

Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za elektroniku, mikroelektroniku,  
računalne i inteligentne sustave

Daniel Skrobo  
Ivan Žužak  
Miroslav Popović  
Ivan Budiselić  
Zvonimir Pavlić

# **Prevođenje programskih jezika**

Auditorne vježbe

Priprema za međuispit

**Zagreb, rujan 2012.**

**1. Leksički analizirati zadani programski odsječak te konstruirati sve izlazne tablice leksičkog analizatora. Ključne riječi su podvučene.**

```
const string Instrument = "Gitara"  
enum Padez { Nominativ, Genetiv, Dativ, Akuzativ };  
int a = (int) Padez.Nominativ +  
        (int) Padez. Akuzativ;  
Instrument += "Klasicna" ;
```

**a) Podatkovna struktura leksičkog analizatora**

Tablica ključnih riječi, operatora i specijalnih znakova (KROS)

Tablica identifikatora

Tablica konstanti

Tablica uniformnih znakova

**b) Tablica ključnih riječi, operatora i specijalnih znakova**

```
const string Instrument = "Gitara"  
enum Padez { Nominativ, Genetiv, Dativ, Akuzativ } ;  
int a = ( int ) Padez . Nominativ +  
        ( int ) Padez . Akuzativ;  
Instrument += "Klasicna" ;
```

Redni Broj	KROS
1	<u>const</u>
2	<u>string</u>
3	=
4	<u>enum</u>
5	{
6	,
7	}

8	;
9	<u>int</u>
10	(
11	)
12	.
13	+
14	+=

c) Tablica identifikatora

```
const string Instrument = "Gitara"  
enum Padez { Nominativ, Genetiv, Dativ, Akuzativ };  
int a = (int) Padez.Nominativ +  
          (int) Padez. Akuzativ;  
Instrument += "Klasicna" ;
```

Redni Broj	Ime identifikatora
1	<b>Instrument</b>
2	<b>Padez</b>
3	<b>Nominativ</b>
4	<b>Genetiv</b>
5	<b>Dativ</b>
6	<b>Akuzativ</b>
7	<b>a</b>

d) Tablica konstanti

```
const string Instrument = "Gitara"  
enum Padez { Nominativ, Genetiv, Dativ, Akuzativ };  
int a = (int) Padez.Nominativ +  
          (int) Padez. Akuzativ;  
Instrument += "Klasicna" ;
```

Redni Broj	Vrijednost konstante	Tip konstante
1	<b>"Gitara"</b>	<b>String</b>
2	<b>"Klasicna"</b>	<b>String</b>

e) Tablica uniformnih znakova

const	string	Instrument	=	"Gitara"
-------	--------	------------	---	----------

enum	Padez	{	Nominativ	,	Genetiv	,	Dativ	,	Akuzativ	}	;
------	-------	---	-----------	---	---------	---	-------	---	----------	---	---

int	a	=	(	int	)	Padez	.	Nominativ	+
-----	---	---	---	-----	---	-------	---	-----------	---

(	int	)	Padez	.	Akuzativ	;
---	-----	---	-------	---	----------	---

Instrument	+=	"Klasicna"	;
------------	----	------------	---

Izvorni program	Uniformni znak	Kazaljka
<u>const</u>	KROS	1
<u>String</u>	KROS	2
Instrument	IDN	1
=	KROS	3
"Gitara"	KON	1
<u>enum</u>	KROS	4
Padez	IDN	2
{	KROS	5
Nominativ	IDN	3
,	KROS	6
Genetiv	IDN	4
,	KROS	6
Dativ	IDN	5
,	KROS	6
Akuzativ	IDN	6
}	KROS	7
;	KROS	8
<u>int</u>	KROS	9
a	IDN	7
=	KROS	3
(	KROS	10
<u>int</u>	KROS	9
)	KROS	11
Padez	IDN	2
.	KROS	12
Nominativ	IDN	3
+	KROS	13
(	KROS	10
<u>int</u>	KROS	9
)	KROS	11
Padez	IDN	2
.	KROS	12

Akuzativ	IDN	6
;	KROS	8
Instrument	IDN	1
+=	KROS	14
"Klasicna"	KON	2
;	KROS	8

**2. Na osnovi navedenih pravila odredite i objasnite izlaz leksičkog analizatora za nizove a), b) i c).**

a) yyy++x

b) yyx

c) x!++

r <sub>1</sub>	++x	ispiši("r1")
r <sub>2</sub>	++xy*	ispiši("r2")
r <sub>3</sub>	y	ispiši("r3")
r <sub>4</sub>	yy / x	ispiši("r4")
r <sub>5</sub>	yyy	ispiši("r5")
r <sub>6</sub>	x	ispiši("r6")
r <sub>7</sub>	x(+ !)	uđi u stanje S ODBACI
r <sub>8</sub>	<S> !++	ispiši("r8") izađi iz stanja S

**Rješenje:**

**Pravila leksičkog analizatora**

1) Najdulji prepoznati podniz

2) U slučaju jednakih duljina podnizova, regularni izraz s manjim indeksom

a) yyy **r5** (prioritet po duljini)

++x **r1** (prioritet po indeksu regularnog izraza)

b) yy **r4**

x **r6** (desni kontekst)

c) x! ulazi u S, odbacuje r7 i vraća se na x

x **r6**

!++ **r8** izlazi iz S

**3. BNF sustavom oznaka opisati BNF sustav oznaka. Za varijable koristiti uniformni znak VARIJABLA, a za konstante uniformni znak KONSTANTA.**

**a) BNF opis sastoji se od jednog ili više pravila**

$$\begin{aligned} \langle BNF \rangle ::= & \langle pravilo \rangle \\ & | \langle BNF \rangle \langle pravilo \rangle \end{aligned}$$

**b) Svako pravilo s lijeve strane znaka ::= ima varijablu, a s desne strane ima jedan ili više izraza odvojenih znakom |**

$$\begin{aligned} \langle pravilo \rangle ::= & \text{VARIJABLA} ::= \langle izraz \rangle \\ & | \langle pravilo \rangle | \langle izraz \rangle \end{aligned}$$

**c) Svaki izraz sastoji se od proizvoljnog broja (nula ili više) varijabli i konstanti**

$$\begin{aligned} \langle izraz \rangle ::= & \langle izraz \rangle \text{VARIJABLA} \\ & | \langle izraz \rangle \text{KONSTANTA} \\ & | "" \end{aligned}$$

**4. Zadanu gramatiku pretvoriti u S gramatiku.**

$S \rightarrow a A b$	$A \rightarrow d$	$B \rightarrow B c$
$S \rightarrow b A c$	$A \rightarrow \epsilon$	$B \rightarrow g$
$S \rightarrow c B a$		

**a) Analiza gramatike**

$S \rightarrow a A b$	$A \rightarrow d$	$B \rightarrow B c$
$S \rightarrow b A c$	$A \rightarrow \epsilon$	$B \rightarrow g$
$S \rightarrow c B a$		

**b) Izbacivanje  $\epsilon$ -produkcija**

$S \rightarrow a A b$	$A \rightarrow d$	$B \rightarrow B c$
$S \rightarrow b A c$	$A \rightarrow \epsilon$	$B \rightarrow g$
$S \rightarrow c B a$		

*Dodavanje zamjenskih nezavršnih znakova*

$S \rightarrow a \text{ A}_{DA} b$	$A \rightarrow d$	$B \rightarrow B c$
$S \rightarrow a \text{ A}_{NE} b$		$B \rightarrow g$
$S \rightarrow b \text{ A}_{DA} c$		
$S \rightarrow b \text{ A}_{NE} c$		
$S \rightarrow c B a$		

*Izbacivanje zamjenskih nezavršnih znakova koji označavaju nepojavljivanje nezavršnog znaka*

$S \rightarrow a A b$	$A \rightarrow d$	$B \rightarrow B c$
$S \rightarrow a b$		$B \rightarrow g$
$S \rightarrow b A c$		
$S \rightarrow b c$		
$S \rightarrow c B a$		

**c) Uklanjanje početnih nezavršnih znakova desnih strana produkcija**

$S \rightarrow a A b$	$A \rightarrow d$	$\text{B} \rightarrow \text{B} c$
$S \rightarrow a b$		$B \rightarrow g$
$S \rightarrow b A c$		
$S \rightarrow b c$		
$S \rightarrow c B a$		

*Produkcija  $S \rightarrow c B a$  generira nizove*

cga  
cgca  
cgcca  
cgccca  
cgcccca  
...

cgcccccca

Pretvorba produkcija  $S \rightarrow c B a$ ,  $B \rightarrow B c$  i  $B \rightarrow b$  u oblik:

$S \rightarrow c X$   
 $X \rightarrow g Y$   
 $Y \rightarrow c Y$   
 $Y \rightarrow a$

**d) Uvrštavanje novih produkcija**

$S \rightarrow \textcolor{red}{a} A b$                        $A \rightarrow d$   
 $S \rightarrow \textcolor{red}{a} b$   
 $S \rightarrow \textcolor{green}{b} A c$   
 $S \rightarrow \textcolor{green}{b} c$   
 $S \rightarrow c X$   
 $X \rightarrow g Y$   
 $Y \rightarrow c Y$   
 $Y \rightarrow a$

**e) Lijevo izlučivanje znakova  $\textcolor{red}{a}$  i  $\textcolor{green}{b}$**

$S \rightarrow a \textcolor{red}{P}$                        $\textcolor{blue}{A} \rightarrow d$   
 $S \rightarrow b \textcolor{green}{Q}$   
 $S \rightarrow c X$   
  
 $P \rightarrow \textcolor{blue}{A} b$   
 $P \rightarrow b$   
  
 $Q \rightarrow \textcolor{blue}{A} c$   
 $Q \rightarrow c$   
  
 $X \rightarrow g Y$   
 $Y \rightarrow c Y$   
 $Y \rightarrow a$



**f) Uklanjanje znaka A**

$S \rightarrow a P$

$S \rightarrow b Q$

$S \rightarrow c X$

$P \rightarrow d b$

$P \rightarrow b$

$Q \rightarrow d c$

$Q \rightarrow c$

$X \rightarrow g Y$

$Y \rightarrow c Y$

$Y \rightarrow a$

5. Zadanom *Co-No* tablicom parsirati dva niza naredbi. Odrediti da li se niz naredbi prihvaća zadanom *Co-No* tablicom, napisati generirani niz naredbi ciljnog programa i odrediti vrijednosti varijabli  $a$ ,  $b$  i  $c$  nakon izvođenja ciljnog programa.

a)  $; 4 \rightarrow a; 5 \rightarrow b; a + b * 10 \rightarrow c;$

b)  $; 5 \rightarrow c; 3 \rightarrow d; c * d; c / d \rightarrow a;$

Tablica sadrži akcije generatora ciljnog programa za stogovni stroj. Akcije PUSH stavlja na vrh stoga zadanu vrijednost ili vrijednost zadane varijable. Akcija POP skida s vrha stoga podatak u sprema ga u zadanu varijablu. Akcije ADD, SUB, MUL i DIV skidaju dva podatka s vrha stoga, izvode operaciju i stavljaju rezultat na vrh stoga. Akcija – označava grešku u ulaznom nizu.

		Desni operator					
		;	+	-	*	/	$\rightarrow$
Lijevi operator	;	–	PUSH	PUSH	PUSH	PUSH	PUSH
	+	–	PUSH ADD	PUSH ADD	PUSH ADD	PUSH ADD	PUSH ADD
	-	–	PUSH SUB	PUSH SUB	PUSH SUB	PUSH SUB	PUSH SUB
	*	–	PUSH MUL	PUSH MUL	PUSH MUL	PUSH MUL	PUSH MUL
	/	–	PUSH DIV	PUSH DIV	PUSH DIV	PUSH DIV	PUSH DIV
	$\rightarrow$	POP	–	–	–	–	–

a) Parsiranje prvog niza:  $; 4 \rightarrow a; 5 \rightarrow b; a + b * 10 \rightarrow c;$

;	4	$\rightarrow$	a	;	5	$\rightarrow$	b	;	a	+	b	*	10	$\rightarrow$	c	;
---	---	---------------	---	---	---	---------------	---	---	---	---	---	---	----	---------------	---	---

Generirani ciljni program:

PUSH 4

Vrijednosti varijabli:

$a=?$ ,  $b=?$ ,  $c=?$

Stanje stoga:

4

;	4	$\rightarrow$	a	;	5	$\rightarrow$	b	;	a	+	b	*	10	$\rightarrow$	c	;
---	---	---------------	---	---	---	---------------	---	---	---	---	---	---	----	---------------	---	---

Generirani ciljni program:

PUSH 4

POP a

Vrijednosti varijabli:

$a=4$ ,  $b=?$ ,  $c=?$

Stanje stoga:


;	4	→	a	;	5	→	b	;	a	+	b	*	10	→	c	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 4  
POP a  
PUSH 5

$a=4, b=?, c=?$

5

;	4	→	a	;	5	→	b	;	a	+	b	*	10	→	c	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 4  
POP a  
PUSH 5  
POP b

$a=4, b=5, c=?$


;	4	→	a	;	5	→	b	;	a	+	b	*	10	→	c	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 4  
POP a  
PUSH 5  
POP b  
PUSH a

$a=4, b=5, c=?$

4

;	4	→	a	;	5	→	b	;	a	+	b	*	10	→	c	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 4  
POP a  
PUSH 5  
POP b  
PUSH a  
PUSH b  
ADD

$a=4, b=5, c=?$

4	9
5	

;	4	→	a	;	5	→	b	;	a	+	b	*	10	→	c	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 4  
POP a  
PUSH 5  
POP b  
PUSH a  
PUSH b  
ADD  
PUSH 10  
MUL

$a=4, b=5, c=$

9	90
10	

;	4	→	a	;	5	→	b	;	a	+	b	*	10	→	c	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 4  
POP a  
PUSH 5  
POP b  
PUSH a  
PUSH b  
ADD  
PUSH 10  
MUL  
POP c

$a=4, b=5, c=90$


b) Parsiranje drugog niza: ; 5 → c ; 3 → d ; c \* d ; c / d → a ;

;	5	→	c	;	3	→	d	;	c	*	d	;	c	/	d	→	a	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 5

$a=?, c=?, d=?$

5

;	5	→	c	;	3	→	d	;	c	*	d	;	c	/	d	→	a	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 5  
POP c

$a=?, c=5, d=?$


;	5	→	c	;	3	→	d	;	c	*	d	;	c	/	d	→	a	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Generirani ciljni program:

Vrijednosti varijabli:

Stanje stoga:

PUSH 5  
POP c  
PUSH 3

$a=?, c=5, d=?$

3

;	5	→	c	;	3	→	d	;	c	*	d	;	c	/	d	→	a	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Generirani ciljni program:

PUSH 5  
POP c  
PUSH 3  
POP d

Vrijednosti varijabli:

a=?, c=5, d=3

Stanje stoga:


;	5	→	c	;	3	→	d	;	c	*	d	;	c	/	d	→	a	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Generirani ciljni program:

PUSH 5  
POP c  
PUSH 3  
POP d  
PUSH c

Vrijednosti varijabli:

a=?, c=5, d=3

Stanje stoga:

5

;	5	→	c	;	3	→	d	;	c	*	d	;	c	/	d	→	a	;
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Generirani ciljni program:

PUSH 5  
POP c  
PUSH 3  
POP d  
PUSH c

Vrijednosti varijabli:

a=?, c=5, d=3

Stanje stoga:

5

*Pogreška u ulaznom nizu*

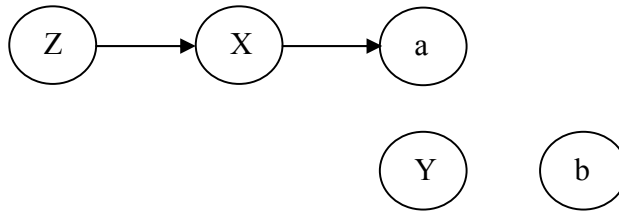
6. Za računalu  $A$  postoji jezični procesor  $JP_a^{Z \rightarrow X}$ , dok je na računalu  $B$  dostupan jezični procesor  $JP_b^{X \rightarrow a}$ . Također je raspoloživ i jezični procesor  $JP_Z^{X \rightarrow Y}$ . Potrebno je odrediti u kojem višem programskom jeziku ( $X$ ,  $Y$ , ili  $Z$ ) treba izgraditi jezični procesor  $JP_\gamma^{Y \rightarrow b}$ , tako da se može ostvariti prevođenje programa napisanog u jeziku  $X$  u ciljni jezik  $b$ . Navesti sve korake u postupku prevođenja programa.

**Dostupni jezični procesori**

računalo A:  $JP_a^{Z \rightarrow X}$

računalo B:  $JP_b^{X \rightarrow a}$

"viši" jezici:  $JP_Z^{X \rightarrow Y}$



Traženi:  $JP_\Gamma^{Y \rightarrow b}$  za  $\Gamma \in \{X, Y, Z\}$ , tako da ostvarimo  $P_X \rightarrow P_b$

$$P_X \Rightarrow \boxed{JP_\gamma^{X \rightarrow ?}} \Rightarrow P_{???} \Rightarrow \boxed{JP_\gamma^{? \rightarrow ?}} \Rightarrow \dots \Rightarrow P_Y \Rightarrow \boxed{JP_\gamma^{Y \rightarrow b}} \Rightarrow P_b$$

**a) Izgradnja dodatnih jezičnih procesora**

$$JP_Z^{X \rightarrow Y} \Rightarrow \boxed{JP_a^{Z \rightarrow X}} \Rightarrow JP_X^{X \rightarrow Y}$$

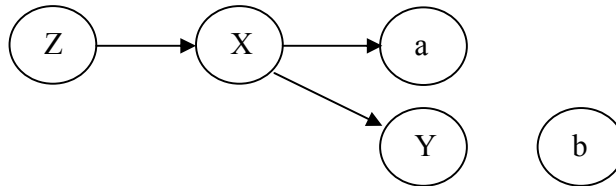
$$JP_X^{X \rightarrow Y} \Rightarrow \boxed{JP_b^{X \rightarrow a}} \Rightarrow JP_a^{X \rightarrow Y}$$

### Dostupni jezični procesori

računalo A:  $JP_a^{Z \rightarrow X}$        $JP_a^{X \rightarrow Y}$

računalo B:  $JP_b^{X \rightarrow a}$

"viši" jezici:  $JP_Z^{X \rightarrow Y}$        $JP_X^{X \rightarrow Y}$



$$P_X \Rightarrow \boxed{JP_a^{X \rightarrow Y}} \Rightarrow P_Y \Rightarrow \boxed{JP_{?}^{Y \rightarrow b}} \Rightarrow P_b$$

#### I) Jezik izgradnje Y

$$JP_Y^{Y \rightarrow b} \Rightarrow \boxed{JP_{?}^{Y \rightarrow ?}} \Rightarrow ???$$

#### II) Jezik izgradnje Z

$$JP_Z^{Y \rightarrow b} \Rightarrow \boxed{JP_a^{Z \rightarrow X}} \Rightarrow JP_X^{Y \rightarrow b} \Rightarrow \boxed{JP_b^{X \rightarrow a}} \Rightarrow \boxed{JP_a^{Y \rightarrow b}}$$

#### III) Jezik izgradnje X

$$JP_X^{Y \rightarrow b} \Rightarrow \boxed{JP_b^{X \rightarrow a}} \Rightarrow \boxed{JP_a^{Y \rightarrow b}}$$

## 7. Konstruirati potisni automat za zadanu Q gramatiku.

$$S \rightarrow a A B c$$

$$A \rightarrow a A$$

$$B \rightarrow b B$$

$$S \rightarrow c B A b$$

$$A \rightarrow \varepsilon$$

$$B \rightarrow c$$

### a) Struktura potisnog automata

$$PA = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, S, \emptyset)$$

$$Q = \{q_0\}$$

$$\Sigma = \{a, b, c, \perp\}$$

Svi završni znakovi gramatike i oznaka kraja niza

$$\Gamma = \{S, A, B, a, b, c, \nabla\}$$

Svi nezavršni znakovi i završni znakovi gramatike koji su na desnim stranama produkcija gramatike i oznaka dna stoga

	a	b	c	$\perp$
S				
A				
B				
a				
b				
c				
$\nabla$				

$$PA = (\{q_0\}, \{a,b,c\}, \{S,A,B,a,b,c,\nabla\}, \delta, q_0, S, \emptyset)$$

### b) Pretvorba produkcija u akcije potisnog automata

Produkcije oblika:  $A \rightarrow b\alpha$

U redak tablice PA s oznakom A:

Zamijeni( $\alpha^r$ ); Pomakni;

$$1: S \rightarrow a A B c$$

$$2: S \rightarrow c B A b$$

$$3: A \rightarrow a A$$

$$4: B \rightarrow b B$$

	a	b	c	$\perp$
S	#1		#2	
A	#3			
B		#4		
a				
b				
c				
$\nabla$				

#1: Zamijeni (cBA); Pomakni;

#2: Zamijeni (bAB); Pomakni;

#3: Zamijeni (A); Pomakni;

#4: Zamijeni (B); Pomakni;



**Produkcije oblika:**  $A \rightarrow b$

**U redak tablice PA s oznakom A:**

*Izvuci; Pomakni;*

- 1:  $S \rightarrow a A B c$
- 2:  $S \rightarrow c B A b$
- 3:  $A \rightarrow a A$
- 4:  $B \rightarrow b B$
- 5:  $B \rightarrow c$

	a	b	c	$\perp$
S	#1		#2	
A	#3			
B		#4	#5	
a				
b				
c				
$\nabla$				

- #1: Zamijeni (cBA); Pomakni;
- #2: Zamijeni (bAB); Pomakni;
- #3: Zamijeni (A); Pomakni;
- #4: Zamijeni (B); Pomakni;
- #5: Izvuci; Pomakni;

**Produkcije oblika:**  $A \rightarrow \varepsilon$

**U redak tablice PA s oznakom A:**

**Za sve znakove a u stupcima tog retka za koje vrijedi  $a \in \text{PRIMJENI}(A \rightarrow \varepsilon)$ :**

*Izvuci; Zadrži;*

**PRIMJENI( $A \rightarrow \varepsilon$ ) = SLIJEDI(A) = {b} U {b, c} = {b, c}**

- 1:  $S \rightarrow a A B c$
- 2:  $S \rightarrow c B A b$
- 3:  $A \rightarrow a A$
- 4:  $B \rightarrow b B$
- 5:  $B \rightarrow c$
- 6:  $A \rightarrow \varepsilon$

**PRIMJENI( $A \rightarrow \varepsilon$ ) = {b, c}**

	a	b	c	$\perp$
S	#1		#2	
A	#3	#6	#6	
B		#4	#5	
a				
b				
c				
$\nabla$				

- #1: Zamijeni (cBA); Pomakni;
- #2: Zamijeni (bAB); Pomakni;
- #3: Zamijeni (A); Pomakni;
- #4: Zamijeni (B); Pomakni;
- #5: Izvuci; Pomakni;
- #6: Izvuci; Zadrži;

**c) Definiranje akcija za završne znakove na vrhu stoga**

- 1:  $S \rightarrow a A B c$
- 2:  $S \rightarrow c B A b$
- 3:  $A \rightarrow a A$
- 4:  $B \rightarrow b B$
- 5:  $B \rightarrow c$
- 6:  $A \rightarrow \varepsilon$

**PRIMJENI( $A \rightarrow \varepsilon$ ) = {b, c}**

	a	b	c	$\perp$
S	#1		#2	
A	#3	#6	#6	
B		#4	#5	
a	#7			
b		#7		
c			#7	
$\nabla$				

- #1: Zamijeni (cBA); Pomakni;
- #2: Zamijeni (bAB); Pomakni;
- #3: Zamijeni (b); Pomakni;
- #4: Zamijeni (B); Pomakni;
- #5: Izvuci; Pomakni;
- #6: Izvuci; Zadrži;
- #7: Izvuci; Pomakni;

**d) Dodavanje akcije za prihvaćanje niza**

1:  $S \rightarrow a A B c$

2:  $S \rightarrow c B A b$

3:  $A \rightarrow a A$

4:  $B \rightarrow b B$

5:  $B \rightarrow c$

6:  $A \rightarrow \varepsilon$

PRIMJENI( $A \rightarrow \varepsilon$ ) = {b,c}

	a	b	c	$\perp$
S	#1		#2	
A	#3	#6	#6	
B		#4	#5	
a	#7			
b		#7		
c			#□	
▽				#8

#1: Zamijeni (cBA); Pomakni;

#2: Zamijeni (bAB); Pomakni;

#3: Zamijeni (A); Pomakni;

#4: Zamijeni (B); Pomakni;

#5: Izvuci; Pomakni;

#6: Izvuci; Zadrži;

#7: Izvuci; Pomakni;

#8: Prihvati;

**e) Dodavanje akcija za odbijanje niza**

1:  $S \rightarrow a A B c$

2:  $S \rightarrow c B A b$

3:  $A \rightarrow a A$

4:  $B \rightarrow b B$

5:  $B \rightarrow c$

6:  $A \rightarrow \varepsilon$

PRIMJENI( $A \rightarrow \varepsilon$ ) = {b,c}

	a	b	c	$\perp$
S	#1	-	#2	-
A	#3	#6	#6	-
B	-	#4	#5	-
a	#7	-	-	-
b	-	#7	-	-
c	-	-	#7	-
▽	-	-	-	#8

#1: Zamijeni (cBA); Pomakni;

#2: Zamijeni (bAB); Pomakni;

#3: Zamijeni (A); Pomakni;

#4: Zamijeni (B); Pomakni;

#5: Izvuci; Pomakni;

#6: Izvuci; Zadrži;

#7: Izvuci; Pomakni;

#8: Prihvati;

-: Odbaci;

8. Odrediti produkcije gramatike na temelju koje je konstruiran sljedeći potisni automat.

	a	b	c	⊥
S	#1	#2	#3	#8
A	#2	#4	#8	#4
B	#5	#4	#6	#8
b	#8	#7	#8	#8
▽	#8	#8	#8	#9

#1: Zamijeni (A); Pomakni;  
 #2: Zamijeni (S); Pomakni;  
 #3: Zamijeni (bB); Pomakni;  
 #4: Izvuci; Zadrži;  
 #5: Zamijeni (AbB); Pomakni;  
 #6: Zamijeni (SS); Pomakni;  
 #7: Izvuci; Pomakni;  
 #8: Odbaci;  
 #9: Prihvati;

	a	b	c	⊥
S	#1	#2	#3	#8
A	#2	#4	#8	#4
B	#5	#4	#6	#8
b	#8	#7	#8	#8
▽	#8	#8	#8	#9

#1: Zamijeni (A); Pomakni;  
 #2: Zamijeni (S); Pomakni;  
 #3: Zamijeni (bB); Pomakni;  
 #4: Izvuci; Zadrži;  
 #5: Zamijeni (AbB); Pomakni;  
 #6: Zamijeni (SS); Pomakni;  
 #7: Izvuci; Pomakni;  
 #8: Odbaci;  
 #9: Prihvati;

$S \rightarrow a A$

$S \rightarrow b S$

$S \rightarrow c B b$

	a	b	c	⊥
S	#1	#2	#3	#8
A	#2	#4	#8	#4
B	#5	#4	#6	#8
b	#8	#7	#8	#8
▽	#8	#8	#8	#9

#1: Zamijeni (A); Pomakni;  
 #2: Zamijeni (S); Pomakni;  
 #3: Zamijeni (bB); Pomakni;  
 #4: Izvuci; Zadrži;  
 #5: Zamijeni (AbB); Pomakni;  
 #6: Zamijeni (SS); Pomakni;  
 #7: Izvuci; Pomakni;  
 #8: Odbaci;  
 #9: Prihvati;

$S \rightarrow a A$

$S \rightarrow b S$

$S \rightarrow c B b$

$A \rightarrow a S$

$A \rightarrow \epsilon$

	a	b	c	⊥
S	#1	#2	#3	#8
A	#2	#4	#8	#4
B	#5	#4	#6	#8
b	#8	#7	#8	#8
▽	#8	#8	#8	#9

#1: Zamijeni (A); Pomakni;  
 #2: Zamijeni (S); Pomakni;  
 #3: Zamijeni (bB); Pomakni;  
 #4: Izvuci; Zadrži;  
 #5: Zamijeni (AbB); Pomakni;  
 #6: Zamijeni (SS); Pomakni;  
 #7: Izvuci; Pomakni;  
 #8: Odbaci;  
 #9: Prihvati;

$S \rightarrow a A$

$S \rightarrow b S$

$S \rightarrow c B b$

$A \rightarrow a S$

$A \rightarrow \epsilon$

$B \rightarrow a B b A$

$B \rightarrow \epsilon$

$B \rightarrow c S S$

	a	b	c	⊥
S	#1	#2	#3	#8
A	#2	#4	#8	#4
B	#5	#4	#6	#8
b	#8	#7	#8	#8
▽	#8	#8	#8	#9

$S \rightarrow a A$

$A \rightarrow a S$

$B \rightarrow a B b A$

$S \rightarrow b A$

$A \rightarrow \varepsilon$

$B \rightarrow \varepsilon$

#1: Zamijeni (A);

#2: Zamijeni (S);

#3: Zamijeni (bB);

#4: Izvuci;

#5: Zamijeni (AbB);

#6: Zamijeni (SS);

#7: Izvuci;

#8: Odbaci;

#9: Prihvati;

Pomakni;

Pomakni;

Pomakni;

Zadrži;

Pomakni;

Pomakni;

Pomakni;

$S \rightarrow c B b$

$B \rightarrow c S S$

	a	b	c	⊥
S	#1	#2	#3	#8
A	#2	#4	#8	#4
B	#5	#4	#6	#8
b	#8	#7	#8	#8
▽	#8	#8	#8	#9

$S \rightarrow a A$

$A \rightarrow a S$

$B \rightarrow a B b A$

$S \rightarrow b S$

$A \rightarrow \varepsilon$

$B \rightarrow \varepsilon$

#1: Zamijeni (A);

#2: Zamijeni (S);

#3: Zamijeni (bB);

#4: Izvuci;

#5: Zamijeni (AbB);

#6: Zamijeni (SS);

#7: Izvuci;

#8: Odbaci;

#9: Prihvati;

Pomakni;

Pomakni;

Pomakni;

Zadrži;

Pomakni;

Pomakni;

Pomakni;

$S \rightarrow c B b$

$B \rightarrow c S S$

Dobivena gramatika:

$S \rightarrow a A$

$A \rightarrow a S$

$B \rightarrow a B b A$

$S \rightarrow b S$

$A \rightarrow \varepsilon$

$B \rightarrow \varepsilon$

$S \rightarrow c B b$

$B \rightarrow c S S$

**9. Za zadanu gramatiku izgradite parser zasnovan na tehnici parsiranja Pomakni-Pronađi.**

- (1)  $\langle S \rangle \rightarrow p \langle A \rangle m \langle C \rangle$       (3)  $\langle A \rangle \rightarrow d \langle S \rangle a$       (5)  $\langle C \rangle \rightarrow d \langle A \rangle$   
(2)  $\langle S \rangle \rightarrow b \langle A \rangle$       (4)  $\langle A \rangle \rightarrow e$

**a) Određivanje relacije IspodZnaka**

$\text{ZAPOČINJE}(S) = \{ p, b \}$   
 $\text{ZAPOČINJE}(A) = \{ d, e \}$   
 $\text{ZAPOČINJE}(C) = \{ d \}$

Na temelju (1):

$\langle S \rangle \rightarrow p \underline{\langle A \rangle} m \langle C \rangle$      $\langle S \rangle \rightarrow p \underline{\langle A \rangle m} \langle C \rangle$      $\langle S \rangle \rightarrow p \langle A \rangle \underline{m \langle C \rangle}$

$\text{IspodZnaka}(p, d)$      $\text{IspodZnaka}(\langle A \rangle, m)$      $\text{IspodZnaka}(m, d)$   
 $\text{IspodZnaka}(p, e)$

Na temelju (2):

$\langle S \rangle \rightarrow \underline{b \langle A \rangle}$

$\text{IspodZnaka}(b, d)$   
 $\text{IspodZnaka}(b, e)$

Na temelju (3):

$\langle A \rangle \rightarrow \underline{d \langle S \rangle} a$        $\langle A \rangle \rightarrow d \underline{\langle S \rangle} a$

$\text{IspodZnaka}(d, p)$      $\text{IspodZnaka}(\langle S \rangle, a)$   
 $\text{IspodZnaka}(d, b)$

Na temelju (5):

$\langle C \rangle \rightarrow \underline{d \langle A \rangle}$

$\text{IspodZnaka}(d, d)$   
 $\text{IspodZnaka}(d, e)$

Dodatno:

$\text{IspodZnaka}(\nabla, p)$   
 $\text{IspodZnaka}(\nabla, b)$

**b) Određivanje relacije ReduciranZnakom**

$\text{SLIJEDI}(\langle S \rangle) = \{ a, \perp \}$   
 $\text{SLIJEDI}(\langle A \rangle) = \{ a, m, \perp \}$   
 $\text{SLIJEDI}(\langle C \rangle) = \{ a, \perp \}$

Na temelju (1):

$\langle S \rangle \rightarrow p \langle A \rangle m \underline{\langle C \rangle}$

$ReduciranZnakom(\langle C \rangle, \perp)$

$ReduciranZnakom(\langle C \rangle, a)$

Na temelju (2):

$\langle S \rangle \rightarrow b \underline{\langle A \rangle}$

$ReduciranZnakom(\langle A \rangle, \perp)$

$ReduciranZnakom(\langle A \rangle, a)$

Na temelju (3):

$\langle A \rangle \rightarrow d \langle S \rangle \underline{a}$

$ReduciranZnakom(a, \perp)$

$ReduciranZnakom(a, m)$

$ReduciranZnakom(a, a)$

Na temelju (4):

$\langle A \rangle \rightarrow \underline{e}$

$ReduciranZnakom(e, \perp)$

$ReduciranZnakom(e, m)$

$ReduciranZnakom(e, a)$

Na temelju (5):

$\langle C \rangle \rightarrow d \underline{\langle A \rangle}$

$ReduciranZnakom(\langle A \rangle, \perp)$

$ReduciranZnakom(\langle A \rangle, a)$

Dodatno:

$ReduciranZnakom(\langle S \rangle, \perp)$

### c) Izgradnja tablice Pomakni/Pronađi

	a	b	e	d	m	p	$\perp$
$\langle S \rangle$	P()						$\underline{R()}$
$\langle A \rangle$	$\underline{R()}$				P()		$\underline{R()}$
$\langle C \rangle$	$\underline{R()}$						$\underline{R()}$
a	$\underline{R()}$				$\underline{R()}$		$\underline{R()}$
b			P()	P()			
e	$\underline{R()}$				$\underline{R()}$		$\underline{R()}$
d		P()	P()	P()		P()	
m				P()			
p			P()	P()			
$\nabla$		P()				P()	

```

P() {
    Pomakni;
}

R() {
    ako ( VrhStoga = "p<A>m<C>" )
        Reduciraj1();
    inače ako (VrhStoga = "b <A>" )
        Reduciraj2();
    inače ako (VrhStoga = "d<S>a" )
        Reduciraj3();
    inače ako ( VrhStoga = "e" )
        Reduciraj4();
    inače ako ( VrhStoga = "d <A>" )
        Reduciraj5();
    inače ako ( (VrhStoga = "<S> $\nabla$ ")
        &&
        (Ulaz = " $\perp$ ")
    )
        Prihvati();
    inače
        Odbaci();
}
    
```

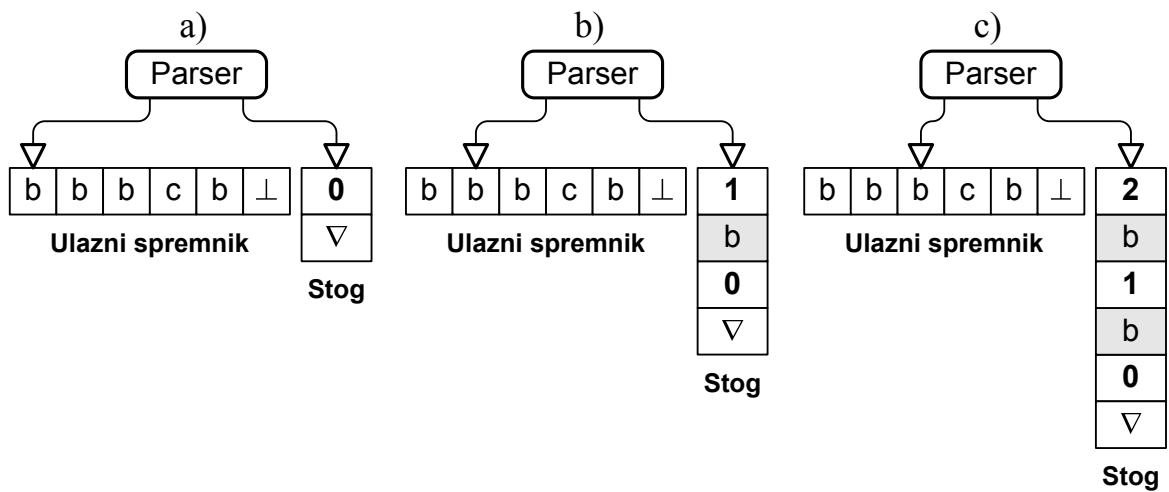
10. Prikažite korake tijekom parsiranja niza *bbcb* primjenom zadanog *LR(1)* parsera.

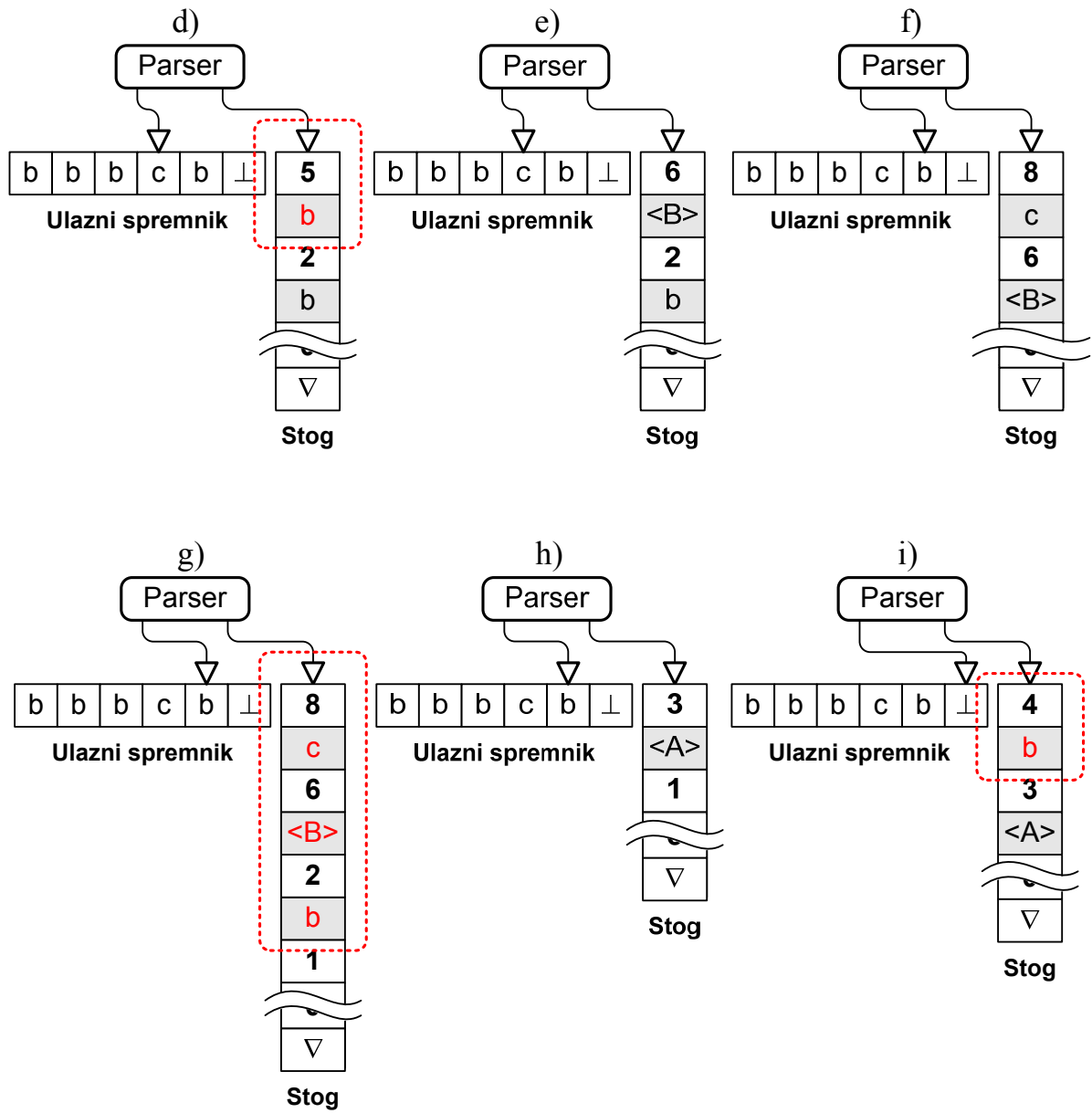
Stanje	Akcija			Novo Stanje		
	b	c	⊥	<S>	<A>	<B>
0	P1					
1	P2				S3	
2	P5					S6
3	P4					S7
4			R3			
5		R3				
6		P8				
7			Prihvati			
8	R2					

**R1** = Reduciraj (  $\langle S \rangle \rightarrow b \langle A \rangle \langle B \rangle$  )

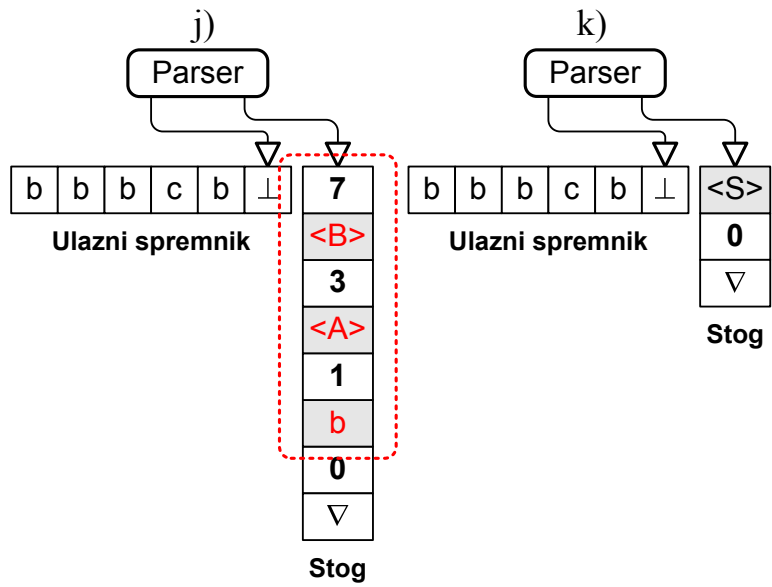
**R2** = Reduciraj (  $\langle A \rangle \rightarrow b \langle B \rangle c$  )

**R3** = Reduciraj (  $\langle B \rangle \rightarrow b$  )









# 11. Za zadanu gramatiku izgradite $SLR(1)$ parser.

(1)  $S \rightarrow a A c$

(2)  $A \rightarrow x S$

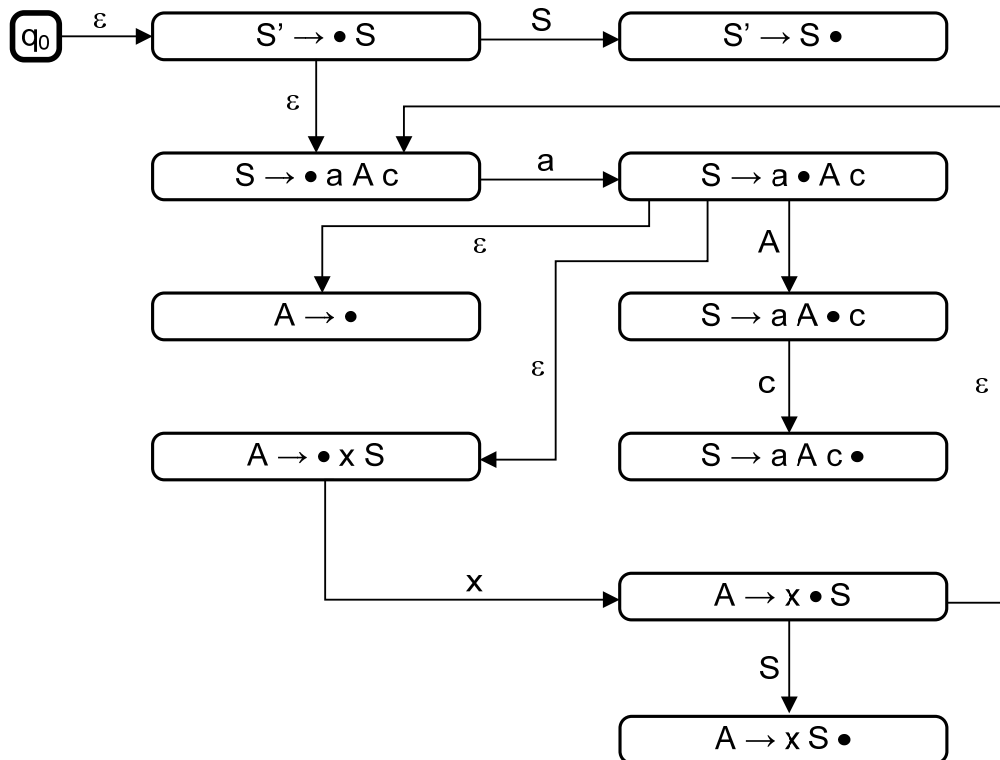
(3)  $A \rightarrow \epsilon$

Dodajemo produkciju

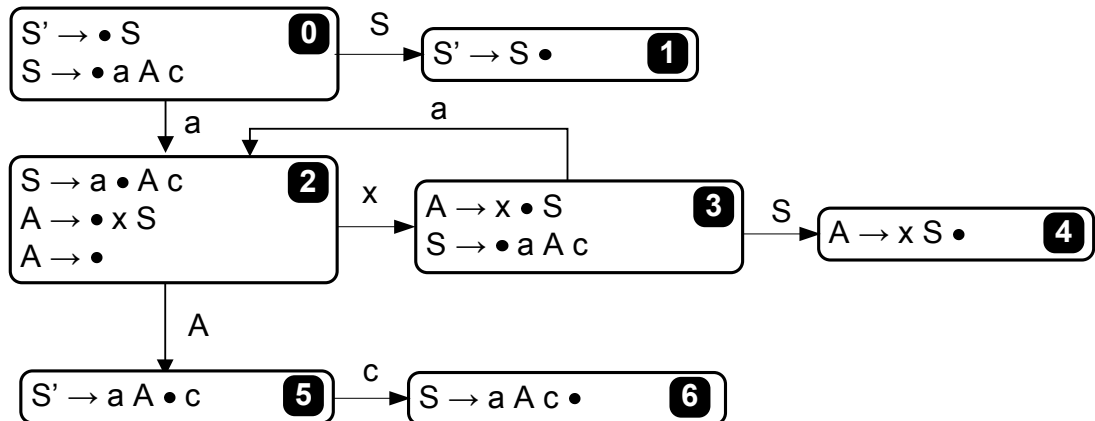
(4)  $S' \rightarrow S$

Zašto? Što se događa ako ne dodamo produkciju (4)?

$\epsilon$ -NKA



DKA



$Slijedi(S) = \{ c, \perp \}$

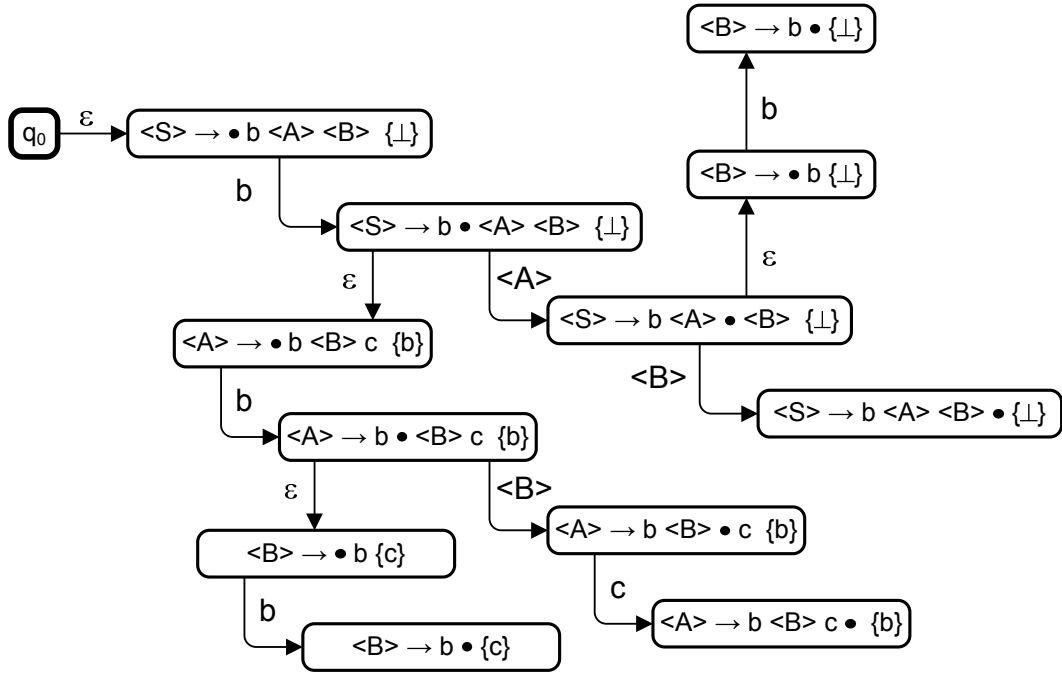
$Slijedi(A) = \{ c \}$

Stanje	Akcija				Novo Stanje	
	a	c	x	$\perp$	<S>	<A>
0	P2				S1	
1				Prihvati		
2		R3	P3			S5
3	P2				S4	
4		R2				
5		P6				
6		R1		R1		

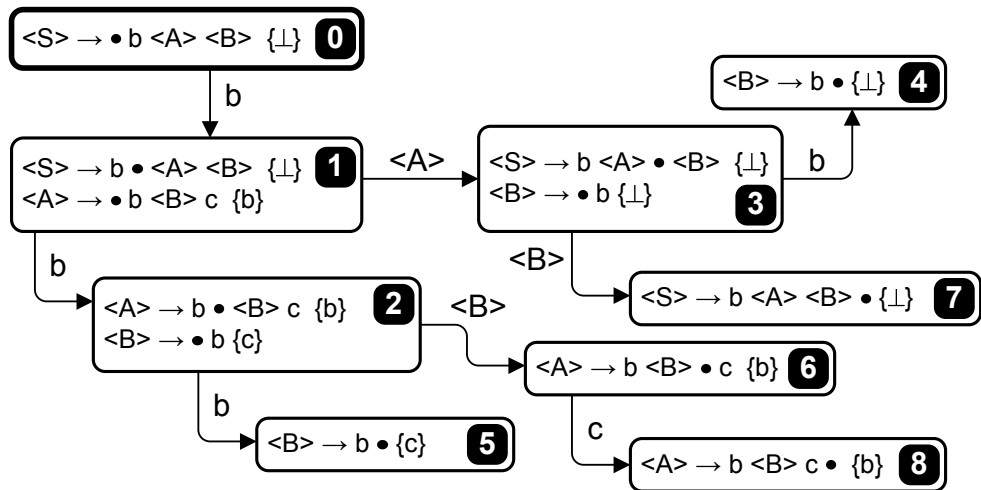
## 12. Za zadanu gramatiku izgradite LR(1) parser.

- (1)  $\langle S \rangle \rightarrow b \langle A \rangle \langle B \rangle$     (2)  $\langle A \rangle \rightarrow b \langle B \rangle c$     (3)  $\langle B \rangle \rightarrow b$

$\epsilon$ -NKA



DKA



Stanje	Akcija			Novo Stanje		
	b	c	$\perp$	<S>	<A>	<B>
0	P1					
1	P2				S3	
2	P5					S6
3	P4					S7
4			R3			
5		R3				
6		P8				
7			Prihvati			
8	R2					

**13. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja parsira parove binarnih brojeva zapisane u obliku**

$$x_1 x_2 x_3 \dots x_n \boxplus y_1 y_2 y_3 \dots y_m \quad x_i, y_i \in \{0, 1\}$$

Simbol  $\boxplus$  predstavlja operator zbrajanja koji za neparne bitove oba broja uzima vrijednost 0. Bitovi se broje od najmanje značajnog prema najznačajnijem, počevši od nule.

Primjer:

$$01010010 \boxplus 1011011011 = \textcolor{red}{01010000} + \textcolor{red}{0001010001}$$

Proširite izgrađenu gramatiku svojstvima i akcijskiom znakovima koji računaju rezultat primjene operatora  $\boxplus$  izražen u dekadskom obliku. Brojevi mogu imati proizvoljan broj znamenaka.

**a) Gramatika koja generira zadani jezik**

- (1)  $\langle S \rangle \rightarrow \langle Z \rangle \boxplus \langle Z \rangle$
- (2)  $\langle Z \rangle \rightarrow \langle Z \rangle 0$
- (3)  $\langle Z \rangle \rightarrow \langle Z \rangle 1$
- (4)  $\langle Z \rangle \rightarrow 0$
- (5)  $\langle Z \rangle \rightarrow 1$

**b) Izvedena i nasljedna svojstva**

- (1)  $\langle S \rangle_{\text{Rez}} \rightarrow \langle Z \rangle_{\text{vr1, br1}} \boxplus \langle Z \rangle_{\text{vr2, br2}}$   
 $\text{Rez} \leftarrow \text{vr1} + \text{vr2}, \text{br1} \leftarrow 0, \text{br2} \leftarrow 0$
- (2)  $\langle Z \rangle_{\text{Vr, Br}} \rightarrow \langle Z \rangle_{\text{vr, br}} 0$   
 $\text{Vr} \leftarrow \text{vr} * 2$   
 $\text{br} \leftarrow \text{Br} + 1$
- (3)  $\langle Z \rangle_{\text{Vr, Br}} \rightarrow \langle Z \rangle_{\text{vr, br}} 1$   
 $\text{Vr} \leftarrow \text{vr} * 2 + ((\text{Br} + 1) \% 2) * 1$   
 $\text{br} \leftarrow \text{Br} + 1$
- (4)  $\langle Z \rangle_{\text{Vr, Br}} \rightarrow 0$   
 $\text{Vr} \leftarrow 0$
- (5)  $\langle Z \rangle_{\text{Vr, Br}} \rightarrow 1$   
 $\text{Vr} \leftarrow ((\text{Br} + 1) \% 2) * 1$

**c) Akcijski zankovi**

- (1)  $\langle S \rangle_{\text{Rez}} \rightarrow \langle Z \rangle_{\text{vr1, br1}} \boxplus \langle Z \rangle_{\text{vr2, br2}} \{ \text{Zbroji} \}_{\text{p, q, r}}$   
 $\text{br1} \leftarrow 0, \text{br2} \leftarrow 0, \text{p} \leftarrow \text{vr1}, \text{q} \leftarrow \text{vr2}, \text{Rez} \leftarrow \text{r}$

(2)  $\langle Z \rangle_{Vr, Br} \rightarrow \{\text{Uvećaj}\}_{p, q} \langle Z \rangle_{vr, br} 0 \{\text{IzračunajVr\_0}\}_{r, z}$   
 $p \leftarrow Br, br \leftarrow q, r \leftarrow vr, Vr \leftarrow z$

(3)  $\langle Z \rangle_{Vr, Br} \rightarrow \{\text{Uvećaj}\}_{p, q} \langle Z \rangle_{vr, br} 1 \{\text{IzračunajVr\_1}\}_{r, w, z}$   
 $p \leftarrow Br, br \leftarrow q, r \leftarrow vr, w \leftarrow Br, Vr \leftarrow z$

(4)  $\langle Z \rangle_{Vr, Br} \rightarrow 0$   
 $Vr \leftarrow 0$

(5)  $\langle Z \rangle_{Vr, Br} \rightarrow 1 \{\text{IzračunajVr\_2}\}_{r, w}$   
 $r \leftarrow Br, Vr \leftarrow w$

**14. Izgradite potisni automat za zadanu atributnu prijevodnu gramatiku. Za sve akcije *Zamijeni* prikazati stanje na stogu neposredno prije i neposredno poslije primjene akcije.**

$$(1) \quad \langle S \rangle_p \rightarrow a_p b_q \langle A \rangle_r \{X_v\} \\ v \leftarrow p \times q + r$$

$$(2) \quad \langle A \rangle_p \rightarrow a_q \langle B \rangle_r \\ p \leftarrow q + r$$

$$(3) \quad \langle B \rangle_p \rightarrow c_q \\ p \leftarrow q$$

**a) Dodavanje akcijskih znakova**

$$(1) \quad \langle S \rangle_p \rightarrow a_p b_q \langle A \rangle_r \{R\}_{x1, x2, x3, x4} \{X_v\} \\ x1 \leftarrow p \quad x2 \leftarrow q \quad x3 \leftarrow r \quad v \leftarrow x4$$

$$(2) \quad \langle A \rangle_p \rightarrow a_q \langle B \rangle_r \{Zbroj\}_{x1, x2, x3} \\ x1 \leftarrow q \quad x2 \leftarrow r \quad p \leftarrow x3$$

$$(3) \quad \langle B \rangle_p \rightarrow c_q \\ p \leftarrow q$$

**b) Izgradnja potisnog automata za atributnu prijevodnu gramatiku**

$$(1) \quad \langle S \rangle_p \rightarrow a_p b_q \langle A \rangle_r \{R\}_{x1, x2, x3, x4} \{X_v\} \\ x1 \leftarrow p \quad x2 \leftarrow q \quad x3 \leftarrow r \quad v \leftarrow x4$$

$$(2) \quad \langle A \rangle_p \rightarrow a_q \langle B \rangle_r \{Zbroj\}_{x1, x2, x3} \\ x1 \leftarrow q \quad x2 \leftarrow r \quad p \leftarrow x3$$

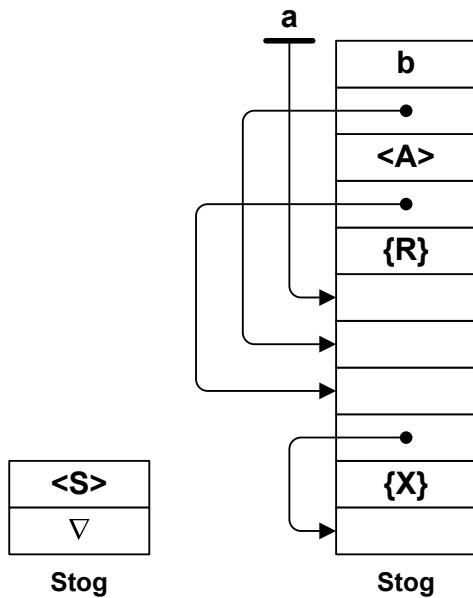
$$(3) \quad \langle B \rangle_p \rightarrow c_q \\ p \leftarrow q$$



	a	b	c	$\perp$
<S>	(1)	-	-	-
<A>	(2)	-	-	-
<B>	-	-	(3)	-
b	-	Izvuci; Pomakni;	-	-
∇	-	-	-	Prihvati;
{R}	Izračunaj izraz $p \times q + r$ koristeći vrijednosti u tri polja ispod znaka {R} na stogu, rezultat zapiši u polje na koje pokazuje kazaljka u četvrtom polju; <b>Izvuci; Zadrži;</b>			
{X}	Ispiši rezultat aritmetičkog izraza; <b>Izvuci; Zadrži;</b>			
{Zbroj}	Zbroji vrijednosti u dva polja ispod znaka {Zbroji} na stogu, rezultat zapiši u polje na koje pokazuje kazaljka u trećem polju; <b>Izvuci; Zadrži;</b>			

- (1) Zamijeni prema slici 1; Pomakni;
- (2) Zamijeni prema slici 2; Pomakni;
- (3) Izvuci; Pomakni;

Slika 1



Slika 2

