

Cvičenie - GLR

Ing. Viliam Hromada, PhD.

C-510
Ústav informatiky a matematiky
FEI STU

`viliam.hromada@stuba.sk`



Príklad č. 1

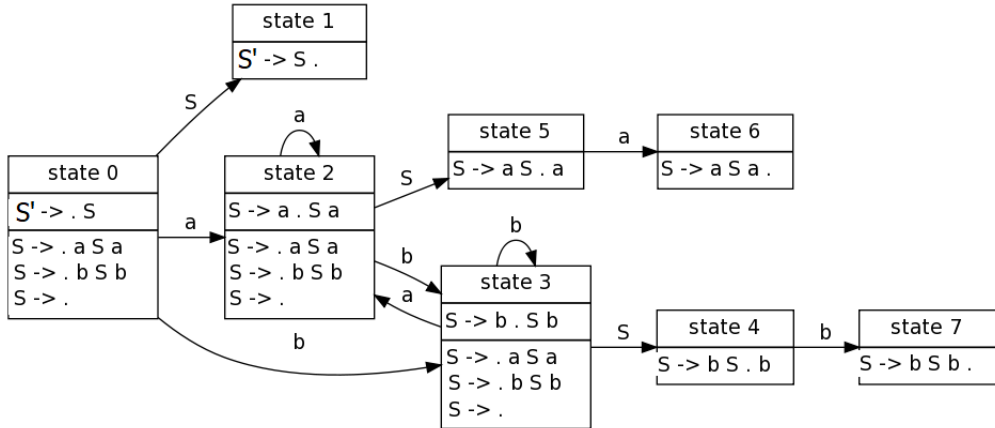
Nájdite $LALR(1)$ -analyzátor pre nasledovnú gramatiku, kde $N = \{S\}$, $T = \{a, b\}$, S je počiatočný neterminál. Následne pomocou GLR prístupu vykonajte syntaktickú analýzu reťazcov $abba$, $aaaa$.

1. $S \rightarrow aSa$
2. $S \rightarrow bSb$
3. $S \rightarrow \varepsilon$



Príklad č. 1

Najprv nájdeme $LR(0)$ -automat, ktorý pre danú gramatiku vyzerá nasledovne:



Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Doplniť očakávané symboly vieme rôznymi postupmi, napríklad nasledovne.

- Najprv doplníme tie symboly, o ktorých naisto vieme, že budú očakávané. Tie sú 2 typov:
 - ε v položke $S' \rightarrow \bullet S$ v stave s_0 .
 - Tzv. **spontánne očakávané symboly**. Ak je v stave položka tvaru $A \rightarrow \alpha \bullet B\beta$, L_1 , kde L_1 je množina očakávaných symbolov a α, β sú predpona/prípona pravej strany pravidla pred/za neterminálom B , ktorý stojí za guľičkou $\bullet$, potom pridávame do všetkých položiek typu $B \rightarrow \bullet \gamma$ tzv. **spontánne očakávané symboly**, čo sú symboly z množiny $FIRST(\beta)$, ktoré **nie sú** ε . Tie teda vieme rovno pridať do množiny očakávaných symbolov L_2 v príslušných položkách $B \rightarrow \bullet \gamma$.



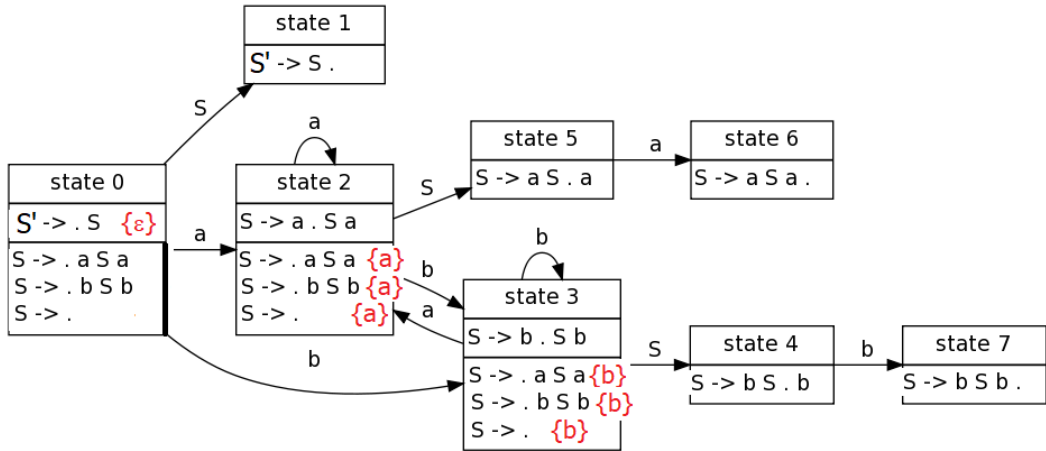
Na základe informácií z predchádzajúceho slajdu teda dostávame očakávané symboly:

- V stave s_0 položka $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$.
- V stave s_2 sa na základe položky $S \rightarrow a \bullet Sa$, v ktorej $\beta = a$, teda $FIRST(\beta) = \{a\}$, pridá a ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $S \rightarrow \bullet aSa, \{a\}$
 - $S \rightarrow \bullet bSb, \{a\}$
 - $S \rightarrow \bullet, \{a\}$
- V stave s_3 sa na základe položky $S \rightarrow b \bullet Sb$, v ktorej $\beta = b$, teda $FIRST(\beta) = \{b\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $S \rightarrow \bullet aSa, \{b\}$
 - $S \rightarrow \bullet bSb, \{b\}$
 - $S \rightarrow \bullet, \{b\}$

Teda priebežný stav očakávaných položiek znázorňuje nasledovný automat



LALR(1) s časťou očakávaných symbolov



Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Následne budeme dopĺňať zvyšné očakávané symboly:

- Ak je v stave s_i položka tvaru $A \rightarrow \alpha \bullet X\beta, L_1$, kde α, β sú nejaké časti pravej strany pravidla a X je symbol (terminál/neterminál) a do stavu s_j zo stavu s_i vedie prechod na symbol X , potom sa očakávané symboly L_1 kopírujú do množiny očakávaných symbolov L_2 položky $A \rightarrow \alpha X \bullet \beta, L_2$ v stave s_j .
- Ak je v stave položka tvaru $A \rightarrow \alpha \bullet B\beta, L_1$, kde L_1 je množina očakávaných symbolov a α, β sú predpona/prípona pravej strany pravidla pred/za neterminálom B , ktorý stojí za guľičkou $\bullet$, potom ak $\varepsilon \in FIRST(\beta)$, tak kopírujeme všetky očakávané symboly z L_1 do množiny L_2 v príslušných položkách $B \rightarrow \bullet\gamma$.



Doplnenie očakávaných symbolov, s_0

Na základe položky $S' \rightarrow \bullet S$ sme do stavu s_0 pridali položky:

- $S \rightarrow \bullet aSa$
- $S \rightarrow \bullet bSb$
- $S \rightarrow \bullet$

Keďže v položke $S' \rightarrow \bullet S$ je $\beta = \varepsilon$, teda $\varepsilon \in FIRST(\beta)$, skopírujeme očakávané symboly položky $S' \rightarrow \bullet S$, teda $\{\varepsilon\}$ do každej s vyššie uvedených pridaných položiek, teda dostávame:

- $S \rightarrow \bullet aSa, \{\varepsilon\}$
- $S \rightarrow \bullet bSb, \{\varepsilon\}$
- $S \rightarrow \bullet, \{\varepsilon\}$

Doplnenie očakávaných symbolov, s_1

V stave s_1 je položka $S' \rightarrow S\bullet$, ktorá vznikla z položky $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$ presunom $\bullet$ za symbol S , t.j. zo stavu s_0 vedie prechod na S do stavu s_1 .

Preto kopírujeme očakávané symboly z položky $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$ zo stavu s_0 do položky $S' \rightarrow S\bullet$ a dostávame v stave s_1 položku, $S' \rightarrow S\bullet, \{\varepsilon\}$.



Doplnenie očakávaných symbolov, s_2

V stave s_2 je položka $S \rightarrow a \bullet Sa$. Táto položka je výsledkom presunu $\bullet$ za symbol a v položke $S \rightarrow \bullet aSa$. Avšak na určenie očakávaných symbolov si musíme uvedomiť, **z ktorých všetkých stavov** viedol prechod do stavu s_2 , ktorý túto položku $S \rightarrow a \bullet Sa$ vie vytvoriť!!!

- Zo stavu s_0 pre položku $S \rightarrow \bullet aSa, \{\varepsilon\}$.
- Zo stavu s_2 pre položku $S \rightarrow \bullet aSa, \{a\}$.
- Zo stavu s_2 pre položku $S \rightarrow \bullet aSa, \{b\}$.

Teda do očakávaných symbolov položky $S \rightarrow a \bullet Sa$ kopírujeme očakávané symboly **VŠETKÝCH** vyššie uvedených položiek! Teda očakávané symboly tejto položky v stave s_2 budú:

- $S \rightarrow a \bullet Sa, \{\varepsilon, a, b\}$



Doplnenie očakávaných symbolov, s_2

Zvyšné položky v stave s_2 :

- $S \rightarrow \bullet aSa$
- $S \rightarrow \bullet bSb$
- $S \rightarrow \bullet$

už očakávané symboly majú - sú nimi spontánny očakávaný symbol a , pretože položka, z ktorej vznikli, $S \rightarrow a \bullet Sa$, $\{\varepsilon, a, b\}$ má $FIRST(a) = \{a\}$.



Doplnenie očakávaných symbolov, s_3

V stave s_3 je položka $S \rightarrow b \bullet Sb$. Táto položka je výsledkom presunu $\bullet$ za symbol b v položke $S \rightarrow \bullet bSb$. Avšak na určenie očakávaných symbolov si musíme uvedomiť, **z ktorých všetkých stavov** viedol prechod do stavu s_3 , ktorý túto položku $S \rightarrow b \bullet Sb$ vie vytvoriť!!!

- Zo stavu s_0 pre položku $S \rightarrow \bullet bSb, \{\varepsilon\}$.
- Zo stavu s_2 pre položku $S \rightarrow \bullet bSb, \{a\}$.
- Zo stavu s_3 pre položku $S \rightarrow \bullet bSb, \{b\}$.

Teda do očakávaných symbolov položky $S \rightarrow b \bullet Sb$ kopírujeme očakávané symboly **VŠETKÝCH** vyššie uvedených položiek! Teda očakávané symboly tejto položky v stave s_3 budú:

- $S \rightarrow b \bullet Sb, \{\varepsilon, a, b\}$



Doplnenie očakávaných symbolov, s_3

Zvyšné položky v stave s_3 :

- $S \rightarrow \bullet aSa$
- $S \rightarrow \bullet bSb$
- $S \rightarrow \bullet$

už očakávané symboly majú - sú nimi spontánny očakávaný symbol b , pretože položka, z ktorej vznikli, $S \rightarrow b \bullet Sb$, $\{\varepsilon, a, b\}$ má $FIRST(b) = \{b\}$.



Doplnenie očakávaných symbolov, s_4

Položka $S \rightarrow bS \bullet b$ v stave s_4 vznikla presunom $\bullet$ za symbol S v položke $S \rightarrow b \bullet Sb, \{\varepsilon, a, b\}$ v stave s_3 .

Teda skopírujeme očakávané symboly aj do položky $S \rightarrow bS \bullet b$ a dostávame v stave s_4 položku $S \rightarrow bS \bullet b, \{\varepsilon, a, b\}$.



Doplnenie očakávaných symbolov, s_7

Položka $S \rightarrow bSb\bullet$ v stave s_7 vznikla presunom $\bullet$ za symbol b v položke $S \rightarrow bS\bullet b, \{\varepsilon, a, b\}$ v stave s_4 .

Teda skopírujeme očakávané symboly aj do položky $S \rightarrow bSb\bullet$ a dostávame v stave s_7 položku $S \rightarrow bSb\bullet, \{\varepsilon, a, b\}$.



Doplnenie očakávaných symbolov, s_5

Položka $S \rightarrow aS \bullet a$ v stave s_5 vznikla presunom $\bullet$ za symbol S v položke $S \rightarrow a \bullet Sa, \{\varepsilon, a, b\}$ v stave s_2 .

Teda skopírujeme očakávané symboly aj do položky $S \rightarrow aS \bullet a$ a dostávame v stave s_5 položku $S \rightarrow aS \bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$.



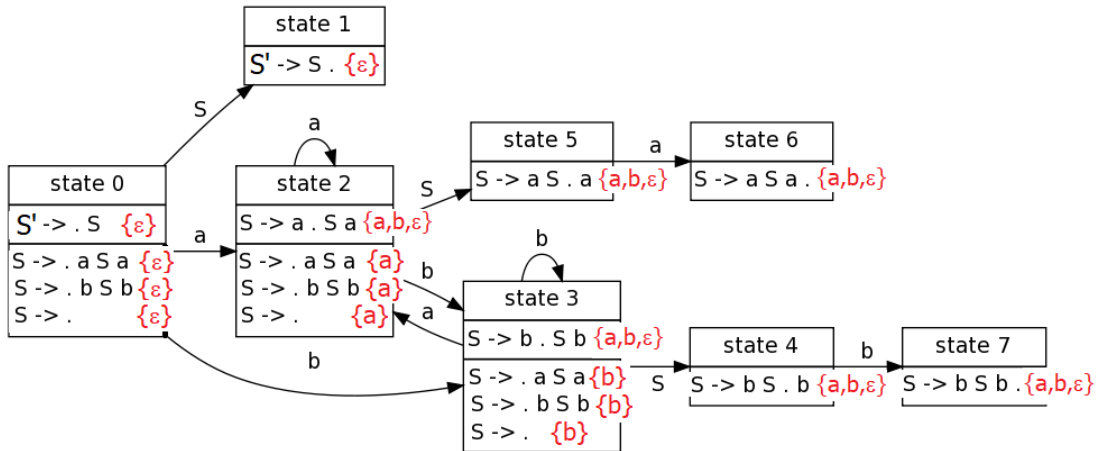
Doplnenie očakávaných symbolov, s_6

Položka $S \rightarrow aSa\bullet$ v stave s_6 vznikla presunom $\bullet$ za symbol a v položke $S \rightarrow aS\bullet a, \{\varepsilon, a, b\}$ v stave s_5 .

Teda skopírujeme očakávané symboly aj do položky $S \rightarrow aSa\bullet$ a dostávame v stave s_6 položku $S \rightarrow aSa\bullet, \{\varepsilon, a, b\}$.



Výsledný *LALR*(1)-automat



ACTION tabuľka

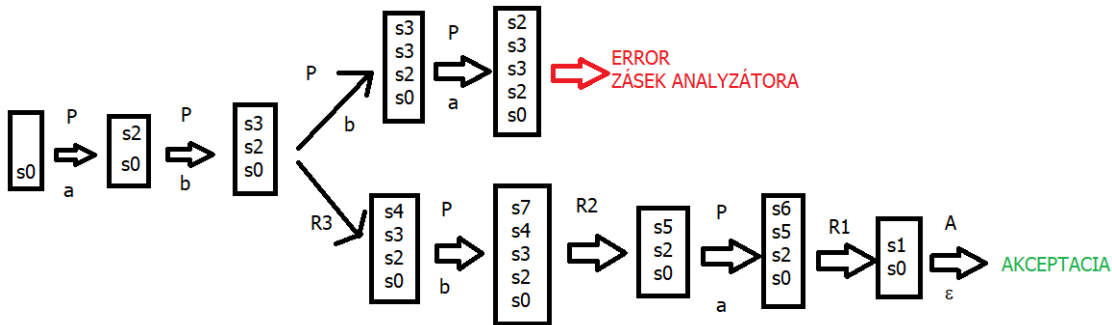
<i>ACTION</i>	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7
a	P		P/R3	P		P	R1	R2
b	P		P	P/R3	P		R1	R2
ε	R3	A					R1	R2

GLR-analýza *abba*

- Princíp *GLR* analýzy spočíva v tom, že budeme realizovať výpočet *LR*-analyzátora.
- Avšak vždy, ak je v tabuľke *ACTION* konflikt, výpočet analyzátora sa rozvetví na príslušné vetvy s vlastnými kópiami zásobníkov a výpočet bude paralelne pokračovať pre každú akciu samostatne.
- Každý šípka medzi zásobníkmi predstavuje jednu akciu, pri akcii *Presun* uvedieme aj príslušný vstupný symbol, ktorý sa na presun použil.
- Symbol na vrchu zásobníka je písaný prvý zvrchu.



GLR-analýza *abba*

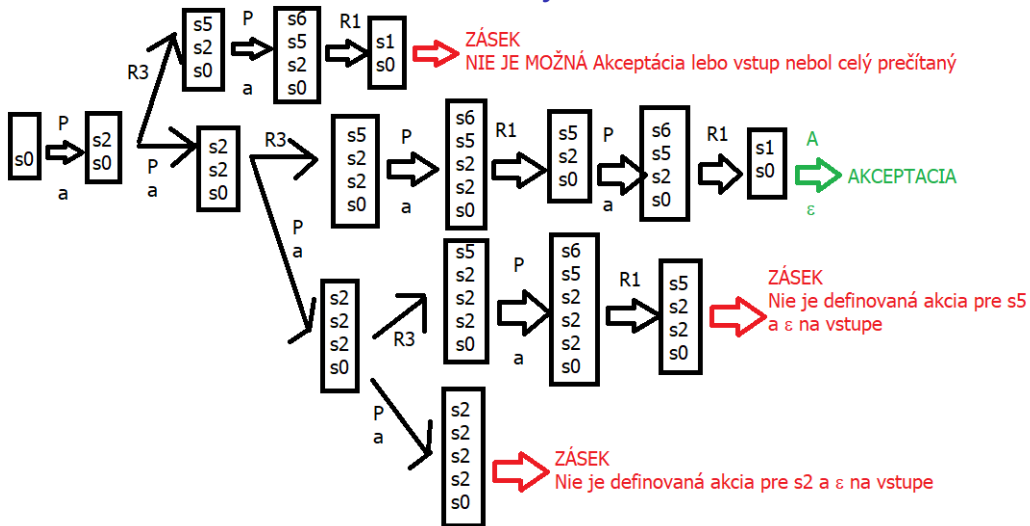


GLR-analýza *abba*

- Vidíme, že počas výpočtu sa v jednom momente, keď bol na vrchu zásobníka symbol s_3 a na vstupe b musel analyzátor rozhodnúť medzi presunom a redukciou podľa pravidla č. 3.
- Vetva, v ktorej sa rozhodol pre presun sa neskôr zasekla, keď bol na vrchu zásobníka symbol s_2 a vstup prázdny - pre túto kombináciu tabuľka *ACTION* neobsahuje žiadnu akciu.
- Naopak, vetva, v ktorej sa rozhodol pre R3 úspešne dokončila syntaktickú analýzu s akceptáciou, teda reťazec *abba* má v gramatike pravú deriváciu, ak budeme postupne aplikovať pravidlá č. 1, 2, 3.



GLR-analýza aaaa



GLR-analýza *aaaa*

- Vidíme, že počas výpočtu *aaaa* došlo niekoľkokrát k rozvetveniu výpočtu.
- Keďže existuje jedna výpočtová vetva, v ktorej boli akcie postupne P, P, R3, P, R1, P, R1, A, tak reťazec *aaaa* má deriváciu, pričom pravá derivácia je daná postupnou aplikáciou pravidiel č. 1, 1, 3.



Príklad č. 2

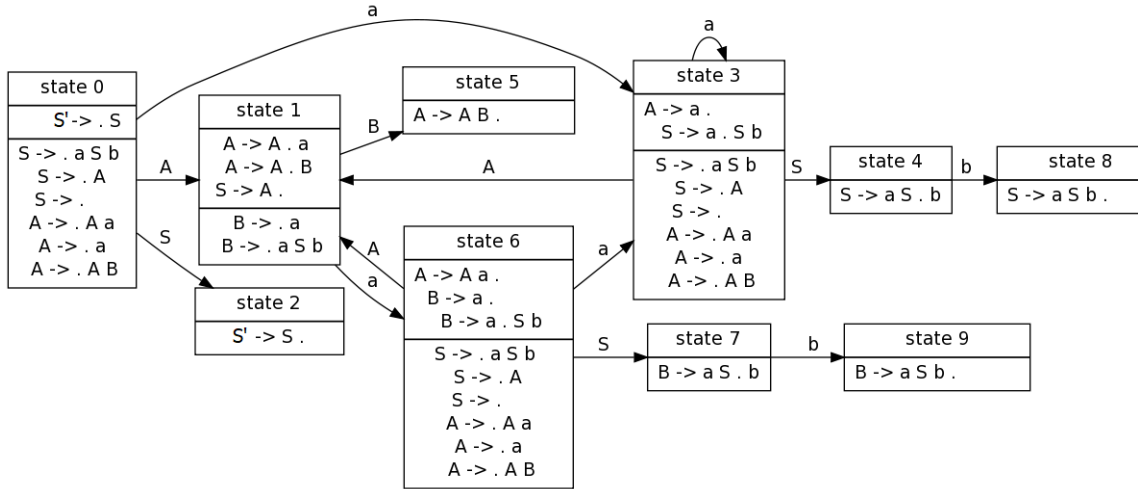
Nájdite *LALR*(1)-analyzátor pre nasledovnú gramatiku, kde $N = \{S, A, B\}$, $T = \{a, b\}$, S je počiatočný neterminál. Následne pomocou *GLR* prístupu vykonajte syntaktickú analýzu reťazcov a , aa , abb .

1. $S \rightarrow aSb$
2. $S \rightarrow A$
3. $S \rightarrow \varepsilon$
4. $A \rightarrow Aa$
5. $A \rightarrow a$
6. $A \rightarrow AB$
7. $B \rightarrow a$
8. $B \rightarrow aSb$



Príklad č. 2

Najprv nájdeme $LR(0)$ -automat, ktorý pre danú gramatiku vyzerá nasledovne:



Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Symbols, ktoré vieme doplniť hneď:

- V stave s_0 položka $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$.
- V stave s_0 sa na základe položky $A \rightarrow \bullet Aa$, v ktorej $\beta = a$, teda $FIRST(\beta) = \{a\}$, pridá a ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $A \rightarrow \bullet Aa, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet a, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet, \{a\}$

Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Symbols, ktoré vieme doplniť hneď:

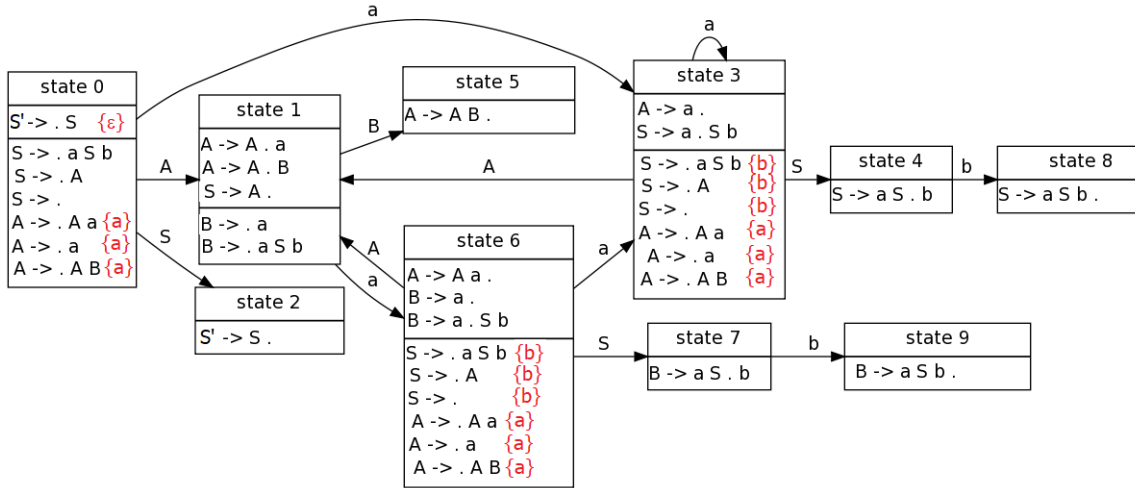
- V stave s_3 sa na základe položky $A \rightarrow \bullet Aa$, v ktorej $\beta = a$, teda $FIRST(\beta) = \{a\}$, pridá a ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $A \rightarrow \bullet Aa, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet a, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet, \{a\}$
- V stave s_3 sa na základe položky $A \rightarrow \bullet AB$, v ktorej $\beta = B$, teda $FIRST(B) = \{a\}$, pridá a ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $A \rightarrow \bullet Aa, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet a, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet, \{a\}$
- V stave s_3 sa na základe položky $S \rightarrow a \bullet Sb$, v ktorej $\beta = b$, teda $FIRST(\beta) = \{b\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $S \rightarrow \bullet aSb, \{b\}$
 - $S \rightarrow \bullet A, \{b\}$
 - $S \rightarrow \bullet, \{b\}$

Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Symbols, ktoré vieme doplniť hneď:

- V stave s_6 sa na základe položky $A \rightarrow \bullet Aa$, v ktorej $\beta = a$, teda $FIRST(\beta) = \{a\}$, pridá a ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $A \rightarrow \bullet Aa, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet a, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet, \{a\}$
- V stave s_6 sa na základe položky $A \rightarrow \bullet AB$, v ktorej $\beta = B$, teda $FIRST(B) = \{a\}$, pridá a ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $A \rightarrow \bullet Aa, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet a, \{a\}$
 - $A \rightarrow \bullet, \{a\}$
- V stave s_6 sa na základe položky $S \rightarrow a \bullet Sb$, v ktorej $\beta = b$, teda $FIRST(\beta) = \{b\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $S \rightarrow \bullet aSb, \{b\}$
 - $S \rightarrow \bullet A, \{b\}$
 - $S \rightarrow \bullet, \{b\}$

LALR(1) s časťou očakávaných symbolov



Doplnenie očakávaných symbolov

Teraz uvedieme, z ktorých položiek kam sa budú kopírovať ich očakávané symboly.

S_0

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $S' \rightarrow \bullet S$ sa budú kopírovať do $S' \rightarrow S \bullet$ v stave s_2 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet a S b$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow a \bullet S b$ v stave s_3 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet A$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow A \bullet$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet A a$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow A \bullet a$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet a$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow a \bullet$ v stave s_3 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet A B$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow A \bullet B$ v stave s_1 .



S_0

Položka $S' \rightarrow \bullet S$, kde $\beta = \varepsilon$, teda jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_0 :

- $S \rightarrow \bullet aSb$
- $S \rightarrow \bullet A$
- $S \rightarrow \bullet$

Položka $S \rightarrow \bullet A$, kde $\beta = \varepsilon$, teda jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_0 :

- $A \rightarrow \bullet Aa$
- $A \rightarrow \bullet a$
- $A \rightarrow \bullet AB$



S_1

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $A \rightarrow A \bullet a$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow Aa \bullet$ v stave s_6 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow A \bullet B$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow AB \bullet$ v stave s_5 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet a$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow a \bullet$ v stave s_6 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet aSb$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow a \bullet Sb$ v stave s_6 .



s_1

Položka $A \rightarrow A \bullet B$, kde $\beta = \varepsilon$, teda jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_1 :

- $B \rightarrow \bullet a$
- $B \rightarrow \bullet aSb$

S_2

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

S_3

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $S \rightarrow a \bullet Sb$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow aS \bullet b$ v stave s_4 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet aSb$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow a \bullet Sb$ v stave s_3 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet A$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow A \bullet$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet Aa$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow A \bullet a$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet a$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow a \bullet$ v stave s_3 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet AB$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow A \bullet B$ v stave s_1 .



S_3

Položka $S \rightarrow \bullet A$, kde $\beta = \varepsilon$, teda jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_0 :

- $A \rightarrow \bullet Aa$
- $A \rightarrow \bullet a$
- $A \rightarrow \bullet AB$

S_4

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $S \rightarrow aS \bullet b$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow aSb \bullet$ v stave s_8 .

S_5

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.



Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $B \rightarrow a \bullet Sb$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow aS \bullet b$ v stave s_7 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet aSb$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow a \bullet Sb$ v stave s_3 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet A$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow A \bullet$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet Aa$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow A \bullet a$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet a$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow a \bullet$ v stave s_3 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet AB$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow A \bullet B$ v stave s_1 .

S_6

Položka $S \rightarrow \bullet A$, kde $\beta = \varepsilon$, teda jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_6 :

- $A \rightarrow \bullet Aa$
- $A \rightarrow \bullet a$
- $A \rightarrow \bullet AB$



s_7

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $B \rightarrow aS \bullet b$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow aSb \bullet$ v stave s_9 .

S_8

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

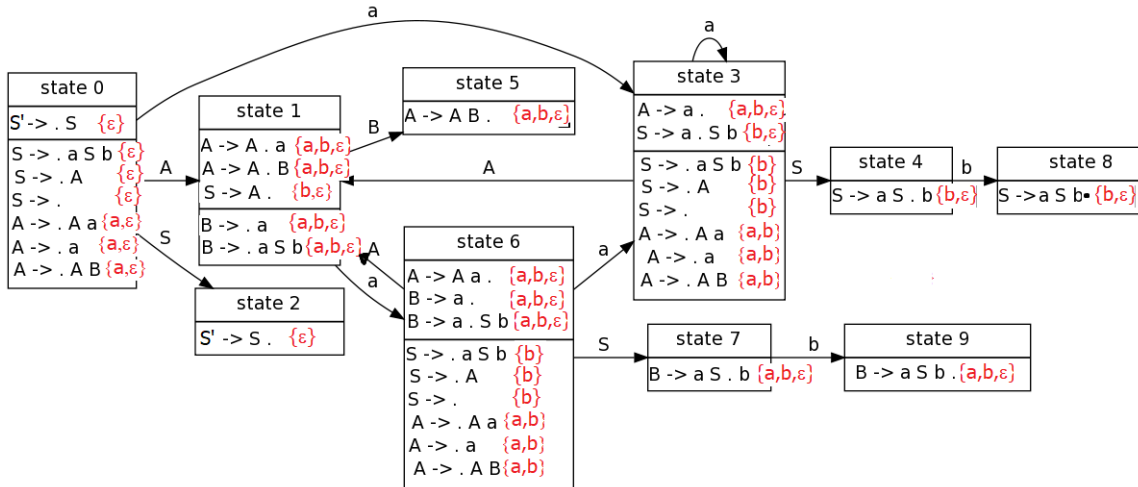
S_9

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

Upozorňujeme, že kopírovať sa musia **všetky očakávané symboly!!!**



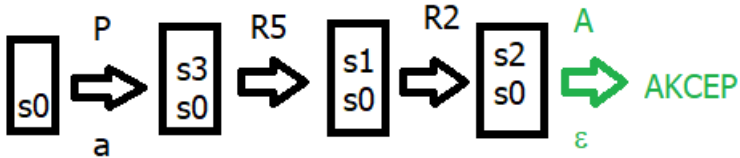
Výsledný *LALR*(1)-automat



ACTION tabuľka

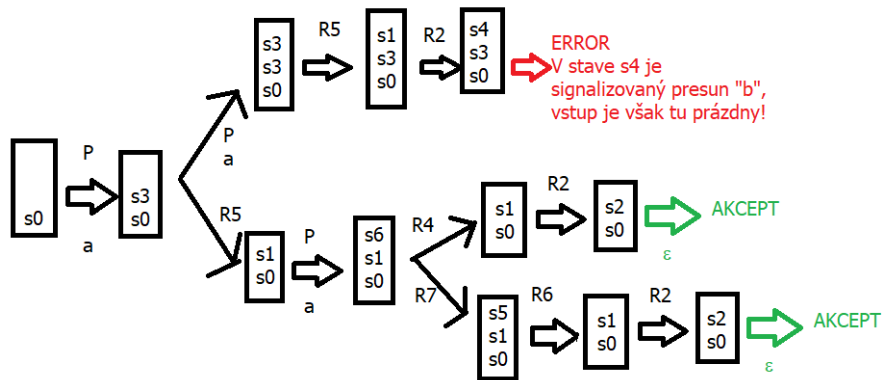
<i>ACTION</i>	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9
a	P	P		P/R5		R6	R4/R7			R8
b		R2		R3/R5	P	R6	R3/R4/R7	P	R1	R8
ε	R3	R2	A	R5		R6	R4/R7		R1	R8

GLR-analýza a



Reťazec a má deriváciu v gramatike, pravá derivácia je daná aplikáciou pravidiel č. 2, 5.

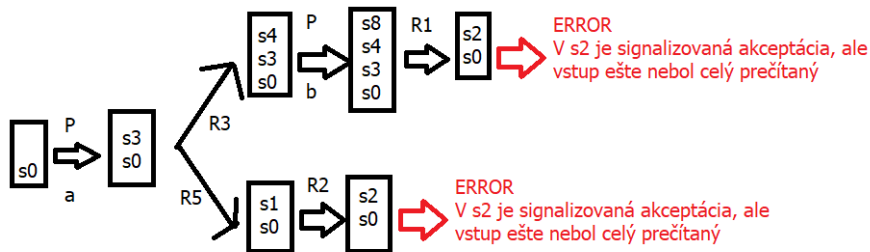
GLR-analýza aa



Reťazec *aa* má deriváciu v gramatike. GLR parser nájde **všetky derivácie**, v tomto prípade našiel 2 rôzne pravé derivácie:

- Aplikácia pravidiel č. 2, 4, 5.
- Aplikácia pravidiel č. 2, 6, 7, 5.

GLR-analýza *abb*



Reťazec *abb* **nemá** deriváciu v gramatike. GLR parser prešiel všetky potenciálne výpočty a zistil, že žiadna vetva nedokáže akceptovať vstup. Teda reťazec nemá deriváciu.

Príklad č. 3

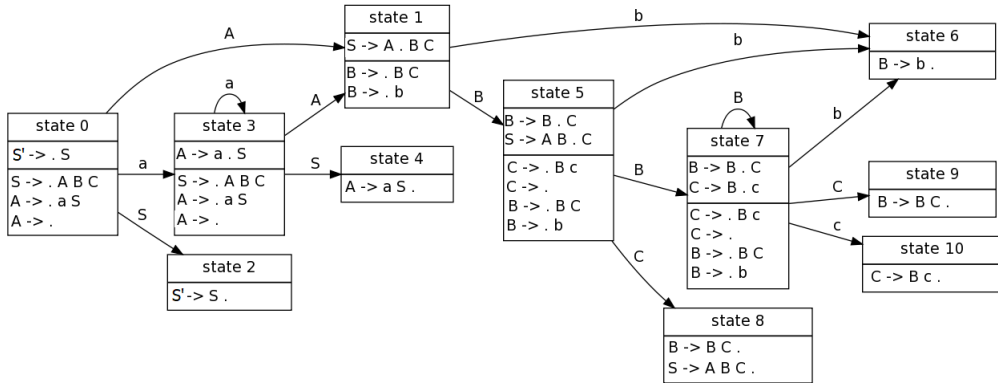
Nájdite *LALR*(1)-analyzátor pre nasledovnú gramatiku, kde $N = \{S, A, B\}$, $T = \{a, b\}$, S je počiatočný neterminál. Následne pomocou *GLR* prístupu vykonajte syntaktickú analýzu reťazcov *abb*.

1. $S \rightarrow ABC$
2. $A \rightarrow aS$
3. $A \rightarrow \varepsilon$
4. $B \rightarrow BC$
5. $B \rightarrow b$
6. $C \rightarrow Bc$
7. $C \rightarrow \varepsilon$



Príklad č. 3

Najprv nájdeme $LR(0)$ -automat, ktorý pre danú gramatiku vyzerá nasledovne:



Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Symbols, ktoré vieme doplniť hneď:

- V stave s_0 položka $S' \rightarrow \bullet S, \{\varepsilon\}$.
- V stave s_0 sa na základe položky $S \rightarrow \bullet ABC$, v ktorej $\beta = BC$, teda $FIRST(BC) = \{b\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $A \rightarrow \bullet aS, \{b\}$
 - $A \rightarrow \bullet, \{b\}$



Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Symbols, ktoré vieme doplniť hneď:

- V stave s_1 sa na základe položky $S \rightarrow A \bullet BC$, v ktorej $\beta = C$, teda $FIRST(C) = \{b, \varepsilon\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $B \rightarrow \bullet BC, \{b\}$
 - $B \rightarrow \bullet b, \{b\}$
- V stave s_3 sa na základe položky $S \rightarrow \bullet ABC$, v ktorej $\beta = BC$, teda $FIRST(BC) = \{b\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $A \rightarrow \bullet aS, \{b\}$
 - $A \rightarrow \bullet, \{b\}$
- V stave s_5 sa na základe položky $C \rightarrow \bullet Bc$, v ktorej $\beta = c$, teda $FIRST(\beta) = \{c\}$, pridá c ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $B \rightarrow \bullet BC, \{c\}$
 - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$

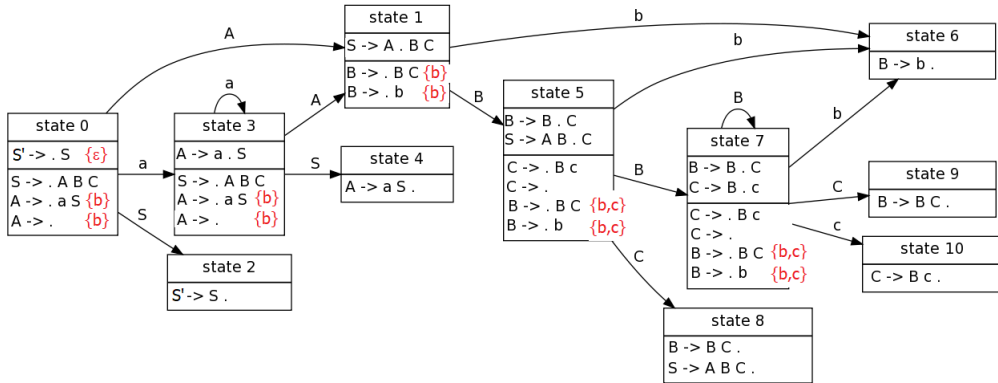
Doplnenie očakávaných symbolov do jednotlivých položiek

Symbols, ktoré vieme doplniť hneď:

- V stave s_5 sa na základe položky $B \rightarrow \bullet BC$, v ktorej $\beta = C$, teda $FIRST(\beta) = \{b, \varepsilon\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $B \rightarrow \bullet BC, \{b\}$
 - $B \rightarrow \bullet b, \{b\}$
- V stave s_7 sa na základe položky $C \rightarrow \bullet Bc$, v ktorej $\beta = c$, teda $FIRST(\beta) = \{c\}$, pridá c ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $B \rightarrow \bullet BC, \{c\}$
 - $B \rightarrow \bullet b, \{c\}$
- V stave s_7 sa na základe položky $B \rightarrow \bullet BC$, v ktorej $\beta = C$, teda $FIRST(\beta) = \{b, \varepsilon\}$, pridá b ako spontánne očakávaný symbol do položiek:
 - $B \rightarrow \bullet BC, \{b\}$
 - $B \rightarrow \bullet b, \{b\}$



LALR(1) s časťou očakávaných symbolov



Doplnenie očakávaných symbolov

Teraz uvedieme, z ktorých položiek kam sa budú kopírovať ich očakávané symboly.

s_0

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $S' \rightarrow \bullet S$ sa budú kopírovať do $S' \rightarrow S \bullet$ v stave s_2 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet ABC$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow A \bullet BC$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet aS$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow a \bullet S$ v stave s_3 .

s_0

Položka $S' \rightarrow \bullet S$, kde $\beta = \varepsilon$, teda jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_0 :

- $S \rightarrow \bullet ABC$

S_1

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $S \rightarrow A \bullet BC$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow AB \bullet C$ v stave s_5 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet BC$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow B \bullet C$ v stave s_5 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet b$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow b \bullet$ v stave s_6 .



S_1

Položka $S \rightarrow A \bullet BC$, kde $\beta = C$, $FIRST(C) = \{b, \varepsilon\}$. Keďže $\varepsilon \in FIRST(C)$, jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave S_1 :

- $B \rightarrow \bullet BC$
- $B \rightarrow \bullet b$



S_2

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

s_3

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $A \rightarrow a \bullet S$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow aS \bullet$ v stave s_4 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow \bullet ABC$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow A \bullet BC$ v stave s_1 .
- Očakávané symboly $A \rightarrow \bullet aS$ sa budú kopírovať do $A \rightarrow a \bullet S$ v stave s_3 .



s_3

Položka $A \rightarrow a \bullet S$, kde $\beta = \varepsilon$, teda jej očakávané symboly sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_3 :

- $S \rightarrow \bullet ABC$



S_4

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $B \rightarrow B \bullet C$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow BC \bullet$ v stave s_8 .
- Očakávané symboly $S \rightarrow AB \bullet C$ sa budú kopírovať do $S \rightarrow ABC \bullet$ v stave s_8 .
- Očakávané symboly $C \rightarrow \bullet Bc$ sa budú kopírovať do $C \rightarrow B \bullet c$ v stave s_7 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet BC$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow B \bullet C$ v stave s_7 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet b$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow b \bullet$ v stave s_6 .

s_5

Položka $B \rightarrow B \bullet C$, kde $\beta = \varepsilon$. Keďže $\varepsilon \in FIRST(\beta)$, očakávané symboly položky sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_5 :

- $C \rightarrow \bullet Bc$
- $C \rightarrow \bullet$

Položka $S \rightarrow AB \bullet C$, kde $\beta = \varepsilon$. Keďže $\varepsilon \in FIRST(\beta)$, očakávané symboly položky sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_5 :

- $C \rightarrow \bullet Bc$
- $C \rightarrow \bullet$

Položka $B \rightarrow \bullet BC$, kde $\beta = C$. Keďže $\varepsilon \in FIRST(\beta)$, očakávané symboly položky sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_5 :

- $B \rightarrow \bullet BC$
- $B \rightarrow \bullet b$



S_6

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

s_7

Kopírovanie očakávaných symbolov pri prechodoch do iných stavov:

- Očakávané symboly $B \rightarrow B \bullet C$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow BC \bullet$ v stave s_9 .
- Očakávané symboly $C \rightarrow B \bullet c$ sa budú kopírovať do $C \rightarrow Bc \bullet$ v stave s_{10} .
- Očakávané symboly $C \rightarrow \bullet Bc$ sa budú kopírovať do $C \rightarrow B \bullet c$ v stave s_7 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet BC$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow B \bullet C$ v stave s_7 .
- Očakávané symboly $B \rightarrow \bullet b$ sa budú kopírovať do $B \rightarrow b \bullet$ v stave s_6 .

S_7

Položka $B \rightarrow B \bullet C$, kde $\beta = \varepsilon$. Keďže $\varepsilon \in FIRST(\beta)$, očakávané symboly položky sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_7 :

- $C \rightarrow \bullet Bc$
- $C \rightarrow \bullet$

Položka $B \rightarrow \bullet BC$, kde $\beta = C$. Keďže $\varepsilon \in FIRST(\beta)$, očakávané symboly položky sa budú kopírovať do očakávaných symbolov položiek v stave s_7 :

- $B \rightarrow \bullet BC$
- $B \rightarrow \bullet b$



S_8

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

S_9

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

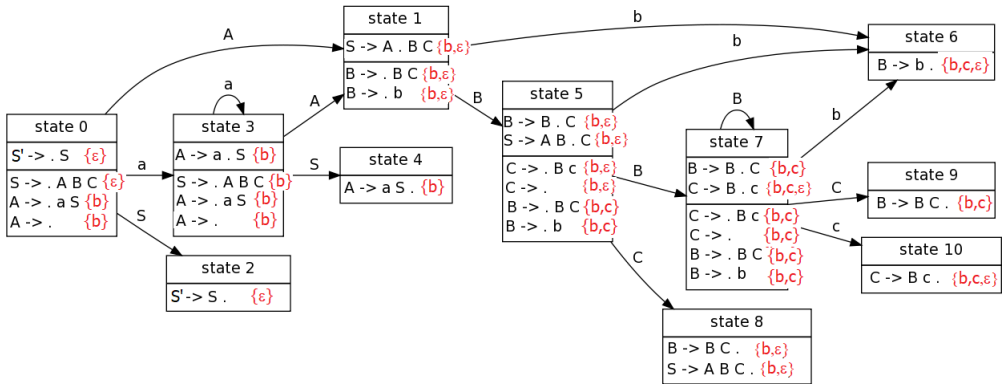
S_{10}

Položky z tohto stavu nekopírujú svoje symboly nikam.

Upozorňujeme, že kopírovať sa musia **všetky očakávané symboly!!!**



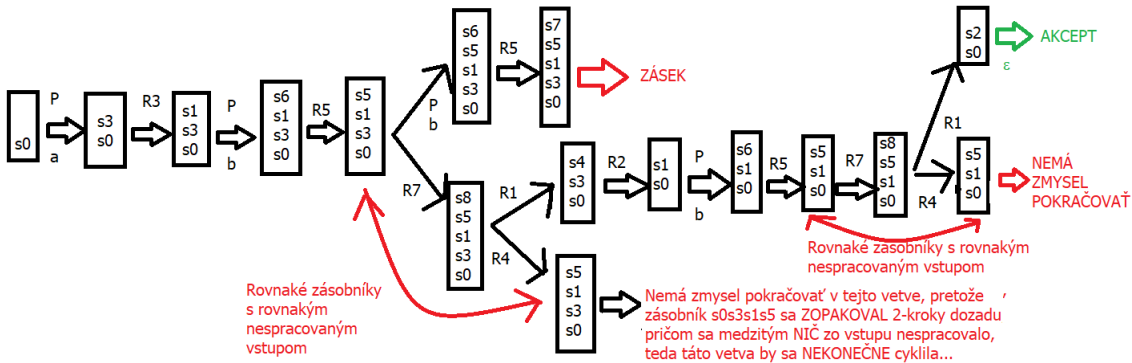
Výsledný *LALR*(1)-automat



ACTION tabuľka

<i>ACTION</i>	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}
a	P			P							
b	R3	P		R3	R2	P/R7	R5	P/R7	R1/R4	R4	R6
c							R5	P/R7		R4	R6
ε			A			R7	R5		R1/R4		R6

GLR-analýza *abb*



GLR-analýza *abb*

- Na predchádzajúcom slajde vidíme, že *abb* má v gramatike deriváciu, lebo existuje výpočtová vetva, ktorá slovo akceptuje. Poradie pravidiel v pravej derivácii: č. 1, 7, 5, 2, 1, 7, 5, 3.
- V tomto výpočte je zaujímavé, že nastávajú situácie, že v rámci nejakej vetvy sa zopakuje ten istý obsah zásobníka, pričom nespracovaný vstup zostane rovnaký - tieto situácie sú na obrázku označené červenými obojsmernými šípkami.
- Je logické, že nemá zmysel, aby výpočet pokračoval, pretože by sa cyklil donekonečna. Preto sa v takýchto vetvách ďalej nepokračuje.