

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	Instrument
2	Padez
3	Nominativ
4	Genetiv
5	Dativ
6	Akuzativ
7	a

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	"Gitara"	String
2	"Klasicna"	String

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

$S \rightarrow a \textcolor{red}{A_{DA}} b$	$A \rightarrow d$	$B \rightarrow B c$
$S \rightarrow a \textcolor{red}{A_{NE}} b$		$B \rightarrow g$
$S \rightarrow b \textcolor{red}{A_{DA}} c$		
$S \rightarrow b \textcolor{red}{A_{NE}} c$		
$S \rightarrow c B a$		

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

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

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:

PUSH 4
POP a
PUSH 5

Vrijednosti varijabli:

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

Stanje stoga:

5

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

Generirani ciljni program:

PUSH 4
POP a
PUSH 5
POP b

Vrijednosti varijabli:

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

Stanje stoga:

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

Generirani ciljni program:

PUSH 4
POP a
PUSH 5
POP b
PUSH a

Vrijednosti varijabli:

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

Stanje stoga:

4

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

Generirani ciljni program:

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

Vrijednosti varijabli:

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

Stanje stoga:

4	9
5	

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

Generirani ciljni program:

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

Vrijednosti varijabli:

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

Stanje stoga:

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

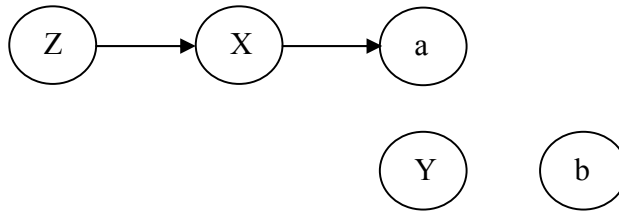
6. Za računalu A postoji jezični procesor $JP_a^{Z \rightarrow X}$, dok je na računalu B dostupan jezični procesor $JP_b^{X \rightarrow a}$. Također je raspoloživ i jezični procesor $JP_Z^{X \rightarrow Y}$. Potrebno je odrediti u kojem višem programskom jeziku (X , Y , ili Z) treba izgraditi jezični 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

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

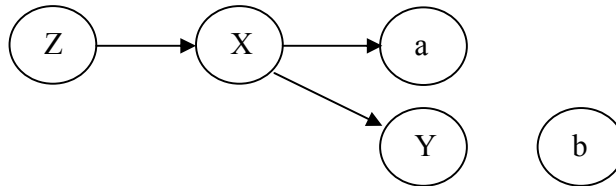
$$JP_X^{X \rightarrow Y} \Rightarrow \boxed{JP_b^{X \rightarrow a}} \Rightarrow JP_a^{X \rightarrow Y}$$

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				
∇				

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

b) Pretvorba produkcija u akcije potisnog automata

Produkcije oblika: $A \rightarrow b\alpha$

U redak tablice PA s oznakom A:

Zamijeni(α^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				
∇				

#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	⊥
S	#1		#2	
A	#3			
B		#4	#5	
a				
b				
c				
▽				

- #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	⊥
S	#1		#2	
A	#3	#6	#6	
B		#4	#5	
a				
b				
c				
▽				

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

- #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):

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

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

Na temelju (3):

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

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

Na temelju (5):

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

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

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()			
∇		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();
}
    
```

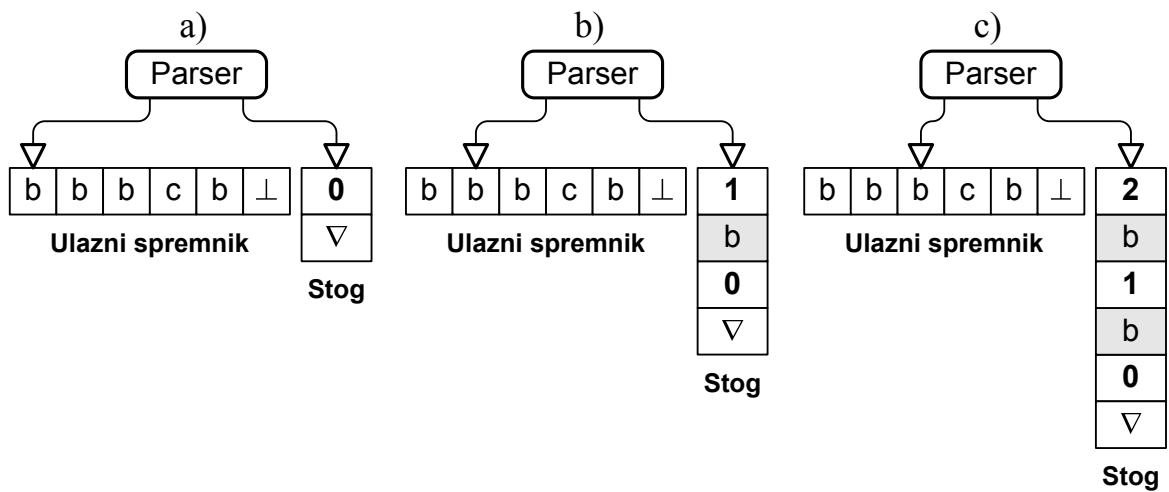
10. Prikažite korake tijekom parsiranja niza *bbcb* primjenom zadanog *LR(1)* parsera.

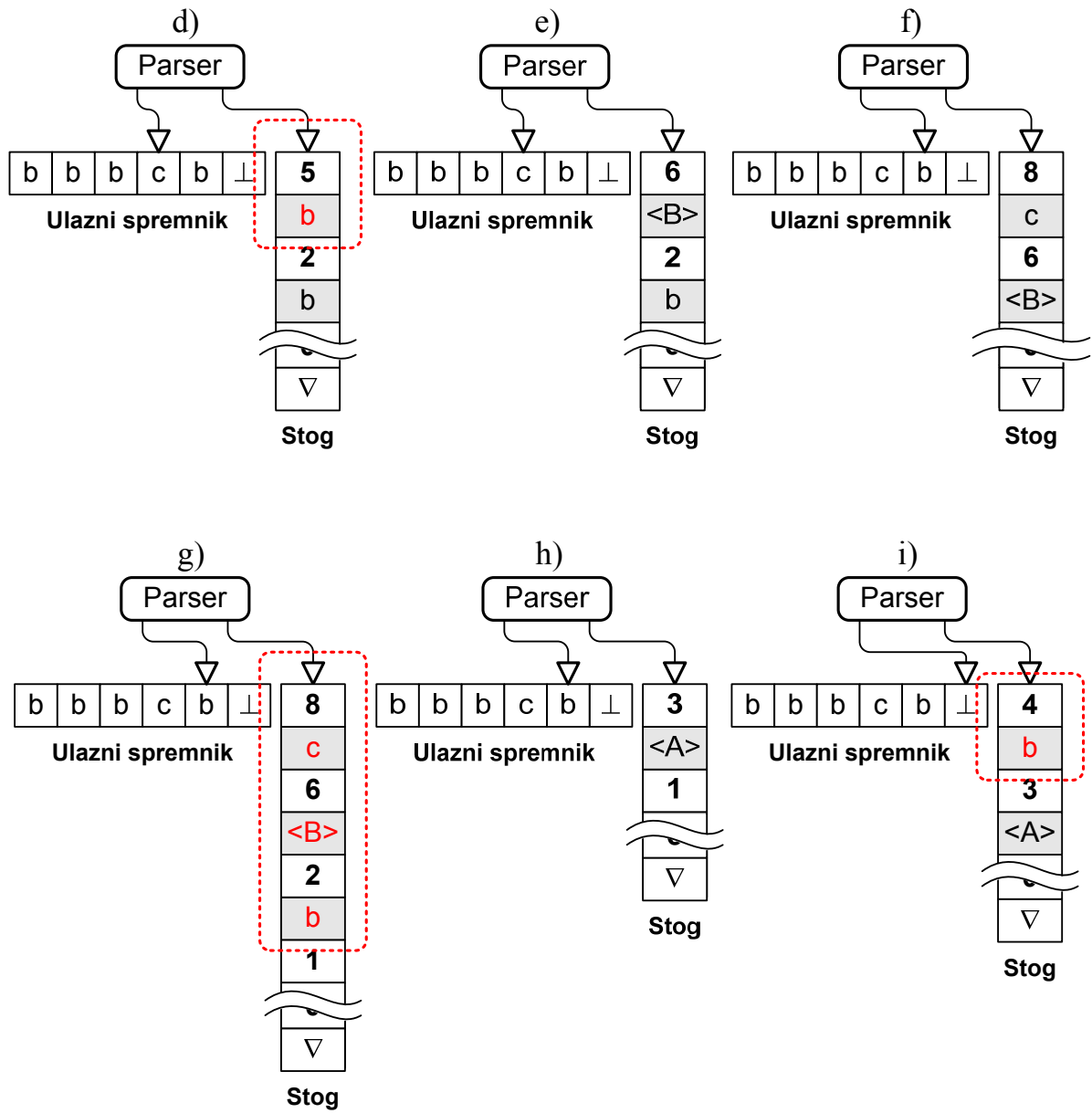
Stanje	Akcija			Novo Stanje		
	b	c	⊥	<S>	<A>	
0	P1					
1	P2				S3	
2	P5					S6
3	P4					S7
4			R3			
5		R3				
6		P8				
7			Prihvati			
8	R2					

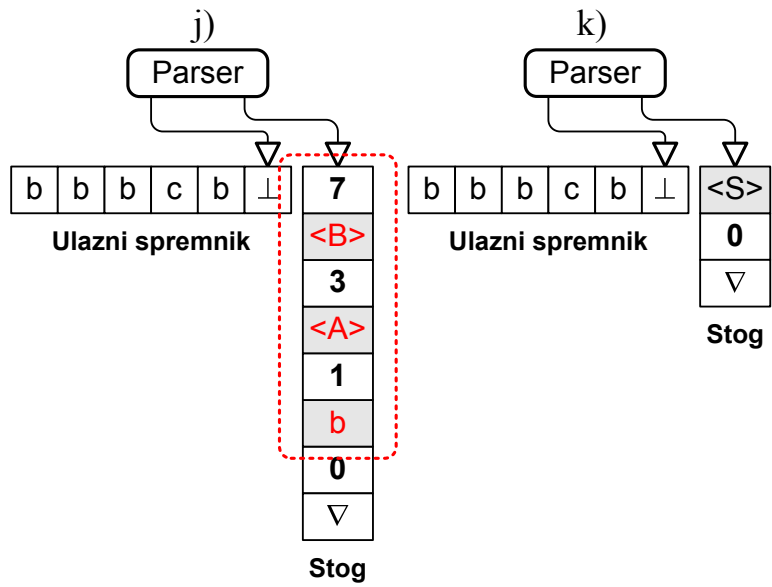
R1 = Reduciraj ($\langle S \rangle \rightarrow b \langle A \rangle \langle B \rangle$)

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) $A \rightarrow x S$

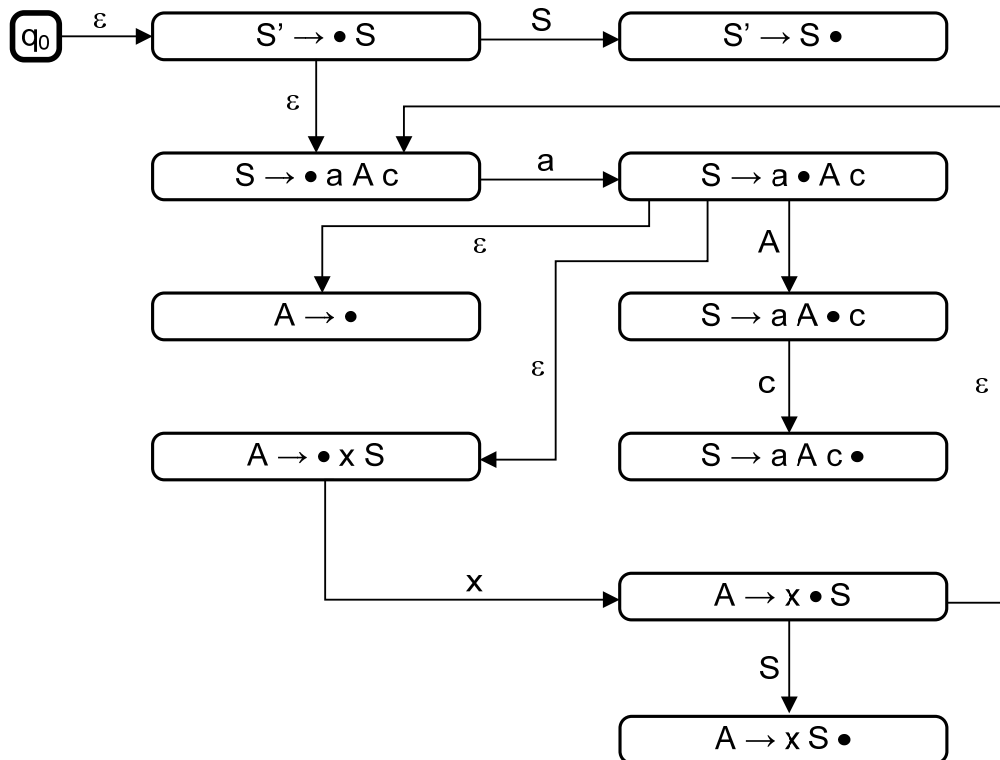
(3) $A \rightarrow \varepsilon$

Dodajemo produkciju

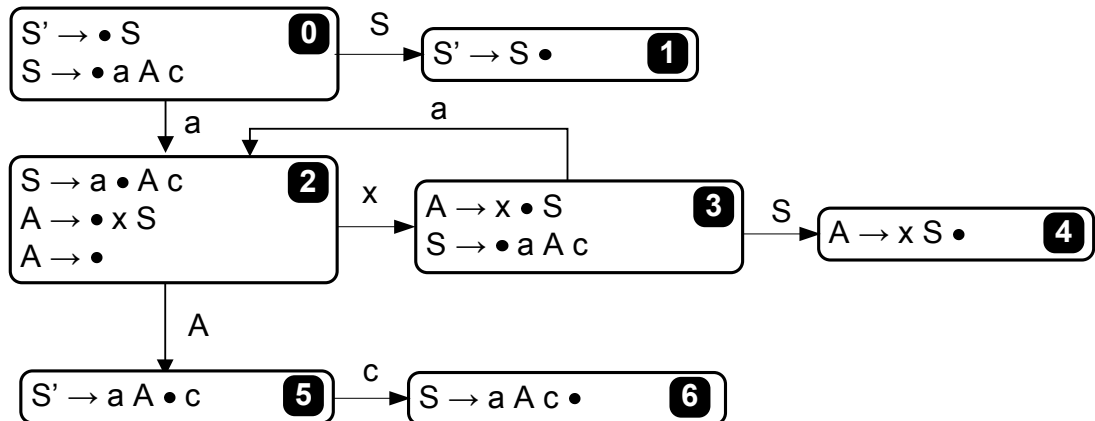
(4) $S' \rightarrow S$

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

ε -NKA



DKA



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

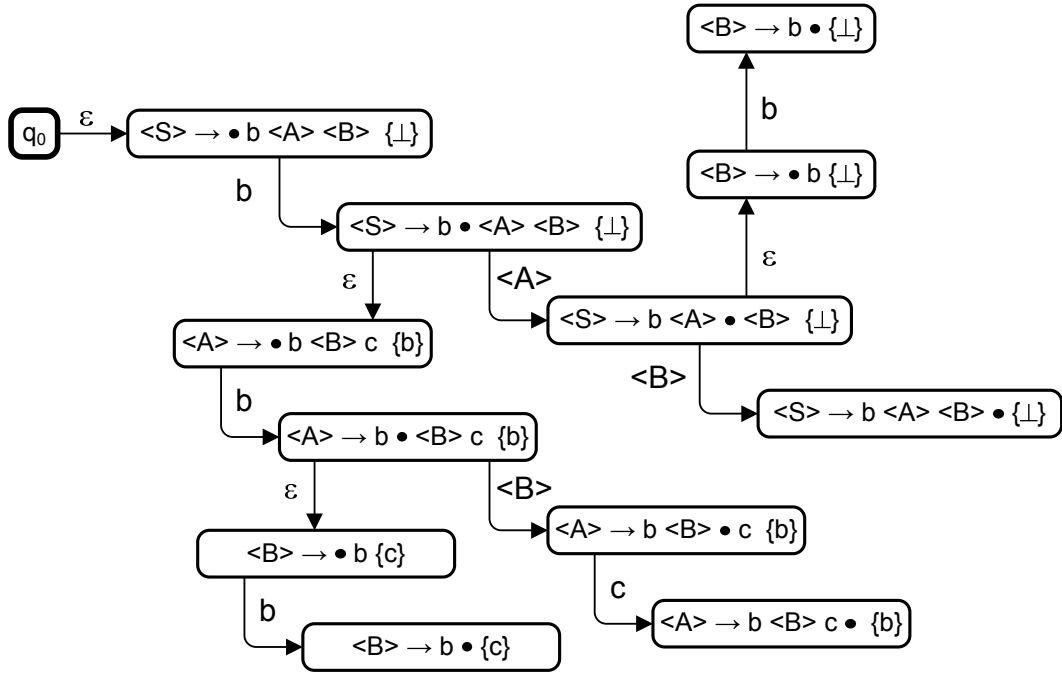
$Slijedi(A) = \{ c \}$

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		

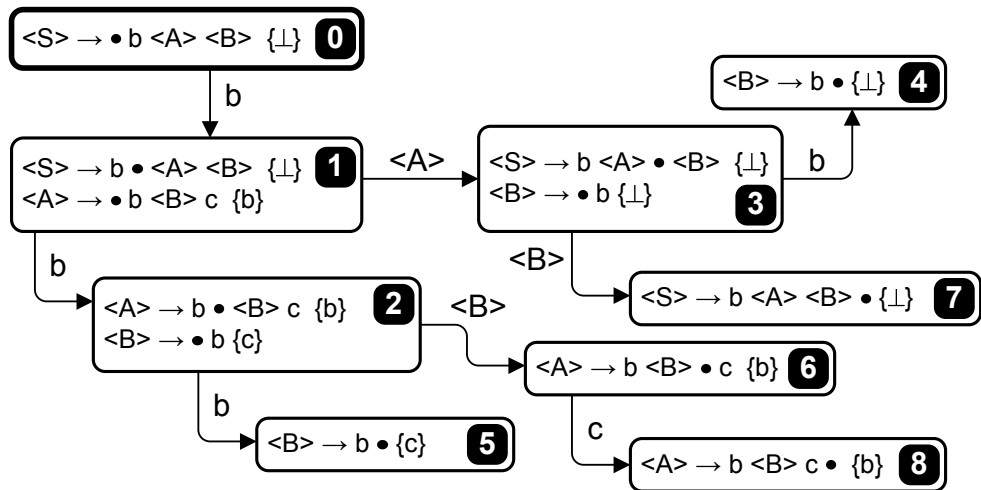
12. Za zadanu gramatiku izgradite LR(1) parser.

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

ϵ -NKA



DKA



Stanje	Akcija			Novo Stanje		
	b	c	\perp	<S>	<A>	
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) $\langle Z \rangle_{Vr, Br} \rightarrow 1 \{\text{IzračunajVr_2}\}_{r, w}$
 $r \leftarrow Br, Vr \leftarrow w$