

## Compilerbau - Wintersemester 2021/22

### Übungsblatt 6 - Musterlösung

#### Aufgabe 6.1

- (1) a. Wir führen das neue Startsymbol  $S'$  und die Regel  $S' \rightarrow S\$$  ein. Die Item-Mengen sind dann:

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \{S' \rightarrow \cdot S\$, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot S + S, S \rightarrow \cdot SS, S \rightarrow \cdot (S), S \rightarrow \cdot S*, S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_1 &= \{S' \rightarrow S \cdot \$, S \rightarrow S \cdot +S, S \rightarrow S \cdot S, S \rightarrow S \cdot *, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot S + S, S \rightarrow \cdot SS, S \rightarrow \cdot (S), S \rightarrow \cdot S*, S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_2 &= \{S \rightarrow (\cdot S), \\
 &\quad S \rightarrow \cdot S + S, S \rightarrow \cdot SS, S \rightarrow \cdot (S), S \rightarrow \cdot S*, S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_3 &= \{S \rightarrow a \cdot\} \\
 I_4 &= \{S \rightarrow S + \cdot S, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot S + S, S \rightarrow \cdot SS, S \rightarrow \cdot (S), S \rightarrow \cdot S*, S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_5 &= \{S \rightarrow SS \cdot, S \rightarrow S \cdot +S, S \rightarrow S \cdot S, S \rightarrow S \cdot *, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot S + S, S \rightarrow \cdot SS, S \rightarrow \cdot (S), S \rightarrow \cdot S*, S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_6 &= \{S \rightarrow S * \cdot\} \\
 I_7 &= \{S \rightarrow (S \cdot), S \rightarrow S \cdot +S, S \rightarrow S \cdot S, S \rightarrow S \cdot *, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot S + S, S \rightarrow \cdot SS, S \rightarrow \cdot (S), S \rightarrow \cdot S*, S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_8 &= \{S \rightarrow S + S \cdot, S \rightarrow S \cdot +S, S \rightarrow S \cdot S, S \rightarrow S \cdot *, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot S + S, S \rightarrow \cdot SS, S \rightarrow \cdot (S), S \rightarrow \cdot S*, S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_9 &= \{S \rightarrow (S) \cdot\}
 \end{aligned}$$

Die GOTO-Funktion ist gegeben durch (in der Zeile  $i$  mit Spaltenüberschrift  $X$

steht  $\text{GOTO}(I_i, X)$ :

	$S$	$+$	$*$	$($	$)$	$a$	$\$$
0	1			2		3	
1	5	4	6	2		3	
2	7			2		3	
3							
4	8			2		3	
5	5	4	6	2		3	
6							
7	5	4	6	2	9	3	
8	5	4	6	2		3	
9							

Die Follow-Menge für  $S$  ist  $\{+, ), *, a, (, \$\}$ . Folglich besteht sie aus allen Nicht-terminalen, sodass zwischen LR (0)- und SLR-Parsertabelle kein Unterschied bestehen würde.

- b.,c. In den Zuständen  $I_5$  und  $I_8$  gibt es Shift-Reduce-Konflikte bei den Terminalen  $+$ ,  $*$ ,  $($  und  $a$  (alle sind in  $\text{Follow}(S)$ , d.h. es könnte mit  $S \rightarrow SS$  bzw.  $S \rightarrow S+S$  reduziert werden, gleichzeitig können aber alle geshiftet werden).

Entsprechend gibt es weder eine LR (0)-, noch eine SLR-Parsertabelle.

- (2) a. Wir führen das neue Startsymbol  $S'$  und die Regel  $S' \rightarrow S\$$  ein. Die Item-Mengen sind dann

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \{S' \rightarrow \cdot S \$, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot (L), S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_1 &= \{S' \rightarrow S \cdot \$\} \\
 I_2 &= \{S \rightarrow (\cdot L), \\
 &\quad L \rightarrow \cdot L, S, L \rightarrow \cdot S, S \rightarrow \cdot (L), S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_3 &= \{S \rightarrow a \cdot\} \\
 I_4 &= \{S \rightarrow (L \cdot), L \rightarrow L \cdot, S\} \\
 I_5 &= \{L \rightarrow S \cdot\} \\
 I_6 &= \{S \rightarrow (L) \cdot\} \\
 I_7 &= \{L \rightarrow L, \cdot S, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot (L), S \rightarrow \cdot a\} \\
 I_8 &= \{L \rightarrow L, S \cdot\}
 \end{aligned}$$

Die GOTO-Funktion ist gegeben durch

	$S$	$L$	$($	$)$	$a$	$,$	$\$$
0	1		2		3		
1							
2	5	4	2		3		
3							
4					6	7	
5							
6							
7	8		2		3		
8							

Es ist  $\text{Follow}(S) = \{ , , , \$ \}$ .  $\text{Follow}(L) = \{ ) , , \}$

- b. Es gibt keine Konflikte in den Item-Mengen, denn in jeder Item-Menge gibt es höchstens ein Item mit einem Punkt am Ende (also keine Reduce-Reduce-Konflikte), und wenn es ein solches Item gibt, dann enthält die Item-Menge keine anderen Items (also können sicher keine Shift-Reduce-Konflikte auftreten).
- c. Die LR (0)-Parsertabelle ist:

	ACTION					GOTO	
	$($	$)$	$a$	$,$	$\$$	$S$	$L$
0	s2		s3			1	
1					acc		
2	s2		s3			5	4
3	r2	r2	r2	r2	r2		
4		s6		s7			
5	r4	r4	r4	r4	r4		
6	r1	r1	r1	r1	r1		
7	s2		s3			8	
8	r3	r3	r3	r3	r3		

Die SLR-Parsertabelle ist:

	ACTION					GOTO	
	$($	$)$	$a$	$,$	$\$$	$S$	$L$
0	s2		s3			1	
1					acc		
2	s2		s3			5	4
3		r2		r2	r2		
4		s6		s7			
5		r4		r4			
6		r1		r1	r1		
7	s2		s3			8	
8		r3		r3			

Bei den Reduce-Aktionen sind die Regeln einfach in der Reihenfolge von 1 bis 4 durchnummeriert, wie sie in der Aufgabe erscheinen.

### Aufgabe 6.2

a. Die Item-Mengen (also die Zustände im LR(0)-Automaten) sind

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \{S' \rightarrow \cdot S \$, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot 0S, S \rightarrow \cdot S1, S \rightarrow \cdot 10\} \\
 I_1 &= \{S' \rightarrow S \cdot \$, S \rightarrow S \cdot 1\} \\
 I_2 &= \{S \rightarrow 0 \cdot S, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot 0S, S \rightarrow \cdot S1, S \rightarrow \cdot 10\} \\
 I_3 &= \{S \rightarrow 1 \cdot 0\} \\
 I_4 &= \{S \rightarrow S1 \cdot\} \\
 I_5 &= \{S \rightarrow 0S \cdot, S \rightarrow S \cdot 1\} \\
 I_6 &= \{S \rightarrow 10 \cdot\}
 \end{aligned}$$

Die GOTO-Funktion (also die Übergänge im LR(0) Automaten) ist gegeben durch

	$S$	$0$	$1$	$\$$
0	1	2	3	
1			4	
2	5	2	3	
3		6		
4				
5			4	
6				

b. Im Zustand  $I_5$  gibt es einen Shift-Reduce-Konflikt: Einerseits kann hier 1 geshiftet werden (d.h.  $s4$  wäre eine mögliche Aktion im Zustand  $I_5$  mit nachfolgendem Symbol 1), andererseits ist 1 im Follow von  $S$ , also kann mit der Produktion  $S \rightarrow 0S \cdot$  reduziert werden (d.h.  $r1$  wäre ebenfalls eine mögliche Aktion).

### Aufgabe 6.3

Die Grammatik ist nicht LL (1), da es Linksrekursionen gibt.

Die Item-Mengen sind

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \{S' \rightarrow \cdot S \$, \\
 &\quad S \rightarrow \cdot SA, S \rightarrow \cdot A, A \rightarrow \cdot a\} \\
 I_1 &= \{S' \rightarrow S \cdot \$, S \rightarrow S \cdot A \\
 &\quad A \rightarrow \cdot a\} \\
 I_2 &= \{S \rightarrow A \cdot\} \\
 I_3 &= \{A \rightarrow a \cdot\} \\
 I_4 &= \{S \rightarrow SA \cdot\}
 \end{aligned}$$

Es können keine Konflikte auftreten, da in jedem Zustand maximal nur mit einer Regel reduziert werden kann und da, wenn man reduziert, ein shift nicht möglich ist.

Die SLR-Parsertabelle ist:

	ACTION		GOTO	
	<i>a</i>	<i>\$</i>	<i>S</i>	<i>A</i>
0	<i>s3</i>		1	2
1	<i>s3</i>	<i>acc</i>		4
2	<i>r1</i>	<i>r1</i>		
3	<i>r2</i>	<i>r2</i>		
4	<i>r0</i>	<i>r0</i>		

#### Aufgabe 6.4

stack	symbols	input	action
0	\$	id*id+id\$	shift 5
05	\$id	*id+id\$	reduce $F \leftarrow id$ GOTO(0,F)
03	\$F	*id+id\$	reduce $T \leftarrow F$ GOTO(0,T)
02	\$T	*id+id\$	shift 7
027	\$T*	id+id\$	shift 5
0275	\$T*id	+id\$	reduce $F \leftarrow id$ GOTO(6,F)
0279	\$T*F	+id\$	reduce $T \leftarrow T * F$ GOTO(0,T)
02	\$T	+id\$	reduce $E \leftarrow T$ GOTO(0,E)
01	\$E	+id\$	shift 6
016	\$E+	id\$	shift 5
0165	\$E+id	\$	reduce $F \leftarrow id$ GOTO(7,F)
0163	\$E+F	\$	reduce $T \leftarrow F$ GOTO(7,T)
016 10	\$E+T	\$	reduce $E \leftarrow E + T$ GOTO(0,E)
01	\$E+T	\$	accept

#### Aufgabe 6.5

LALR(1) Parsingtabelle:

	a	b	c	\$	S	A
0	shift 1		shift 2		3	4
1/8	shift 6					
2/10	$A \leftarrow c$	$A \leftarrow c$		$A \leftarrow c$		
3				accept		
4/9	shift 5	$S \leftarrow A$	$S \leftarrow A$			
5/14	$A \leftarrow Aa$	$A \leftarrow Aa$		$A \leftarrow Aa$		
6/13	shift 1	shift 11	shift 2		7	4
7/15		shift 12				
11/17		$S \leftarrow aab$		$S \leftarrow aab$		
12/16		$S \leftarrow aaSb$		$S \leftarrow aaSb$		

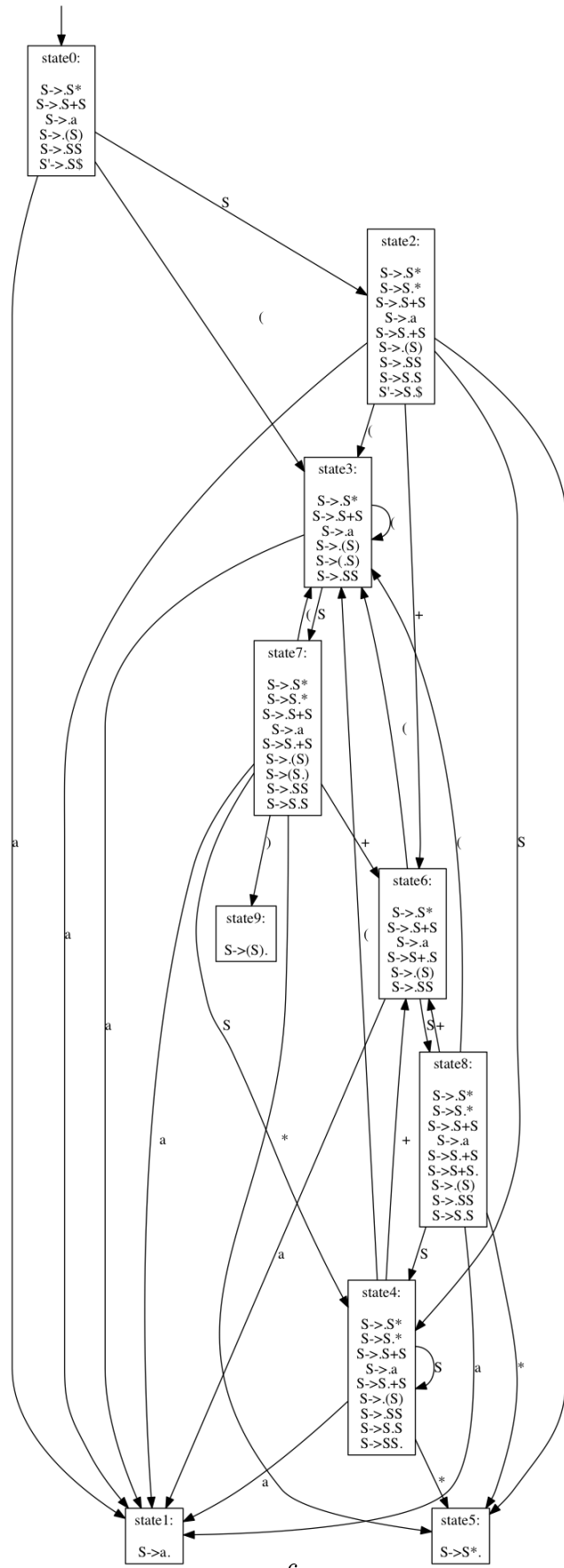


Abbildung 1: 52a (abweichende Zustandsnummerierung)

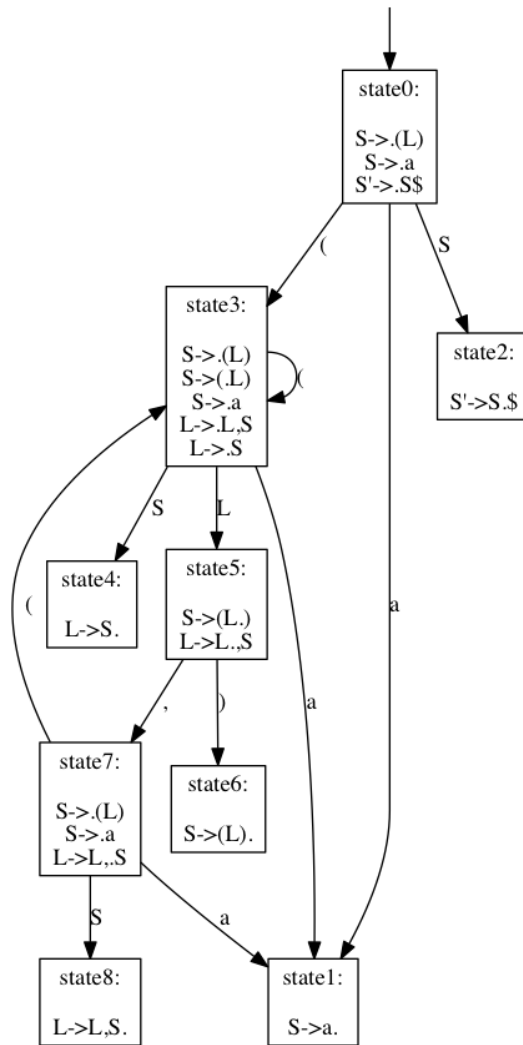


Abbildung 2: 52b (abweichende Zustandsnummerierung)

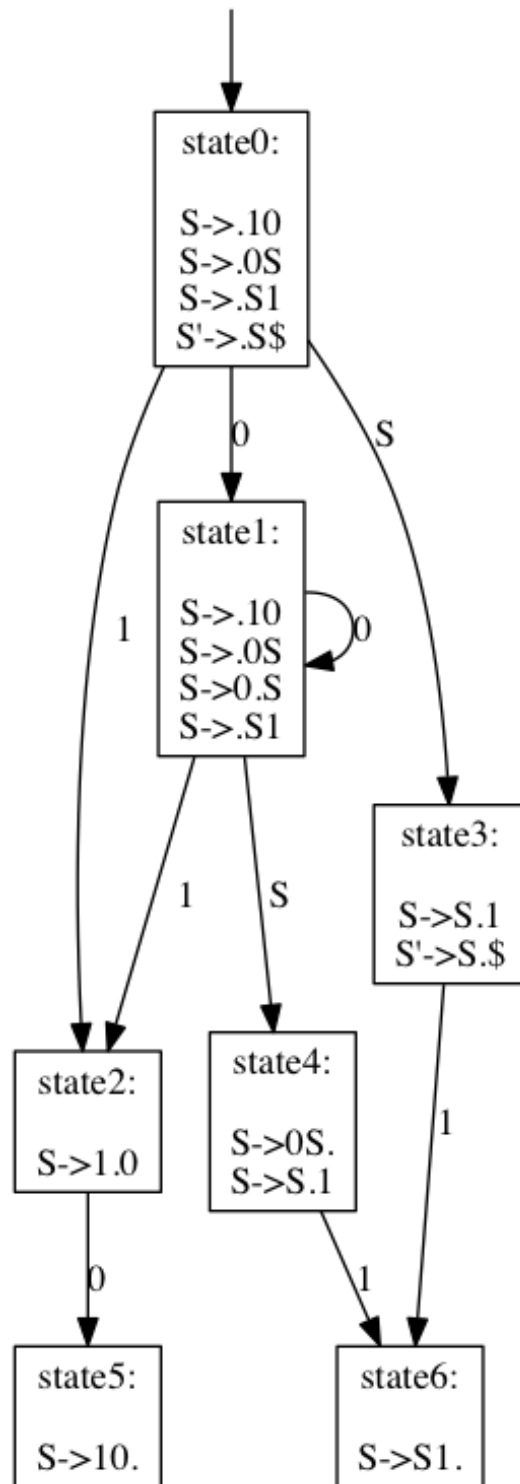


Abbildung 3: 53 (abweichende Zustandsnummerierung)



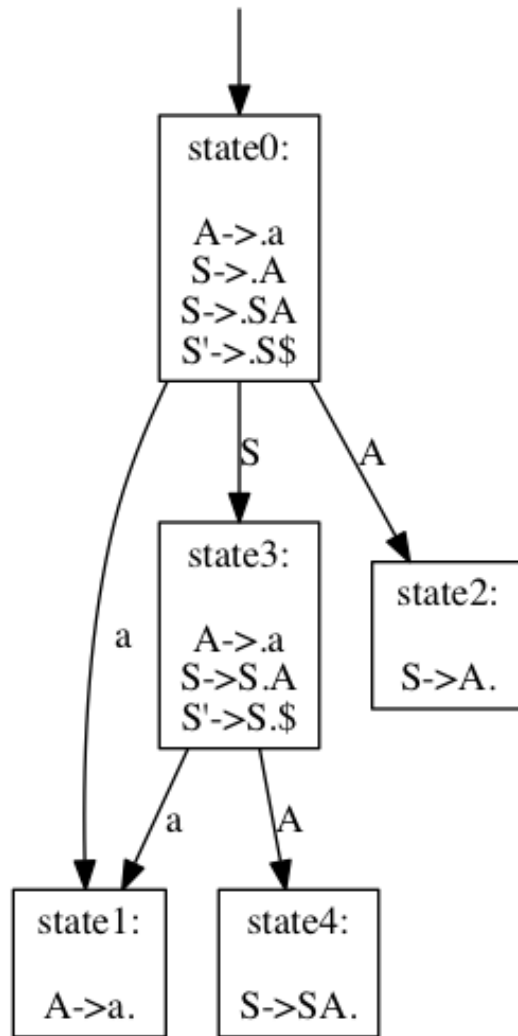


Abbildung 4: 54 (abweichende Zustandsnummerierung)

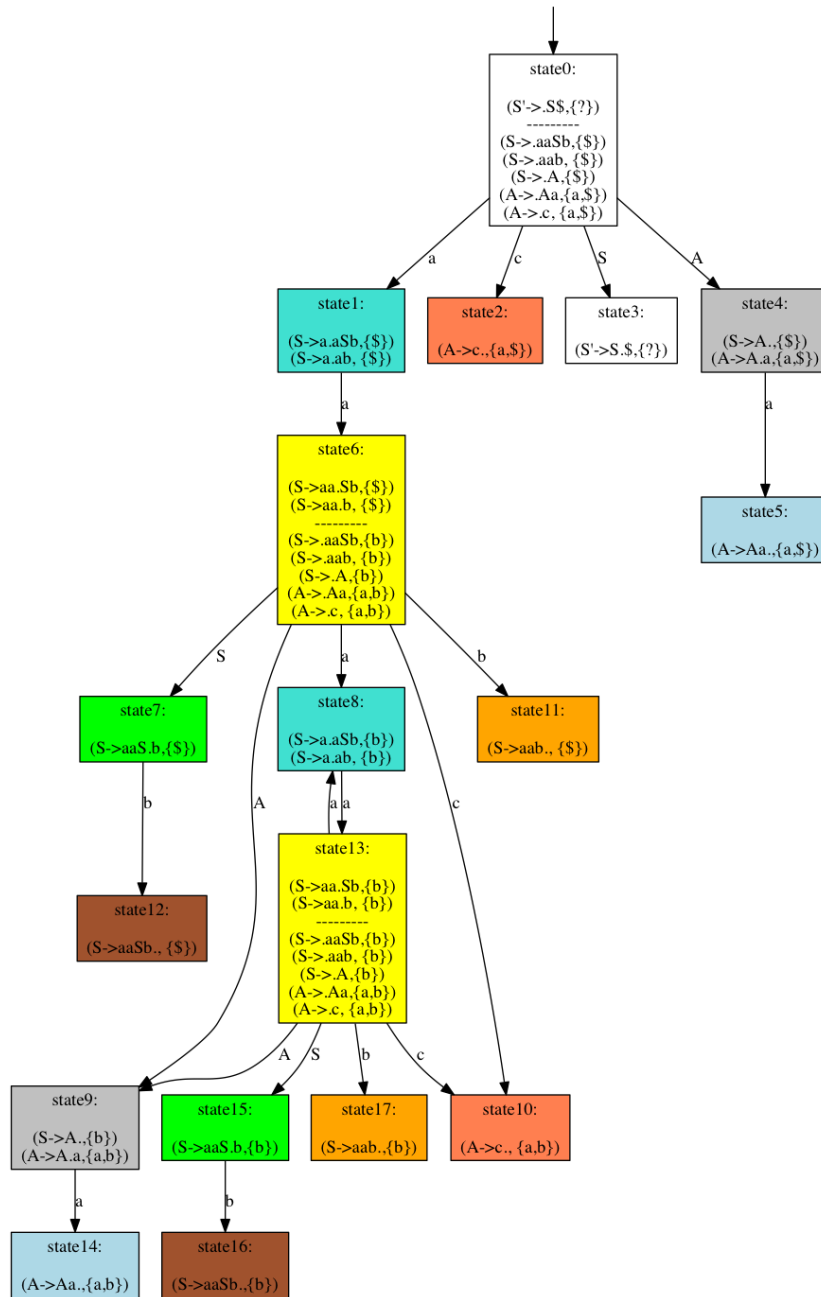


Abbildung 5: LR(1) Automat

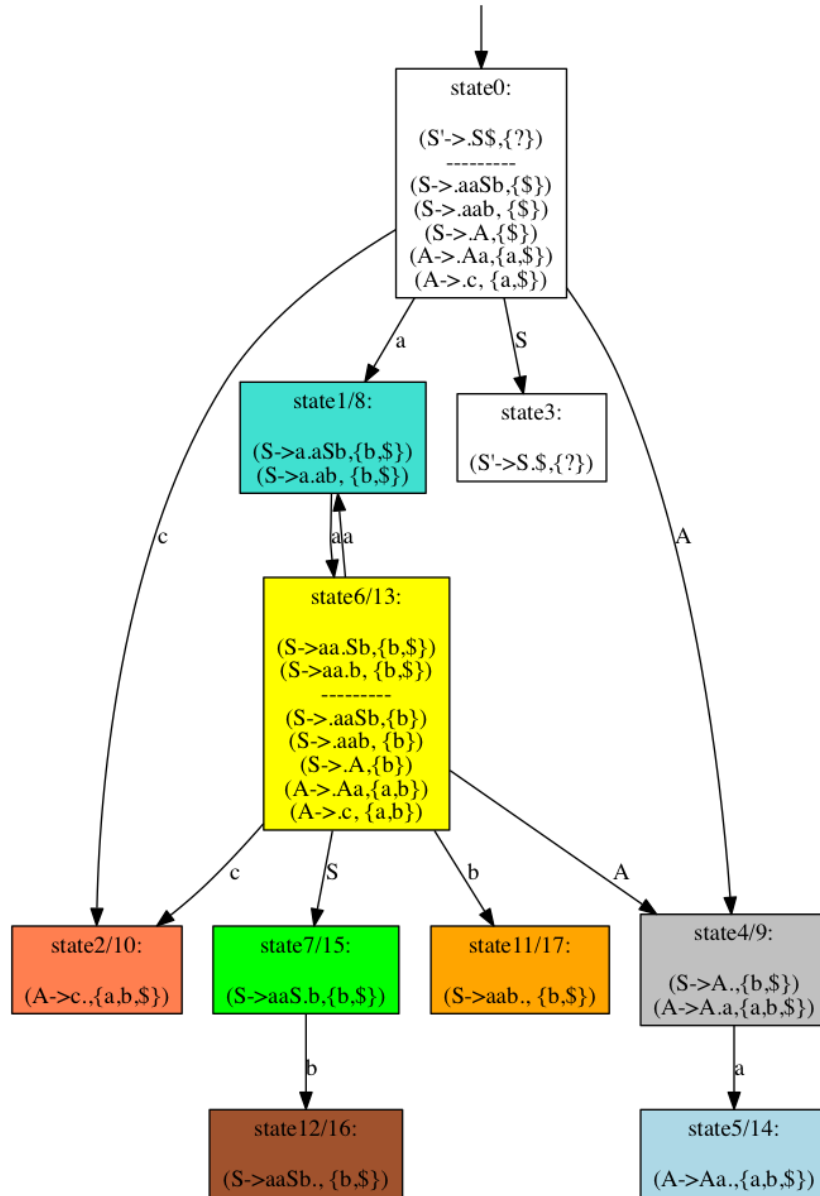


Abbildung 6: LALR(1) Automat