepsilon\}$ , pribudli s očakávaným symbolom  $\{d\}$ .
- Vždy je potrebné vyšetriť **všetko!!!** Pretože môže nastať vyššie uvedená situácia, že nám pribudnú nové očakávané symboly pre už existujúce položky!



## Počiatočný stav $s_0$ - výsledok

- $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$ .
- $S \rightarrow \bullet ASS, \{\varepsilon\}$
- $S \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon\}$
- $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b, d\}$
- $A \rightarrow \bullet b, \{a, b, d\}$
- $B \rightarrow \bullet Ad, \{c\}$
- $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$



## Stavy $LR(1)$ -automatu

Keďže obrázok výsledného  $LR(1)$ -automatu je pomerne komplexný, znovu uvedieme obsahy jednotlivých stavov a na záver priložíme tabuľky *ACTION* a *GOTO*, pričom z tabuľky *GOTO* je (snáď) zrejmé, ako stavy vznikali.



- $s_0$  :
  - $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASS, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon\}$
  - $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b, d\}$
  - $A \rightarrow \bullet b, \{a, b, d\}$
  - $B \rightarrow \bullet Ad, \{c\}$
  - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$
- $s_1$  :
  - $S' \rightarrow S\bullet, \{\varepsilon\}$ .
- $s_2$  :
  - $S \rightarrow A\bullet SS, \{\varepsilon\}$
  - $B \rightarrow A\bullet d, \{c\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASS, \{a, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet a, \{a, b\}$
  - $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b, d\}$
  - $A \rightarrow \bullet b, \{a, b, d\}$
  - $B \rightarrow \bullet Ad, \{c\}$
  - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$



- $S_3$  :
  - $S \rightarrow a\bullet, \{\varepsilon\}$
- $S_4$  :
  - $A \rightarrow B\bullet C, \{a, b, d\}$
  - $C \rightarrow \bullet c, \{a, b, d\}$
- $S_5$  :
  - $A \rightarrow b\bullet, \{a, b, d\}$
  - $B \rightarrow b\bullet, \{c\}$
- $S_6$  :
  - $S \rightarrow AS\bullet S, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASS, \{\varepsilon\}$
  - $S \rightarrow \bullet a, \{\varepsilon\}$
  - $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b, d\}$
  - $A \rightarrow \bullet b, \{a, b, d\}$
  - $B \rightarrow \bullet Ad, \{c\}$
  - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$

- $S_7$  :
  - $B \rightarrow Ad\bullet, \{c\}$
- $S_8$  :
  - $S \rightarrow A\bullet SS, \{a, b\}$
  - $B \rightarrow A\bullet d, \{c\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASS, \{a, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet a, \{a, b\}$
  - $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b, d\}$
  - $A \rightarrow \bullet b, \{a, b, d\}$
  - $B \rightarrow \bullet Ad, \{c\}$
  - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$
- $S_9$  :
  - $S \rightarrow a\bullet, \{a, b\}$
- $S_{10}$  :
  - $A \rightarrow BC\bullet, \{a, b, d\}$

- $S_{11}$  :
  - $C \rightarrow c\bullet, \{a, b, d\}$
- $S_{12}$  :
  - $S \rightarrow ASS\bullet, \{\varepsilon\}$
- $S_{13}$  :
  - $S \rightarrow AS\bullet S, \{a, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet ASS, \{a, b\}$
  - $S \rightarrow \bullet a, \{a, b\}$
  - $A \rightarrow \bullet BC, \{a, b, d\}$
  - $A \rightarrow \bullet b, \{a, b, d\}$
  - $B \rightarrow \bullet Ad, \{c\}$
  - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$
- $S_{14}$  :
  - $S \rightarrow ASS\bullet, \{a, b\}$

## Tabuľky ACTION a GOTO

ACTION	s0	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14
a	P		P			R4	P		P	R2	R3	R7		P	R1
b	P		P			R4	P		P	R2	R3	R7		P	R1
c					P	R5		R6							
d			P			R4			P		R3	R7			
e		A		R2									R1		
GOTO	s0	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14
S	s1		s6				s12		s13					s14	
A	s2		s8				s2		s8					s8	
B	s4		s4				s4		s4					s4	
C					s10										
a	s3		s9				s3		s9					s9	
b	s5		s5				s5		s5					s5	
c					s11										
d			s7						s7						

Keďže v ACTION tabuľke nenastal žiaden konflikt, gramatika **je LR(1) gramatikou.**

