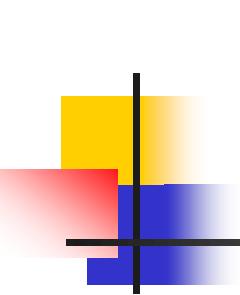
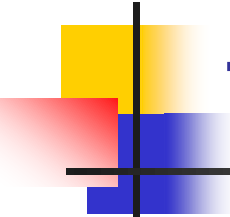


Programski prevodioci 1

Lekcija – Sintaksno upravljano prevođenje

- 
- Translacione gramatike
 - Atributivno-translacione gramatike
 - Sintaksno-upravljano prevođenje od dna ka vrhu

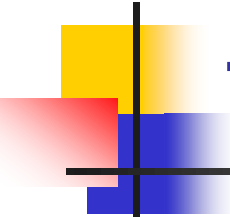


Translacione gramatike

- Kod translacionih gramatika skup terminalnih simbola delimo na ulazne i akcione simbole (pišu se u vitičastim zagradaama).

- **Primer**

1. $\langle E \rangle \rightarrow \langle E \rangle + \langle T \rangle \{+\}$
2. $\langle E \rangle \rightarrow \langle T \rangle$
3. $\langle T \rangle \rightarrow \langle T \rangle * \langle P \rangle \{*\}$
4. $\langle T \rangle \rightarrow \langle P \rangle$
5. $\langle P \rangle \rightarrow (\langle E \rangle)$
6. $\langle P \rangle \rightarrow a \{a\}$
7. $\langle P \rangle \rightarrow b \{b\}$
8. $\langle P \rangle \rightarrow c \{c\}$

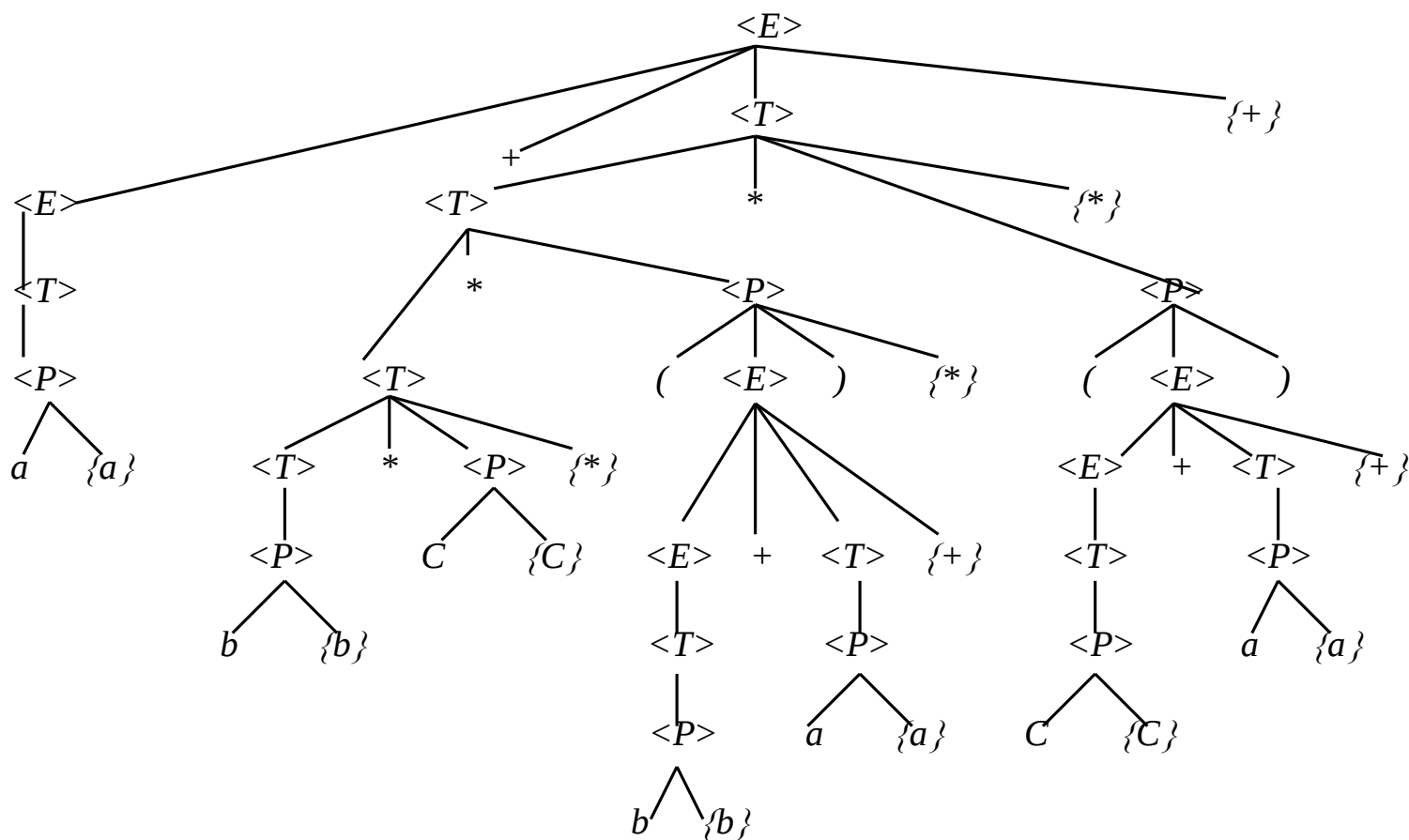


Translaciona gramatika

- definiše prevođenje **ulazne sekvence** (sastoji se od ulaznih simbola) u **akcionu sekvencu**.
- Data gramatika definiše prevođenje infiksnog aritmetičkog izraza u postfiksni
- na primer
 $(a+b)*c$
prevodi se u
 $\{a\} \{b\} \{+\} \{c\} \{*\}$

Translaciono stablo izvođenja

- za datu ulaznu sekvencu određuje se na uobičajeni način, pri čemu se u stablo unose i akcioni simboli.



Sekvenca aktivnosti

- Dobija se obilaskom stabla s leva na desno i beleženjem simbola u listovima:

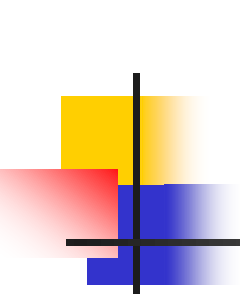
$$a \{a\} + b \{b\} * c \{c\} \{*\} * (b \{b\} + a \{a\} \{+\}) \{*\} * (c \{c\} + a \{a\} \{+\}) \{*\} \{+\}$$

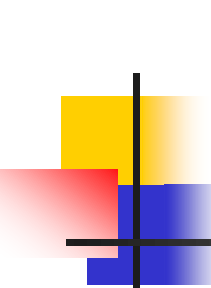
- Ukoliko iz sekvence aktivnosti uklonimo akcione simbole, preostali simboli čine zadatu ulaznu sekvencu:

$$a + b * c * (b + a) * (c + a)$$

- Ukoliko iz sekvence aktivnosti uklonimo ulazne simbole, preostali simboli čine zadatu **akcionu sekvencu**, odnosno prevod date ulazne sekvence:

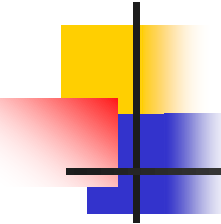
$$\{a\} \{b\} \{c\} \{*\} \{b\} \{a\} \{+\} \{*\} \{c\} \{a\} \{+\} \{*\} \{+\}$$

- 
- Translacione gramatike
 - Atributivno-translacione gramatike
 - Sintaksno-upravljano prevođenje od dna ka vrhu



Atributivno-translacione gramatike (ATG)

- Atributi – mehanizam prosleđivanja informacija između pojedinih gramatičkih simbola i smena.
- **Atributi** se pridružuju pojedinim gramatičkim simbolima. (pišu se u indeksu uz simbol).
- Dve vrste atributa:
- **sintetizovani** – prenose informacije od listova stabla ka korenu (odozdo na gore)
- **nasleđeni** – obrnuto, od korena ka listovima.



Primer ATG

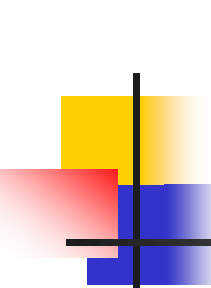
1. $\langle S \rangle_{p4,q1} \rightarrow a_{p1} \langle S \rangle_{t1,p2} b_{s1} \{c\}_{q2,p3} \langle A \rangle_{r1,q3} \{d_{r2,s2,t2}\}$
 $(p2, p3, p4) \leftarrow p1 \quad (q2, q3) \leftarrow q1 \quad s2 \leftarrow s1 \quad t2 \leftarrow t1 \quad r2 \leftarrow r1$
2. $\langle S \rangle_{p2,p1} \rightarrow \varepsilon$
 $p2 \leftarrow p1$
3. $\langle A \rangle_{p3,t1} \rightarrow \langle S \rangle_{p1,t2} b_{q1} \langle A \rangle_{r1,q2} \langle A \rangle_{s1,q3} \{f_{r2,s2,p2}\}$
 $(p2, p3) \leftarrow p1 \quad (q2, q3) \leftarrow q1 \quad r2 \leftarrow r1 \quad s2 \leftarrow s1 \quad t2 \leftarrow t1$
4. $\langle A \rangle_{p2,q1} \rightarrow \{e_{q2}\} c_{p1}$
 $p2 \leftarrow p1 \quad q2 \leftarrow q1$

Za gramatiku iz primera:

$\langle S \rangle_{p,q}$ sintetizovano p, nasleđeno q

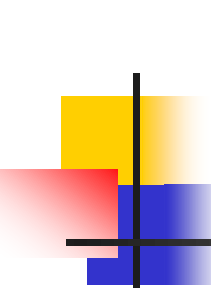
$\langle A \rangle_{p,q}$ sintetizovano p, nasleđeno q

Atributi akcionih simbola su nasleđeni



Atributivno translacione gramatike

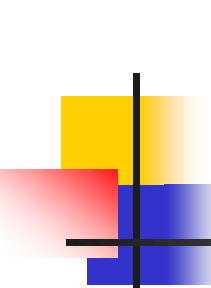
- atributi ulaznih simbola tretiraju se UVEK kao sintetizovani
 - njihove vrednosti obezbeđuje leksički analizator kroz vrednosni deo ulaznog tokena.
- Svakoj smeni pridružuju se **pravila izračunavanja** vrednosti za attribute simbola koji se pojavljuju u toj smeni (ne mogu se koristiti niti računati atributi simbola iz drugih smena)



Osnovna pravila konzistencije atributivne gramatike

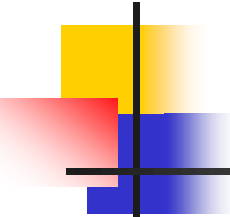
(ako se naruše, gramatika nema smisla)

1. Atributi se moraju slagati po **broju** i **tipu** za sve pojave istog simbola X (ne moraju i po imenu).
2. Za svaki **sintetizovani** atribut koji se pojavljuje na **levoj** strani smene mora postojati pravilo za izračunavanje
 - može zavisiti od nasleđenih atributa sa leve strane i od bilo kog sa desne strane.



Osnovna pravila konzistencije atributivne gramatike (nastavak)

3. Za svaki **nasleđeni** atribut koji se pojavljuje na **desnoj** strani smene mora postojati pravilo za izračunavanje
 - može zavisiti od nasleđenih sa leve strane i od bilo kog sa desne strane.
4. Vrednost nasleđenih atributa **startnog neterminala** (na levoj strani) mora biti unapred zadata.
5. Vrednosti atributa **ulaznih simbola** se ne računaju, nego moraju biti **unapred zadate**.



Računanje vrednosti atributa

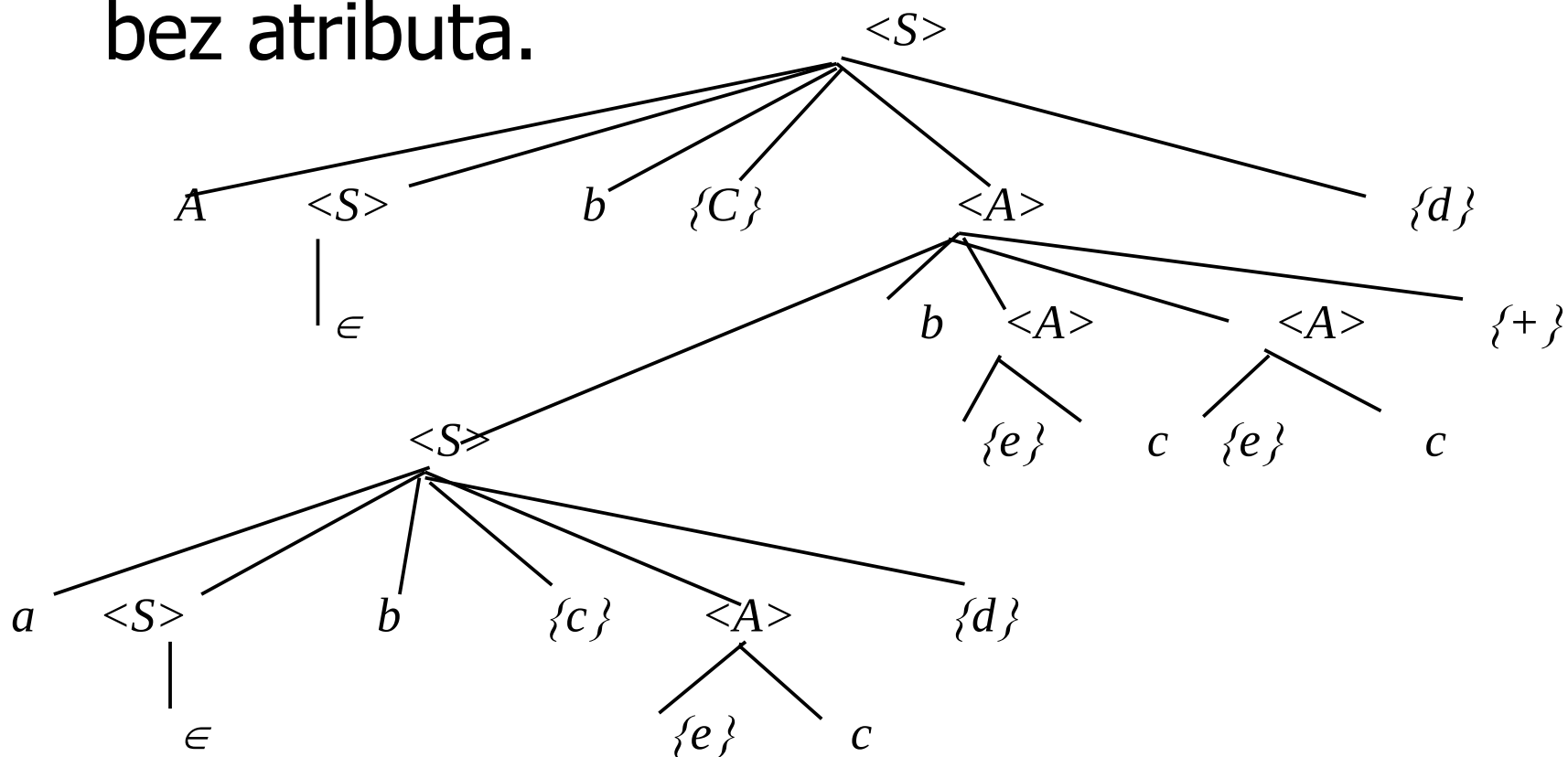
- Za naš primer, uzećemo ulaznu sekvencu

a1 b2 a3 b4 c5 b2 c6 c7.

(indeksi predstavljaju vrednosti atributa ulaznih simbola) i da startni simbol ima nasl. atribut = 1.

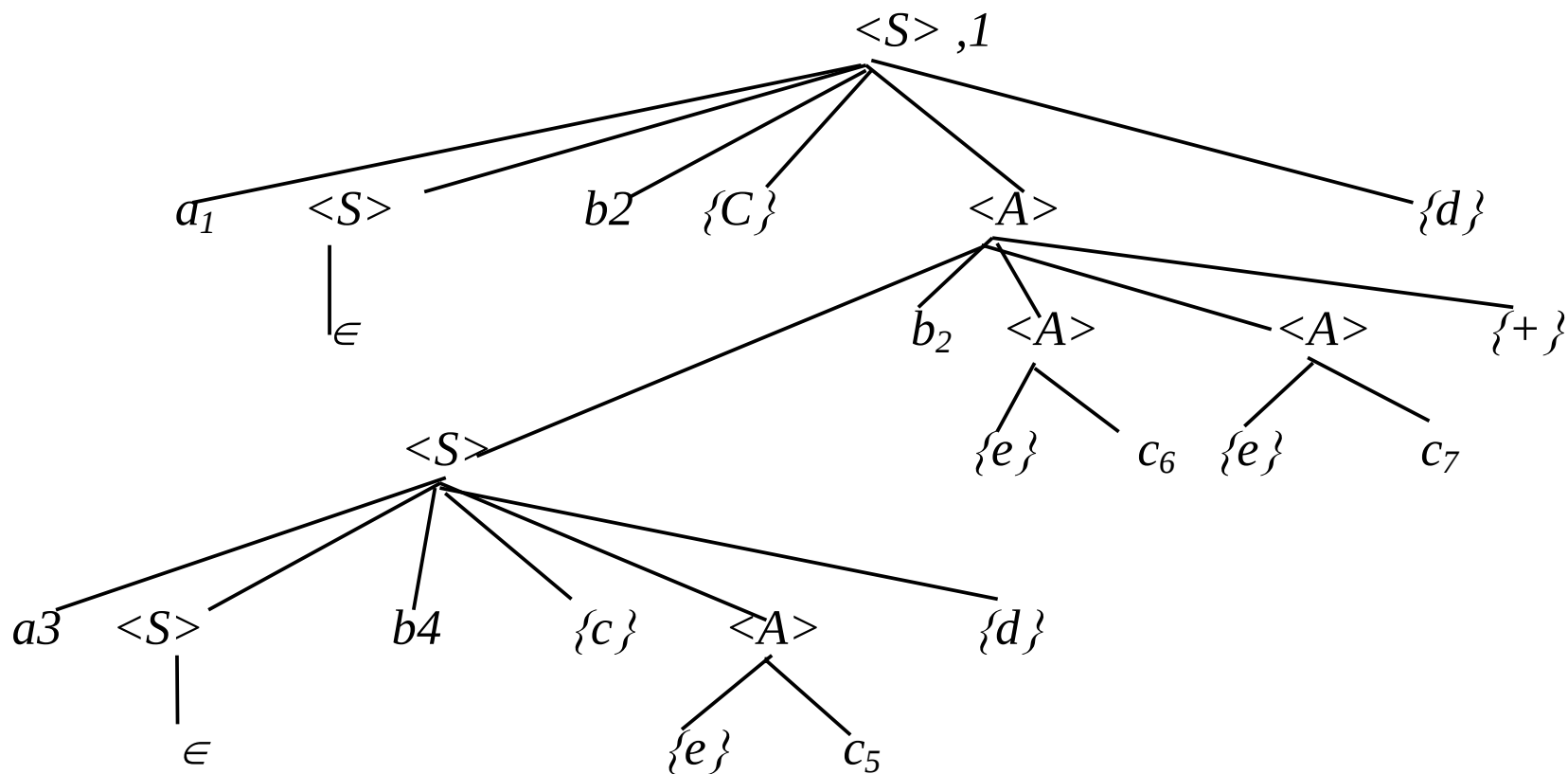
Računanje vrednosti atributa...

1. Prvo konstruišemo stablo izvođenja bez atributa.



Računanje vrednosti atributa...

2. Naznačimo sve što inicijalno znamo (atribute terminala koji su zadati ulaznom sekvencom i nasleđeni atribut u korenu stabla).

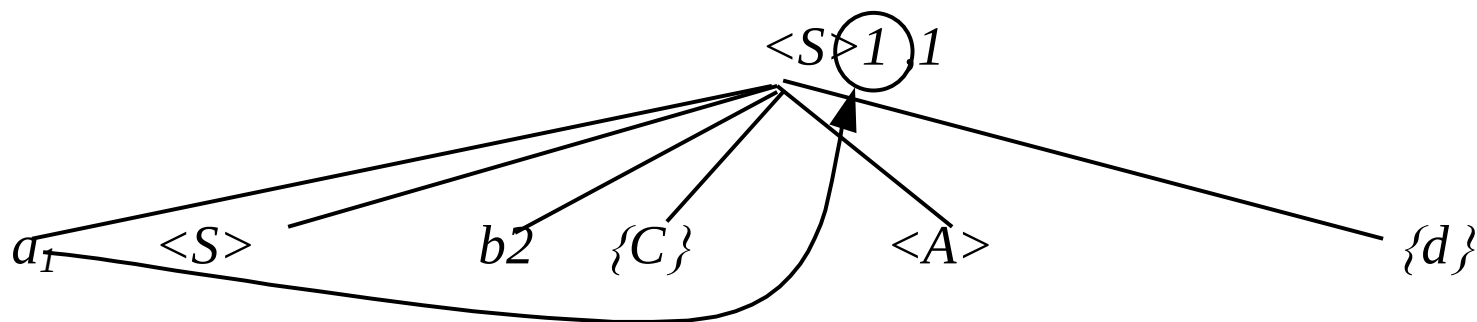


Računanje vrednosti atributa...

3. Redom posmatramo deo po deo stabla koji odgovara primeni određene smene, gledamo u pravila šta se može izračunati.

$$1. \langle S \rangle_{p4,q1} \rightarrow a_{p1} \langle S \rangle_{t1,p2} b_{s1} \{c\}_{q2,p3} \langle A \rangle_{r1,q3} \{d_{r2,s2,t2}\}$$

$$(p2, p3, p4) \leftarrow p1 \quad (q2, q3) \leftarrow q1 \quad s2 \leftarrow s1 \quad t2 \leftarrow t1 \quad r2 \leftarrow r1$$



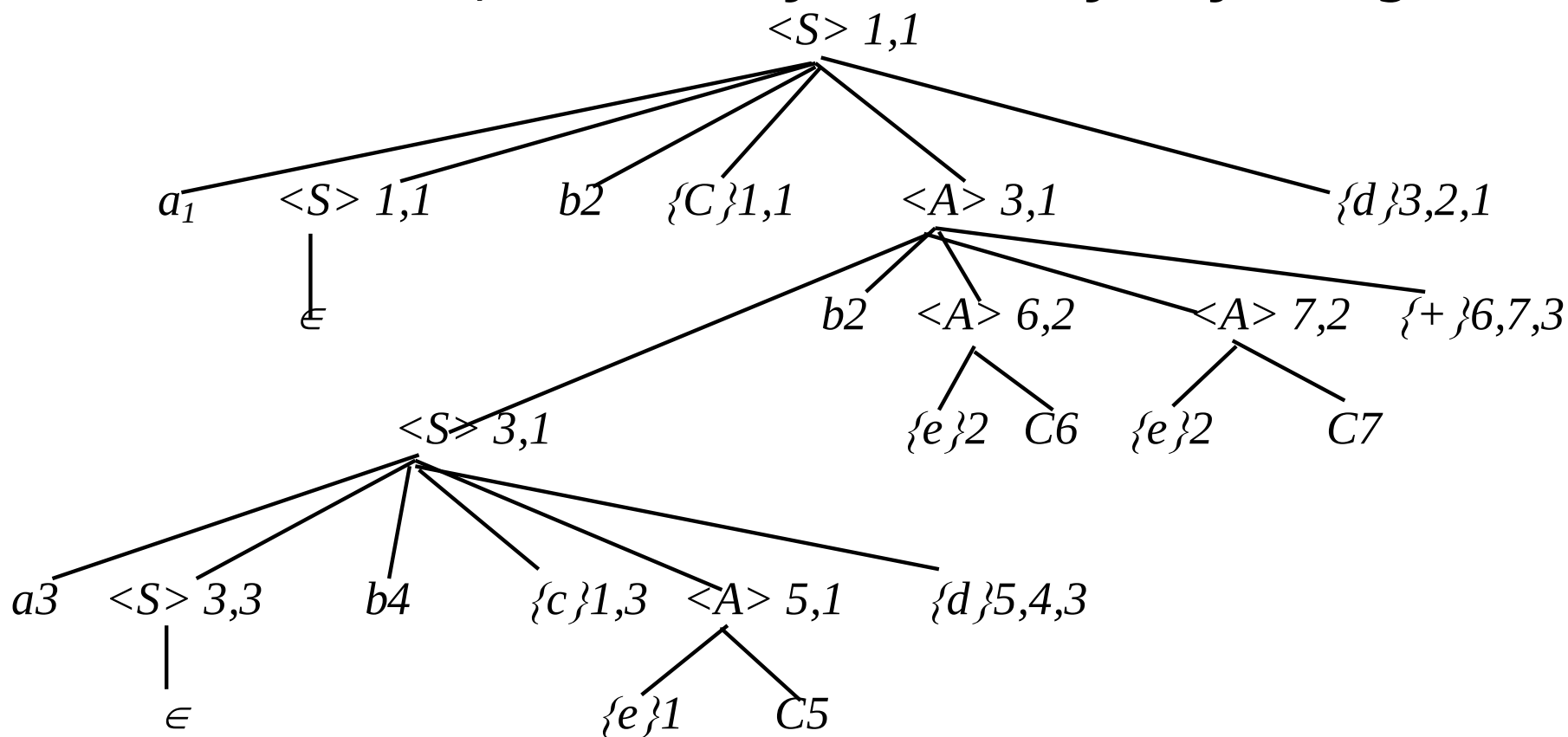
Na osnovu pravila

$$p4 \leftarrow p1$$

iz smene 1.

Računanje vrednosti atributa...

4. Ceo postupak ponavljamo iterativno prolazeći više puta po potrebi kroz stablo dok sve ne izračunamo, ili dok dalje računanje nije moguće.



Računanje vrednosti atributa...

- Sekvenca aktivnosti (listovi stabla):

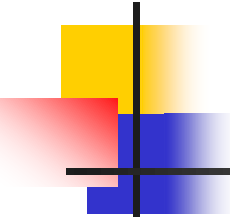
$a_1 \ b_2 \ \{c\}_{1,1} \ a_3 \ b_4 \ \{c\}_{1,3} \ \{e\}_1 \ c_5 \ \{d\}_{5,4,3} \ b_2 \ \{e\}_2$
 $c_6 \ \{e\}_2 \ c_7 \ \{d\}_{6,7,3} \ \{d\}_{3,2,1}$

- Ulaznu sekvencu (izostavimo akcione simbole):

$a_1 \ b_2 \ a_3 \ b_4 \ c_5 \ b_2 \ c_6 \ c_7$

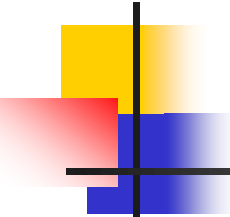
- Ako iz sekvence aktivnosti izostavimo ulazne simbole, dobijamo izlaznu sekvencu koja predstavlja prevod date ulazne sekvence:

$\{c\}_{1,1} \ \{c\}_{1,3} \ \{e\}_1 \ \{d\}_{5,4,3} \ \{e\}_2 \ \{e\}_2 \ \{d\}_{6,7,3} \ \{d\}_{3,2,1}$



Drugi primer ATG

- Dodeliti attribute sledećoj gramatici:
 1. $\langle \text{integer} \rangle \rightarrow \text{digit} \langle \text{more digits} \rangle$
 2. $\langle \text{more digits} \rangle \rightarrow \text{digit} \langle \text{more digits} \rangle$
 3. $\langle \text{more digits} \rangle \rightarrow \varepsilon$
- tako da neterminalni simbol **$\langle \text{integer} \rangle$** ima sintetizovani atribut jednak vrednosti celog broja koji ovaj simbol generiše.
- Pretpostaviti da ulazni simbol **digit** ima atribut jednak vrednosti odgovarajuće cifre.



Prvo rešenje

- samo sintetizovani atributi

1. $\langle \text{integer} \rangle_{\text{value}} \rightarrow \text{digit}_{\text{val}} \langle \text{more digits} \rangle_{v, b}$
 $\text{value} \leftarrow \text{val} * 10^b + v$

2. $\langle \text{more digits} \rangle_{v, b} \rightarrow \text{digit}_{\text{val}} \langle \text{more digits} \rangle_{v1, b1}$
 $v \leftarrow \text{val} * 10^{b1} + v1 \qquad b \leftarrow b1 + 1$

3. $\langle \text{more digits} \rangle_{v, b} \rightarrow \varepsilon$
 $v \leftarrow 0 \qquad b \leftarrow 0$



Drugo rešenje

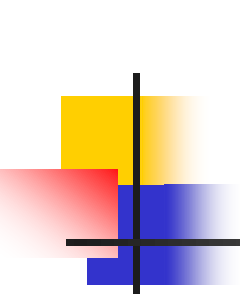
- nasleđeni i sintetizovani, izbegava se stepenovanje

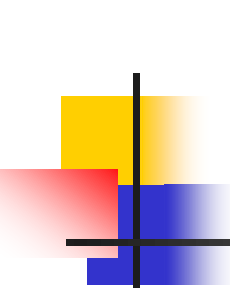
$$1. \langle \text{integer} \rangle_{\text{value}} \rightarrow \text{digit}_{\text{val}} \langle \text{more digits} \rangle_{i,s}$$
$$\text{value} \leftarrow s \quad i \leftarrow \text{val}$$

Napomena: i nasleđen, s sintetizovan

$$2. \langle \text{more digits} \rangle_{i,s} \rightarrow \text{digit}_{\text{val}} \langle \text{more digits} \rangle_{i1,s1}$$
$$i1 \leftarrow 10i + \text{val} \quad s \leftarrow s1$$

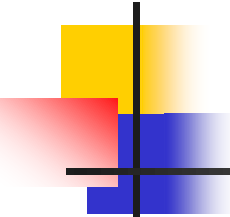
$$3. \langle \text{more digits} \rangle_{i,s} \rightarrow \varepsilon \quad s \leftarrow i$$

- 
- Translacione gramatike
 - Atributivno-translacione gramatike
 - Sintaksno-upravljano prevođenje od dna ka vrhu



Uslovi parsiranja atributivne gramatike

- Poljska translaciona gramatika
&
- S-atributivna gramatika



Poljska translaciona gramatika

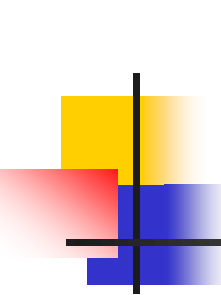
- akcioni simboli su na samom kraju desne strane smene

- **Primeri:**

$\langle X \rangle \rightarrow a \{T\} \{V\}$ OK

$\langle Y \rangle \rightarrow \{R\}$ OK

$\langle Z \rangle \rightarrow \{T\} y$ NIJE OK



Poljska translaciona gramatika

- Ukoliko gramatika nije poljska, možemo je transformisati:

$$1. \langle X \rangle \rightarrow A \{y\} B$$

transformišemo u:

$$\langle X \rangle \rightarrow \langle N \rangle B$$

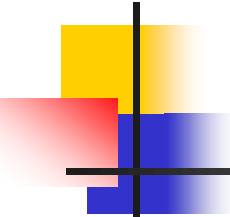
$$\langle N \rangle \rightarrow A \{y\}$$

- Druga varijanta:

$$1. \langle X \rangle \rightarrow A \langle M \rangle B$$

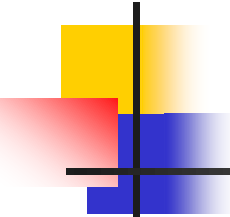
transformišemo u:

$$\langle M \rangle \rightarrow \{y\}$$



S-atributivna gramatika

- Gramatika je S - atributivna, ako:
 - Svi atributi neterminalnih simbola su sintetizovani.
 - Nijedan sintetizovani atribut ne može da zavisi od drugog sintetizovanog atributa iste pojave simbola u gramatici.
 - Nasleđeni atributi akcionih simbola smeju da zavise samo od atributa onih simbola produkcije koji su levo od tog akcionog simbola.

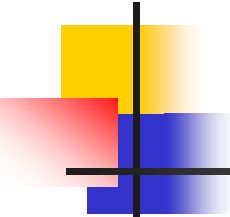


Primer

$$1. \langle E \rangle_p \rightarrow (\langle E \rangle_q + \langle E \rangle_r) \{ \text{ADD} \}_{s1,s2,s3}$$
$$s1 \leftarrow q, \quad s2 \leftarrow r, \quad p,s3 \leftarrow \text{NEWT}$$

$$2. \langle E \rangle_p \rightarrow (\langle E \rangle_q * \langle E \rangle_r) \{ \text{MULT} \}_{s1,s2,s3}$$
$$s1 \leftarrow q, \quad s2 \leftarrow r, \quad p,s3 \leftarrow \text{NEWT}$$

$$3. \langle E \rangle_p \rightarrow I_r$$
$$p \leftarrow r$$



Primer

- Data S-atributivna poljska translaciona gramatika prevodi izraz u niz sastavljen od atoma $ADD_{p,q,r}$ i $MULT_{p,q,r}$ gde su p , q i r respektivno ukazatelji na levi operand, desni operand i rezultat operacije u tabeli simbola (ekvivalent asemblerskom kodu).
- Novi ulaz u tabelu generišemo pozivom funkcije NEWT.
- Atribut tokena I je ukazatalj na tabelu simbola, na simbol koji odgovara tokenu I .

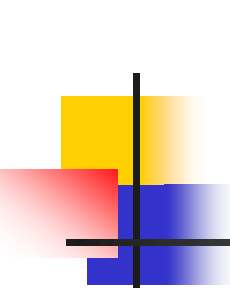


Primer

- Za ulaz:
 $(1 + (a * 2))$
- Leksička analiza daje sledeću sekvencu terminala:
 $(I_1 + (I_2 * I_3)) - |$
- Indeksi uz I su brojevi ulaza u tabeli simbola (leks. analizator je stavio konstante i promenljive u tab. simbola).

Tabela simbola:

Redni broj	Naziv	Tip
1	1	C
2	a	V
3	2	C



Konstrukcija potisnog BU procesora

- prvo konstruišemo potisni prepoznavać (nekom od SR tehnika) za ulaznu gramatiku
- prepoznavać proširujemo u procesor:
 - **stek simboli** sadrže i **polja za attribute**;
 - vrednosti svih atributa poznate su u trenutku stavljanja na stek
 - akciju **REDUCE** za svaku smenu proširujemo računanjem svih atributivnih **pravila** te smene i emitovanjem akcionih simbola navedenih u toj smeni na izlaz.

Proširene REDUCE akcije za tekući primer

REDUCE(1):

BEFORE

)
<E>
.....
vredn. r
+
<E>
.....
vredn. q
(
...

AFTER

<E>
.....
NEWT
....
▽

REDUCE(3) :

BEFORE

I
.....
vredn. r
...
▽

AFTER

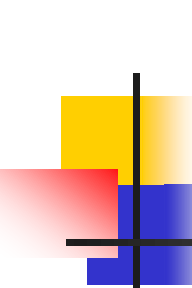
<E>
.....
vredn. r
...
▽

REDUCE(2) je kao i REDUCE(1) samo umesto "+" stoji "*", a akcija je $\text{OUTPUT}\{\text{MULT}_{q,r}, \text{NEWT}\}$.

$\text{OUTPUT}\{\text{ADD}_{q,r}, \text{NEWT}\}$

Primer rada potisnog procesora za tekući primer

	Stek	Tek.ul	Akc.	Izlaz
1.	▽	(I1 + (I2 * I3)) -	SHIFT	
2.	▽ (	I1 + (I2 * I3)) -	SHIFT	
3.	▽ (I1	+ (I2 * I3)) -	REDUCE(3)	
4.	▽ (<E>1	+ (I2 * I3)) -	SHIFT	
5.	▽ (<E>1 +	(I2 * I3)) -	SHIFT	
6.	▽ (<E>1 + (	I2 * I3)) -	SHIFT	
7.	▽ (<E>1 + (I2	* I3)) -	REDUCE(3)	
8.	▽ (<E>1 + (<E>2	* I3)) -	SHIFT	
9.	▽ (<E>1 + (<E>2 *	I3)) -	SHIFT	
10.	▽ (<E>1 + (<E>2 * I3	)) -	REDUCE(3)	
11.	▽ (<E>1 + (<E>2 * <E>3	)) -	SHIFT	
12.	▽ (<E>1 + (<E>2 * <E>3)	) -	REDUCE(2)	{MUL _{2,3,4} }
13.	▽ (<E>1 + <E>4	) -	SHIFT	
14.	▽ (<E>1 + <E>4)	-	REDUCE(1)	{ADD _{1,4,5} }
15.	▽ <E>5	-	ACCEPT	



Primer rada potisnog procesora za tekući primer

- **Konačni izlaz:**

{MULT 2,3, 4}

{ADD 1,4, 5}

Konačna tabela simbola:

RB	Naziv	Tip
1	1	C
2	a	V
3	2	C
4	t ₁	T
5	t ₂	T