

Sintaksom upravljana semantička analiza i prevodenje

- **Sintaksom upravljeni jezični procesori**
 - **Sintaksni analizator upravlja radom ostalih koraka rada jezičnog procesora**
 - **Sintaksni analizator pokreće izvođenje**
 - leksičkog analizatora
 - semantičkih akcija u cilju provjere semantičkih pravila
 - generatora međukôda
 - optimiranja međukôda
 - generatora ciljnog programa

Sintaksom upravljana semantička analiza i prevodenje

- **Semantičke akcije**
 - Izlazni završni znakovi
 - generiraju izlaz i ne upravljaju postupkom parsiranja
 - Ulazni završni znakovi
 - ostali završni znakovi gramatike koji upravljaju postupkom parsiranja
- **Prijevodna gramatika**
 - **Gramatika proširena**
 - ulaznim završnim znakovima
 - izlaznim završnim znakovima



Sintaksom upravljana semantička analiza i prevodenje

- **Razmjena podataka**
 - Formalno se zadaje pridruživanjem svojstava nezavršnim i završnim znakovima gramatike
 - Producijama gramatike pridružuju se
 - pravila računanja vrijednosti svojstava
- **Atributna prijevodna gramatika**
 - **Prijevodna gramatika proširena**
 - svojstvima
 - pravilima računanja vrijednosti tih svojstava



Prijevodna gramatika

1) $\langle E \rangle \rightarrow \langle E \rangle + \langle T \rangle$

3) $\langle T \rangle \rightarrow \langle T \rangle * \langle F \rangle$

5) $\langle F \rangle \rightarrow (\langle E \rangle)$

2) $\langle E \rangle \rightarrow \langle T \rangle$

4) $\langle T \rangle \rightarrow \langle F \rangle$

6) $\langle F \rangle \rightarrow a$

1) $\langle E \rangle \rightarrow \langle E \rangle \langle T \rangle +$

3) $\langle T \rangle \rightarrow \langle T \rangle \langle F \rangle *$

5) $\langle F \rangle \rightarrow \langle E \rangle$

2) $\langle E \rangle \rightarrow \langle T \rangle$

4) $\langle T \rangle \rightarrow \langle F \rangle$

6) $\langle F \rangle \rightarrow a$

a a +

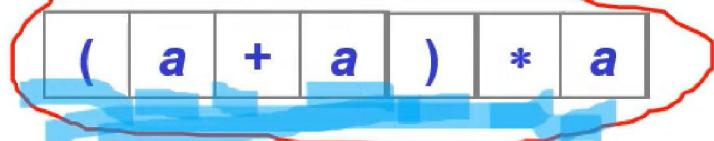
$\langle E \rangle \Rightarrow \langle T \rangle \Rightarrow \langle T \rangle * \langle F \rangle \Rightarrow \langle F \rangle * \langle F \rangle \Rightarrow (\langle E \rangle) * \langle F \rangle \Rightarrow (\langle E \rangle + \langle T \rangle) * \langle F \rangle \Rightarrow \dots \Rightarrow (a + a) * a$

$\langle E \rangle \Rightarrow \langle T \rangle \Rightarrow \langle T \rangle \langle F \rangle * \Rightarrow \langle F \rangle \langle F \rangle * \Rightarrow \langle E \rangle \langle F \rangle * \Rightarrow \langle E \rangle \langle T \rangle + \langle F \rangle * \Rightarrow \dots \Rightarrow aa + a *$

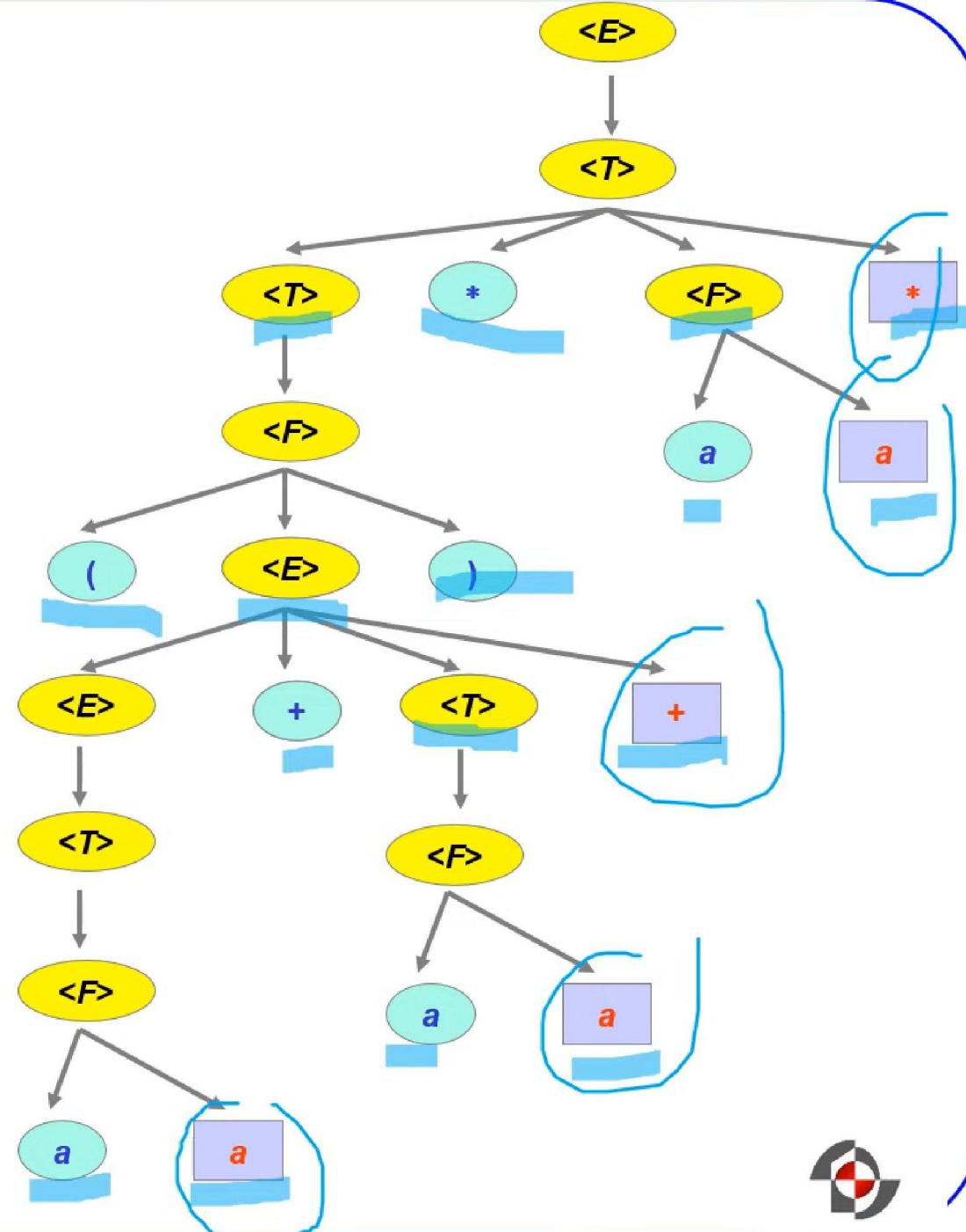


- 1) $\langle E \rangle \rightarrow \langle E \rangle + \langle T \rangle +$
- 2) $\langle E \rangle \rightarrow \langle T \rangle$
- 3) $\langle T \rangle \rightarrow \langle T \rangle * \langle F \rangle *$
- 4) $\langle T \rangle \rightarrow \langle F \rangle$
- 5) $\langle F \rangle \rightarrow (\langle E \rangle)$
- 6) $\langle F \rangle \rightarrow a a$

Ulagni niz



Izlazni niz



Prijevodna gramatika

- $G = (V, T, P, \langle S \rangle)$
- V
 - skup nezavršnih znakova gramatike
- $T = T_{ulazni} \cup T_{izlazni}$
 - skup završnih znakova
 - T_{ulazni}
 - skup ulaznih završnih znakova
 - $T_{izlazni}$
 - skup izlaznih završnih znakova
- P
 - skup produkcija
- S
 - početni nezavršni znak gramatike



Prijevodna gramatika

- **Ulazna gramatika**
 - $G_{ulazna} = (V, T_{ulazni}, P, \langle S \rangle)$
 - ulazni jezik
 - ulazni nizovi
- **Izlazna gramatika**
 - $G_{izlazni} = (V, T_{izlazni}, P, \langle S \rangle)$
 - izlazni jezik
 - izlazni nizovi

Atributna prijevodna gramatika

- **Završnim i nezavršnim znakovima gramatike dodjeljuju se**
 - svojstva
 - pravila računanja vrijednosti tih svojstava
- **Izvedena svojstva**
 - njihove se vrijednosti prenose od dna prema vrhu sintaksnog stabla
- **Nasljedna svojstva**
 - njihove se vrijednosti prenose od vrha prema dnu



Izvedena svojstva

(16 + 4) * 8
(INT + INT) * INT
(INT₁₆ + INT₄) * INT₈

0) <S> → <E>

1) <E> → <E> + <T>

2) <E> → <T>

3) <T> → <T> * <F>

4) <T> → <F>

5) <F> → (<E>)

6) <F> → INT

Izvedena svojstva

(16 + 4) * 8

(INT + INT) * INT

(INT₁₆ + INT₄) * INT

0) <S> → <E>_p { *Rezultat*_r }



1) <E>_p → <E>_p + <T>_r
 $p \leftarrow q + r$

2) <E>_p → <T>_q
 $p \leftarrow q$

3) <T>_p → <T>_q * <F>_r
 $p \leftarrow q * r$

4) <T>_p → <F>_q

$p \leftarrow q$

5) <F>_p → (<E>_q)

$p \leftarrow q$

6) <F>_p → INT_q

$p \leftarrow q$

6) $\langle F \rangle_p \rightarrow INT_q$
 $p \leftarrow q$

(16+4)*8

(INT_{16} + INT_4) * INT_8

$$(16+4)*8$$

(16+4)*8

$\langle F \rangle_{16}$

(

INT_{16}

+

INT_4

)

*

INT_8



4) $\langle T \rangle_p \rightarrow \langle F \rangle_q$
 $p \leftarrow q$

(16+4)*8

$\langle F \rangle_{16}$

(

INT_{16}

+

INT_4

)

*

INT_8



$$(16+4)*8$$

 $\langle T \rangle_{16}$ $\langle F \rangle_{16}$

()

 INT_{16}

+

 INT_4

)

*

 INT_8 

2) $\langle E \rangle_p \rightarrow \langle T \rangle_q$
 $p \leftarrow q$

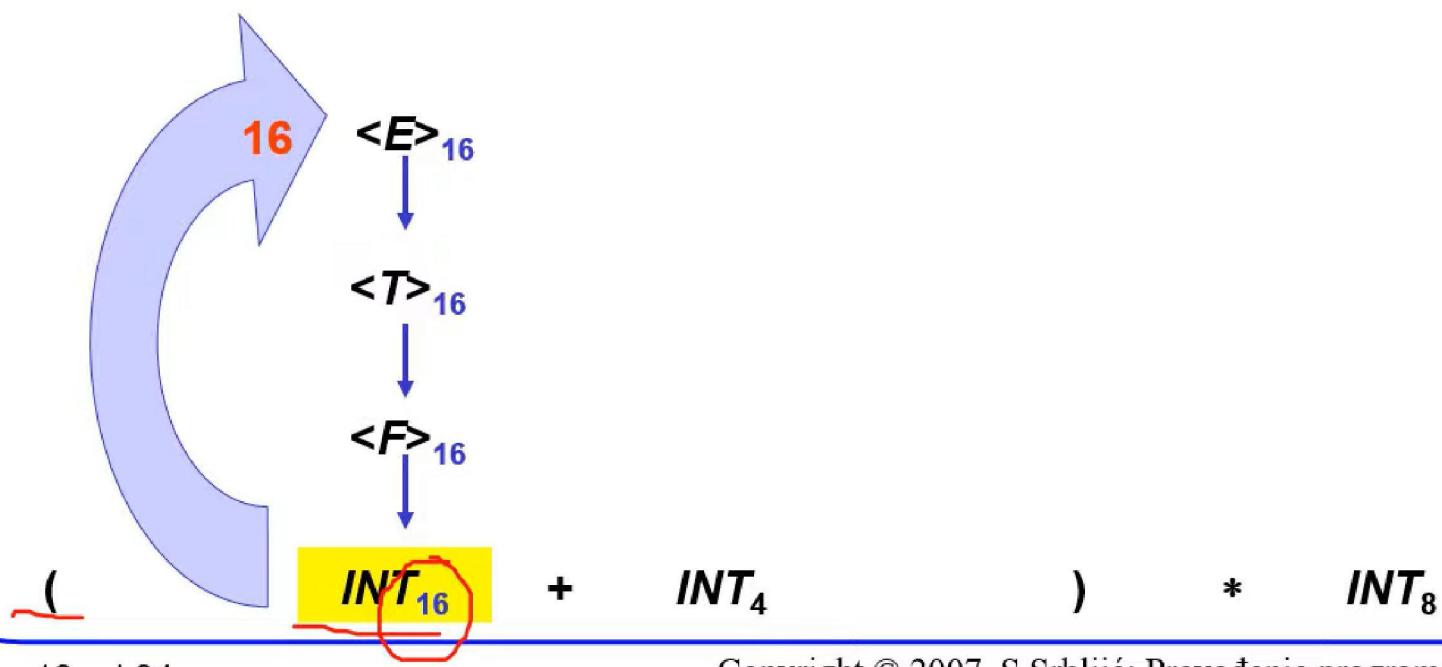
(16+4)*8

\downarrow
 $\langle T \rangle_{16}$
 \downarrow
 $\langle F \rangle_{16}$

(INT_{16} + INT_4) * INT_8

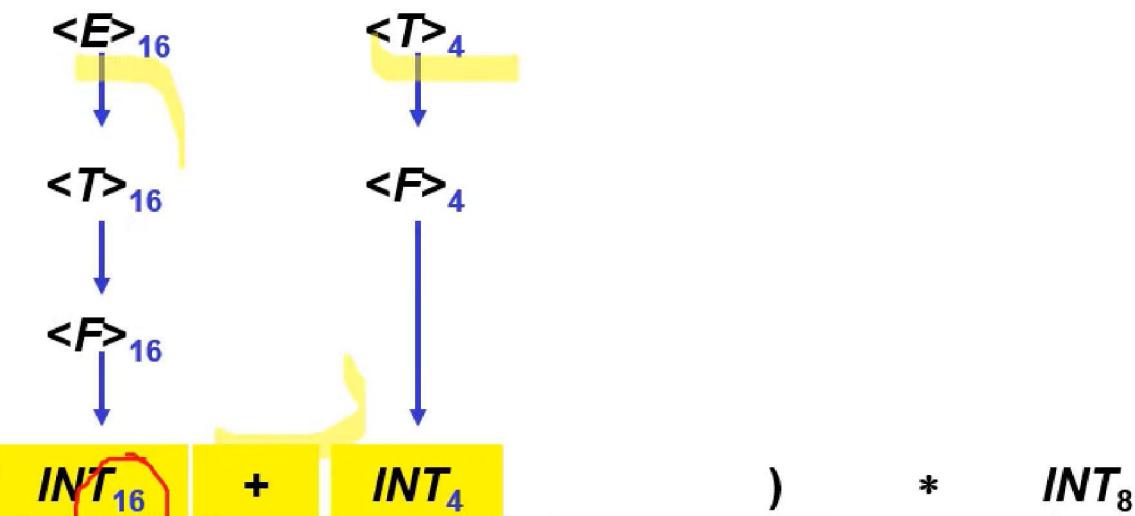


$$(16+4)*8$$

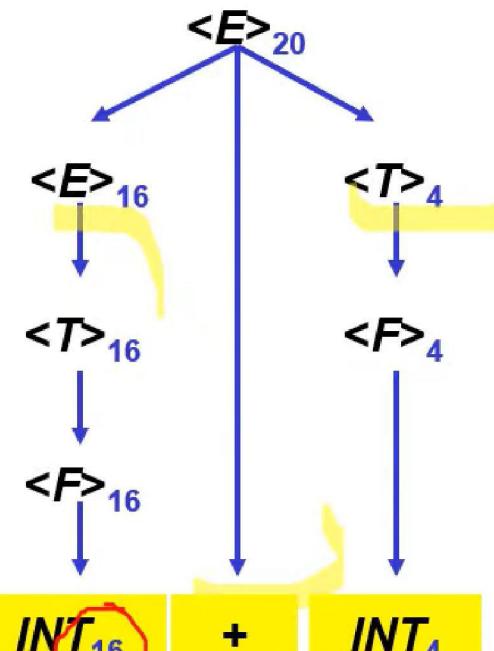


1) $\langle E \rangle_p \rightarrow \langle E \rangle_q + \langle T \rangle_r$
 $p \leftarrow q + r$

(16+4)*8



$$(16+4)*8$$



(

INT₁₆ + INT₄) * INT₈

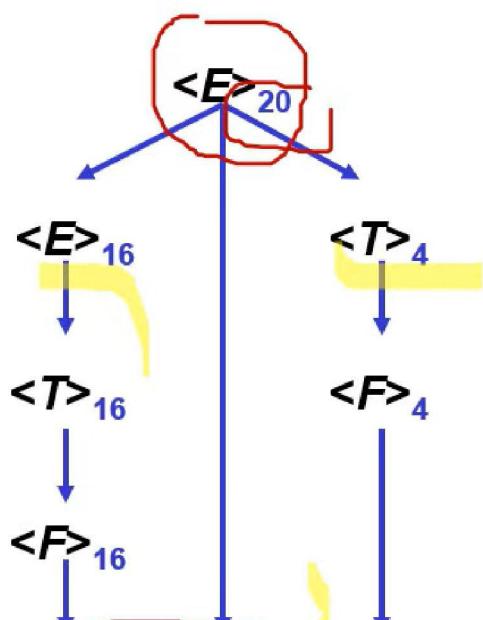
)

*

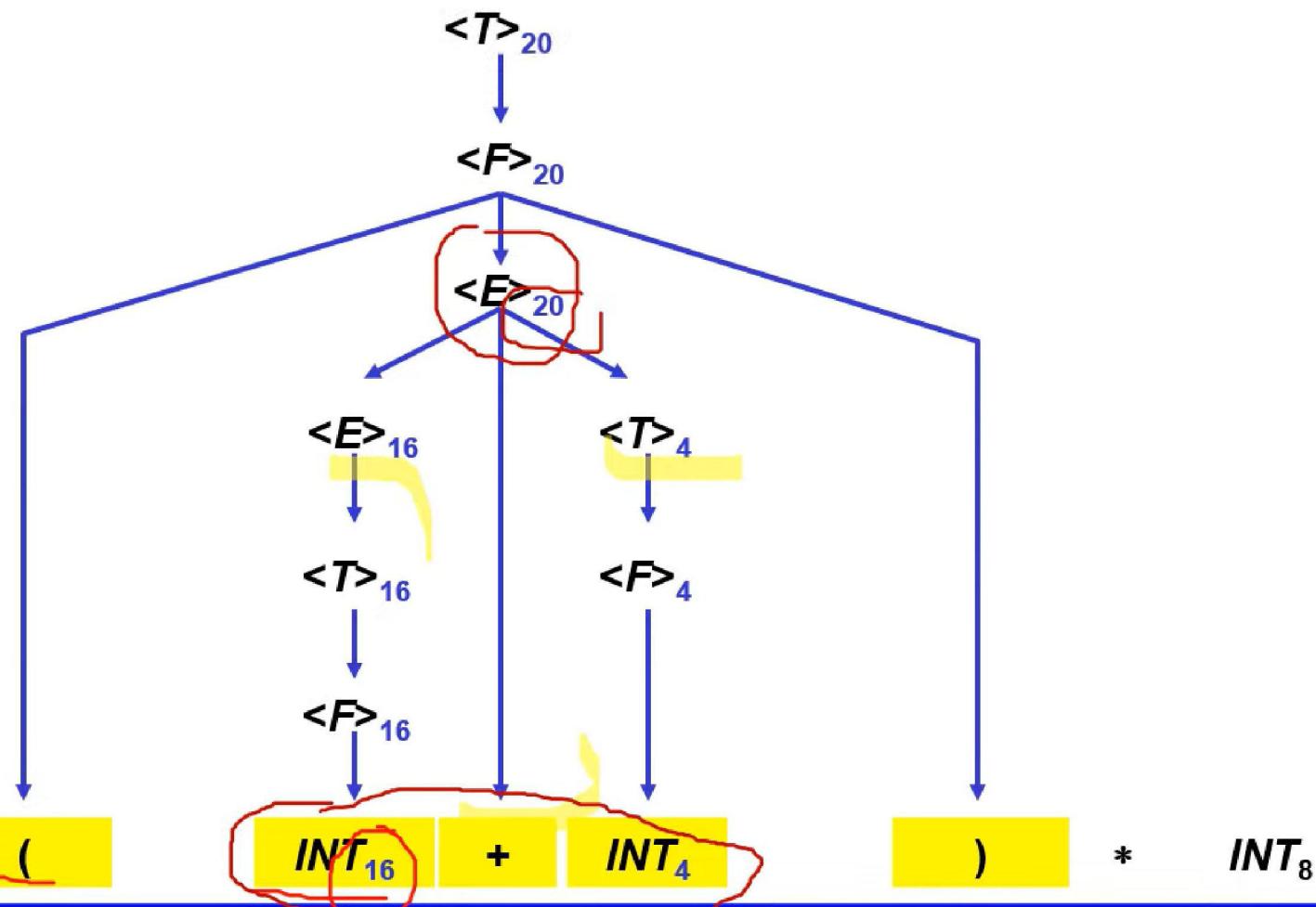
INT₈

5) $\langle F \rangle_p \rightarrow (\langle E \rangle_q)$
 $p \leftarrow q$

(16+4)*8

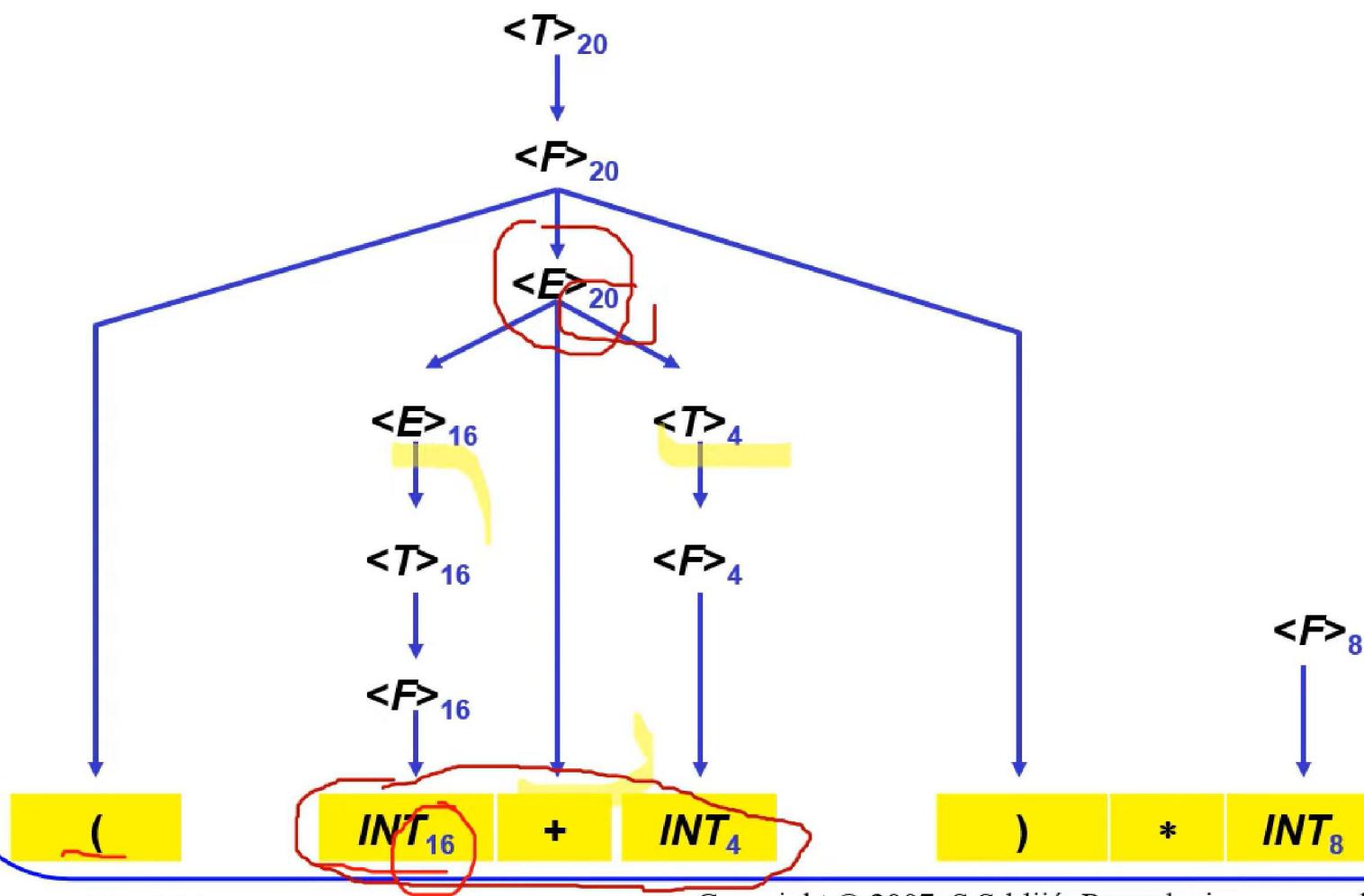


$$(16+4)*8$$

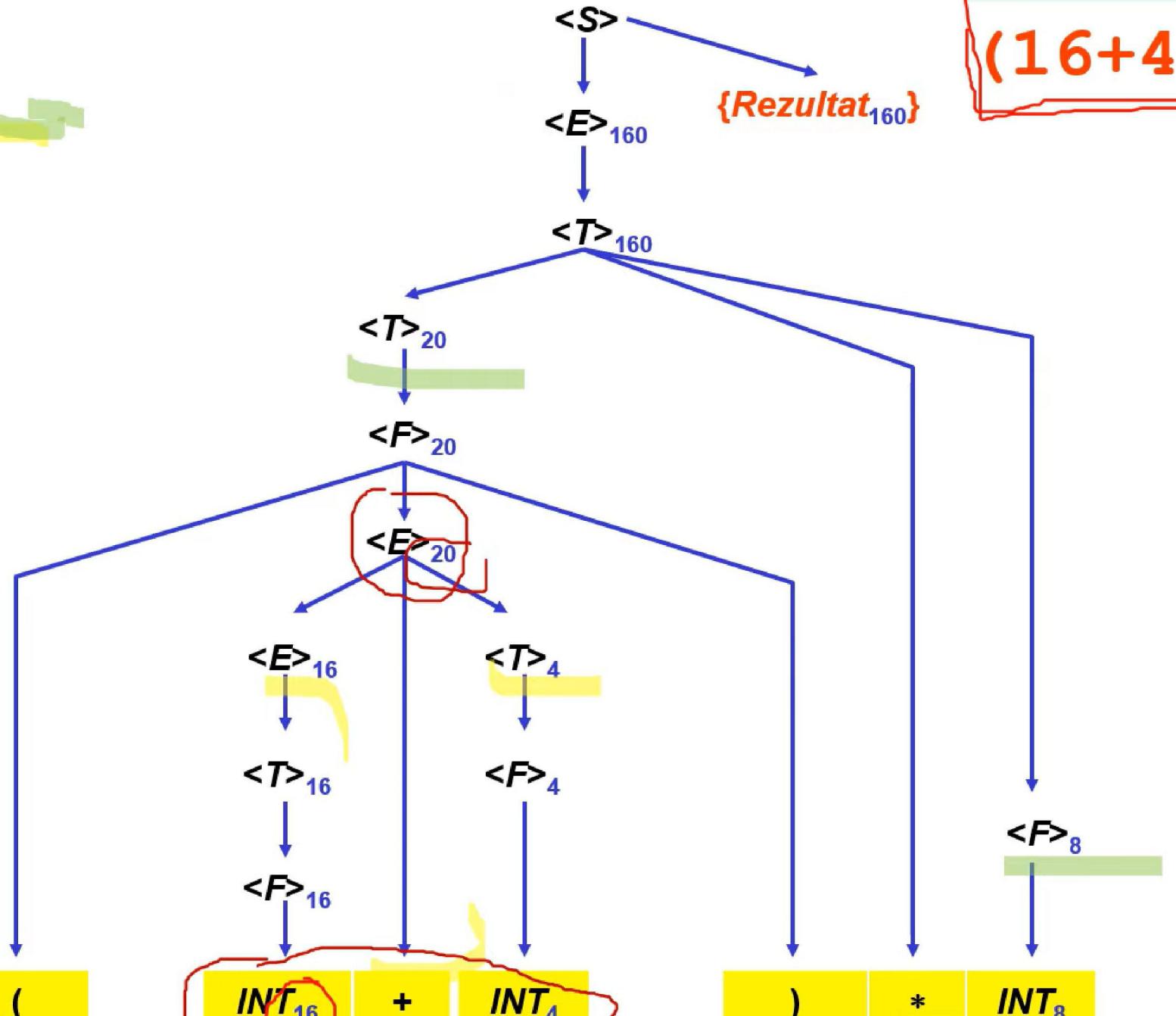


3) $\langle T \rangle_p \rightarrow \langle T \rangle_q * \langle F \rangle_r$
 $p \leftarrow q * r$

(16+4)*8



(16+4)*8



Nasljedna svojstva

INT PrvaVarijabla, DrugaVarijabla, TrećaVarijabla;
 $t \text{ IDN}_1 , \text{IDN}_2 , \text{IDN}_3 ;$
 $t_{INT} \text{ IDN}_1 , \text{IDN}_2 , \text{IDN}_3 ;$

1) $\langle D \rangle \rightarrow t \text{ IDN } \{Zapiši\} \langle L \rangle$

2) $\langle L \rangle \rightarrow , \text{IDN } \{Zapiši\} \langle L \rangle$

3) $\langle L \rangle \rightarrow ;$

Nasljedna svojstva

INT PrvaVarijabla, DrugaVarijabla, TrećaVarijabla;
t IDN , IDN , IDN ;
t INT IDN₁ , IDN₂ , IDN₃ ;

1) $\langle D \rangle \rightarrow t \text{ IDN } \{ \text{Zapiši} \}_{k, p} \langle L \rangle_s$
 $(s, p) \leftarrow r, k \leftarrow q$

2) $\langle L \rangle_r \rightarrow , \text{ IDN }_q \{ \text{Zapiši} \}_{k, p} \langle L \rangle_s$
 $(s, p) \leftarrow r, k \leftarrow q$

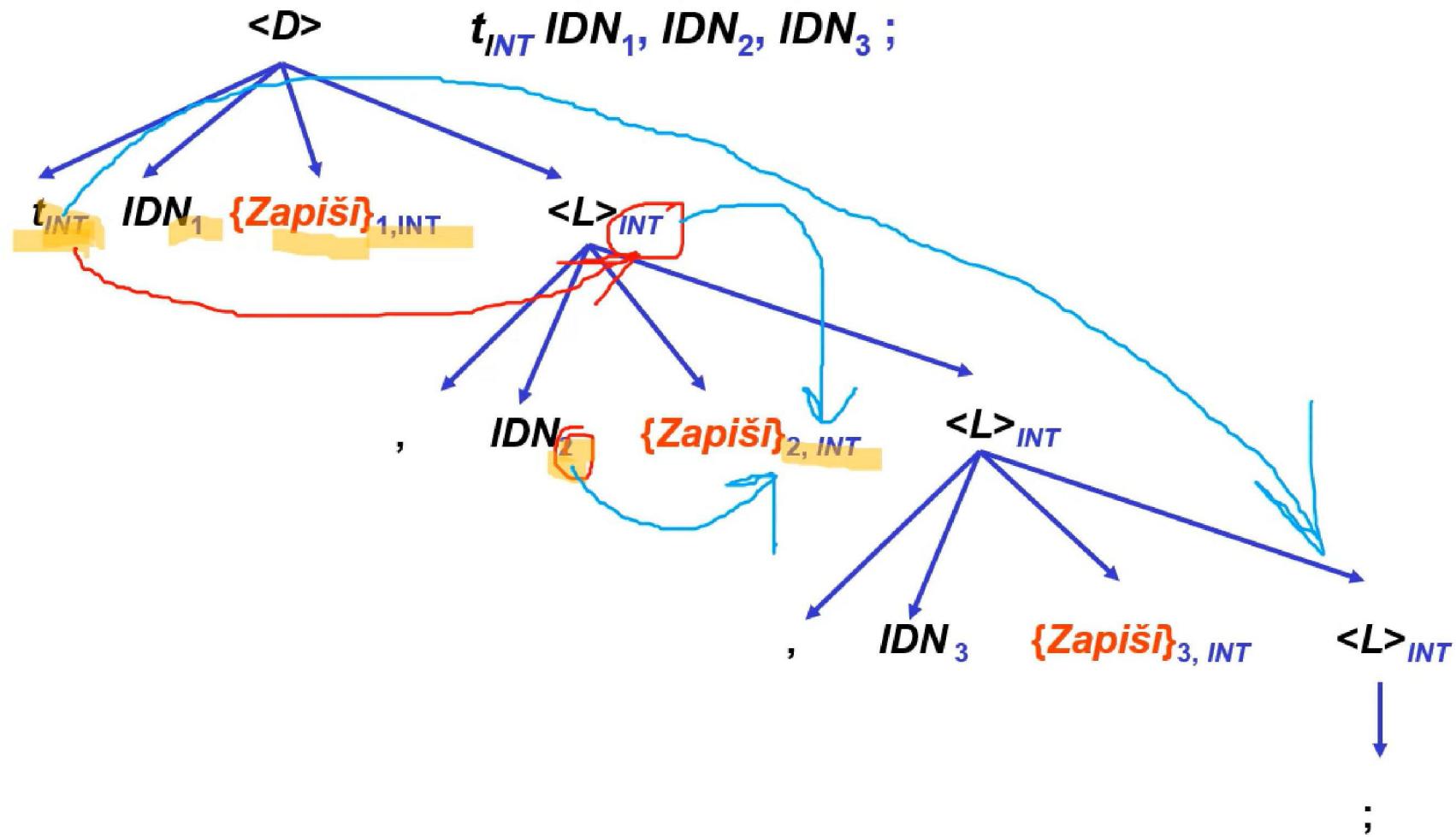
3) $\langle L \rangle_r \rightarrow ;$

INT PrvaVarijabla, DrugaVarijabla, TrećaVarijabla;
t IDN, IDN, IDN ;
<D> *t_{INT} IDN₁, IDN₂, IDN₃ ;*

1) $\langle D \rangle \rightarrow t_r \text{IDN}_q \{ \text{Zapiši} \}_{k, p} \langle L \rangle_s$
 $(s, p) \leftarrow r, k \leftarrow q$



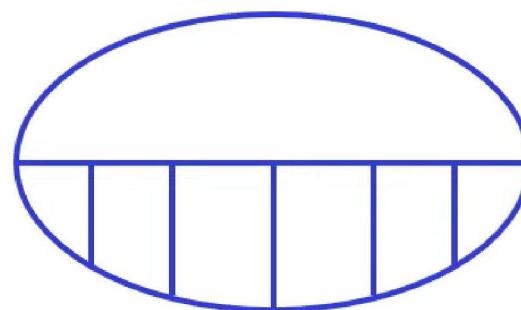
**INT PrvaVarijabla, DrugaVarijabla, TrećaVarijabla;
t IDN, IDN, IDN ;
t_{INT} IDN₁, IDN₂, IDN₃ ;**



Definicija atributne prijevodne gramatike

1. Konačni skup svojstava

- dodjeljuje se **svim znakovima gramatike**
- označavaju se indeksima
- pridružuju im se vrijednosti
 - u sintaksnom stablu
- **vrijednost svojstva može biti bilo što**
 - Broj, tip, niz naredbi međukoda, popis pogrešaka, ...



Definicija atributne prijevodne gramatike

2. Računanje vrijednosti *nasljednih svojstava*

a) Vrijednost nasljednog svojstva *znaka desne strane produkcije* računa se na temelju

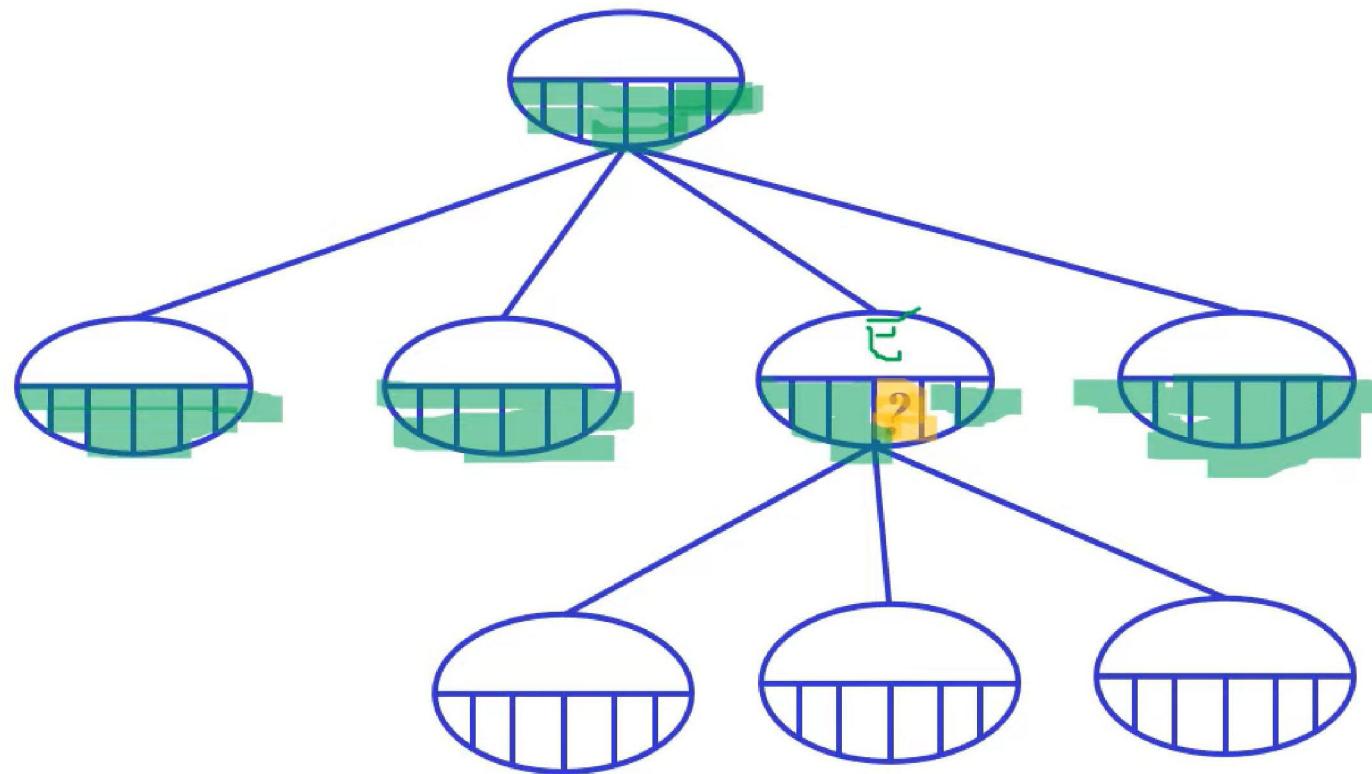
- vrijednosti svojstava ostalih znakova koji su na lijevoj ili desnoj strani produkcije

b) Početna vrijednost nasljednog svojstva *početnog nezavršnog znaka* gramatike zadaje se

- zajedno s produkcijama gramatike



Nasljedna svojstva



Definicija atributne prijevodne gramatike

3. Računanje vrijednosti *izvedenih svojstava*

a) Vrijednost izvedenog svojstva *nezavršnog znaka lijeve strane produkcije* računa se na temelju

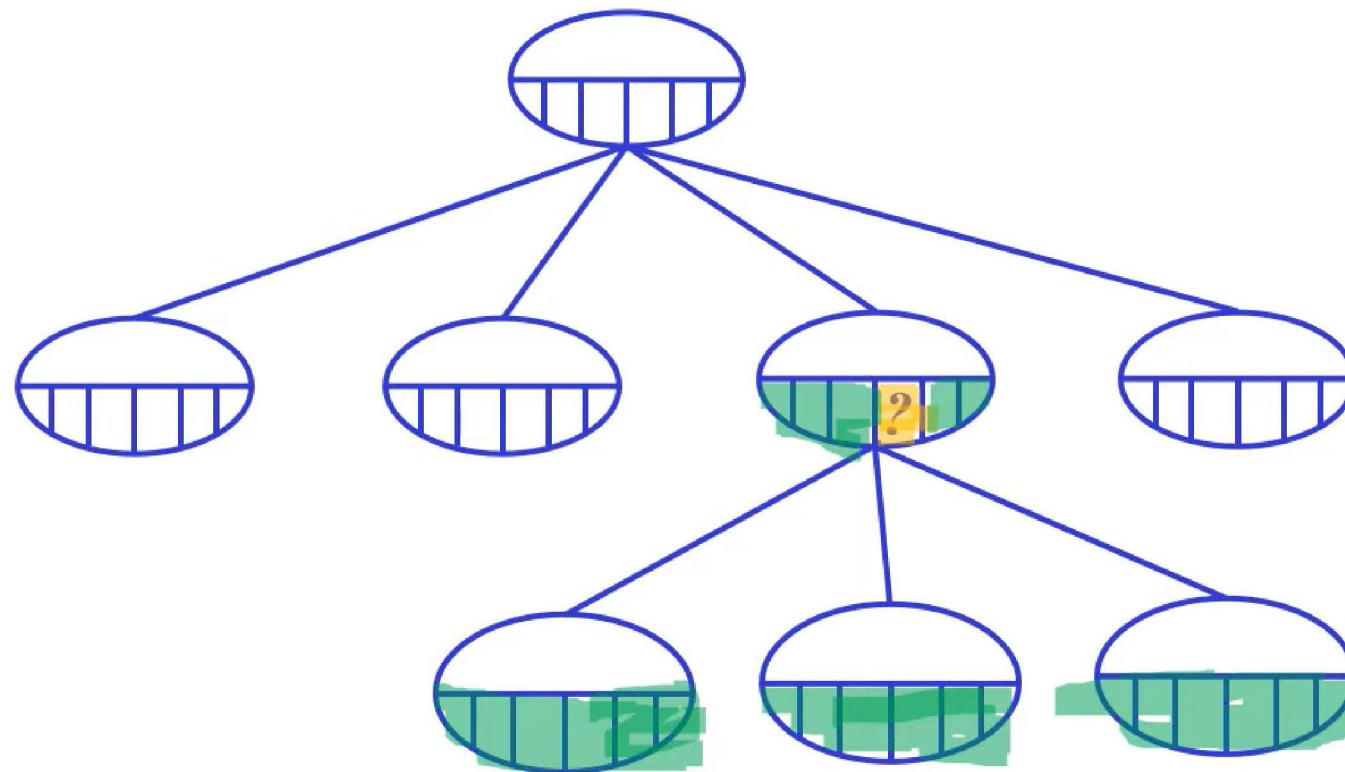
- vrijednosti svojstava ostalih znakova koji su na lijevoj ili desnoj strani produkcije

b) Vrijednost izvedenog svojstva *izlaznog završnog znaka* računa se na temelju

- vrijednosti ostalih svojstava koja su dodijeljena tom istom znaku



Izvedena svojstva



Definicija atributne prijevodne gramatike

- **Izgradnja atributnog generativnog stabla**
 1. Primjenom produkcija *prijevodne gramatike* izgradi se **generativno stablo** za zadani niz ulaznih završnih znakova.
 2. Svojstvima *ulaznih završnih znakova* gramatike pridruže se pročitane vrijednosti.
 3. *Nasljednim svojstvima početnog nezavršnog znaka* pridruže se početne vrijednosti koje su definirane zajedno s produkcijama gramatike.



Definicija atributne prijevodne gramatike

- **Izgradnja atributnog generativnog stabla:**

4. Pretražuje se generativno stablo.

Traži se svojstvo koje nema izračunatu vrijednost, ali su zato izračunate vrijednosti svih svojstava na temelju kojih se računa vrijednost izabranog svojstva.

Izračuna se vrijednost izabranog svojstva.

Ako se izračunaju vrijednosti svih svojstava
ili više nije moguće izračunati vrijednost nijednog svojstva

onda se postupak gradnje atributnog generativnog stabla zaustavlja



Definicija atributne prijevodne gramatike

- **Generativno stablo je potpuno**
 - ako je moguće izračunati vrijednosti svih svojstava koja su dodijeljena svim znakovima gramatike
- **Atributna prijevodna gramatika je dobro definirana**
 - ako je moguće za bilo koji niz ulaznih znakova izgraditi potpuno generativno stablo
 - **Knuth, godine 1968.**
 - algoritam koji ispituje je li zadana atributna prijevodna gramatika dobro definirana



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Aritmetički izrazi sa zagradama

Infiksni sustav oznaka

Ulazni završni znak IDN jest leksička jedinka variable

$$1. \langle E \rangle \rightarrow \langle E \rangle + \langle T \rangle$$

$$4. \langle T \rangle \rightarrow \langle F \rangle$$

$$2. \langle E \rangle \rightarrow \langle T \rangle$$

$$5. \langle F \rangle \rightarrow (\langle E \rangle)$$

$$3. \langle T \rangle \rightarrow \langle T \rangle * \langle F \rangle$$

$$6. \langle F \rangle \rightarrow \text{IDN}$$



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

- **Prvi korak**
 - **Proširuje se skup završnih znakova**
 - izlaznim završnim znakovima
 - **Izlazni završni znakovi**
 - oznake semantičkih akcija
 - spremaju vrijednosti obilježja u tablicu identifikatora
 - provjeravaju zadana semantička pravila
 - generiraju troadresne naredbe međukôda
 - dvije vrste troadresnih naredbi
 - naredbe zbrajanja i množenja
 - redoslijed generiranja troadresnih naredbi određuje
 - redoslijed njihovog izvođenja



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

- **Prvi korak**
 - **Troadresne naredbe sadrže**

- kazaljku koja pokazuje na lijevi operand
- kazaljku koja pokazuje na desni operand
- kazaljku koja pokazuje na rezultat operacije

{Zbroj}	-	Zbroji(a,b,c)
{Umnožak}	-	Pomnoži(a,b,c)



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

- **Drugi korak**
 - Producije gramatike proširuju se
 - oznakama semantičkih akcija
 - Mesta oznaka semantičkih akcija u produkciji određuju
 - redoslijed generiranja naredbi množenja i zbrajanja
 - redoslijed njihovog izvođenja
1. $\langle E \rangle \rightarrow \langle E \rangle + \langle T \rangle \{Zbroj\}$
2. $\langle E \rangle \rightarrow \langle T \rangle$
3. $\langle T \rangle \rightarrow \langle T \rangle * \langle F \rangle \{Umnožak\}$
4. $\langle T \rangle \rightarrow \langle F \rangle$
5. $\langle F \rangle \rightarrow (\langle E \rangle)$
6. $\langle F \rangle \rightarrow \text{IDN}$



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$

$\langle E \rangle$



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$

$\langle T \rangle$

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$

$\langle T \rangle$	*	$\langle F \rangle$	{Umnožak}
---------------------	---	---------------------	-----------

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$

$\langle F \rangle$	*	$\langle F \rangle$	{Umnožak}
---------------------	---	---------------------	-----------

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza:

$(a+a)*(a+a)$

($\langle E \rangle$)	*	$\langle F \rangle$	$\{Umnožak\}$
---	---------------------	---	---	---------------------	---------------

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$

(IDN	+	IDN	{Zbroj})	*	<F>	{Umnožak}
---	-----	---	-----	---------	---	---	-----	-----------

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$

(IDN	+	IDN	{Zbroj})	*	(<E>	+	<T>	{Zbroj})	{Umnožak}
---	-----	---	-----	---------	---	---	---	-----	---	-----	---------	---	-----------

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza: $(a+a)*(a+a)$

(IDN	+	IDN	{Zbroj})	*	(IDN	+	IDN	{Zbroj})	{Umnožak}
---	-----	---	-----	---------	---	---	---	-----	---	-----	---------	---	-----------

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Parsiranje aritmetičkog izraza:

$(a+a)*(a+a)$

(IDN + IDN) * (IDN + IDN)

(IDN + IDN {Zbroj}) * (IDN + IDN {Zbroj}) {Umnožak}

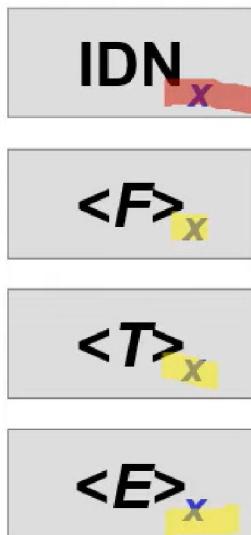
{Zbroj}

{Zbroj}

{Umnožak}

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

- Treći korak
 - Znakovima gramatike dodjeljuju se svojstva
 - Vrijednosti svojstava su
 - kazaljke koje pokazuju na mesta zapisa vrijednosti obilježja



- Vrijednost svojstva **x** jest kazaljka koja pokazuje na tablicu identifikatora
- Kazaljka pokazuje na mjesto zapisa vrijednosti obilježja varijable
 - Izvedeno svojstvo

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

{Zbroj}

{Umnožak}

- **Tri kazaljke:**

- kazaljka koja pokazuje na zapis vrijednosti obilježja lijevog operanda
- kazaljka koja pokazuje na zapis vrijednosti obilježja desnog operanda
- kazaljka koja pokazuje na zapis vrijednosti obilježja rezultata (odnosno međurezultata)

{Zbroj_{y, z, p}}

Nasljedna svojstva *y, z*
Izvedeno svojstvo *p*

{Umnožak_{y, z, p}}

Nasljedna svojstva *y, z*
Izvedeno svojstvo *p*



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

- **Četvrti korak**

—Definiranje pravila računanja vrijednosti svojstava

6. $\langle F \rangle_x \rightarrow \text{IDN}_p$
 $x \leftarrow p$

5. $\langle F \rangle_x \rightarrow (\langle E \rangle_p)$
 $x \leftarrow p$

2. $\langle E \rangle_x \rightarrow \langle T \rangle_p$
 $x \leftarrow p$

4. $\langle T \rangle_x \rightarrow \langle F \rangle_p$
 $x \leftarrow p$



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

{Zbroj_{y, z, p}}

**Nasljedna svojstva y, z
Izvedeno svojstvo p**

1. $\langle E \rangle_x \rightarrow \langle E \rangle_q + \langle T \rangle_r \quad \{Zbroj_{y, z, p}\}$

$y \leftarrow q$

$z \leftarrow r$

$x \leftarrow p$

{Umnožak_{y, z, p}}

**Nasljedna svojstva y, z
Izvedeno svojstvo p**

3. $\langle E \rangle_x \rightarrow \langle E \rangle_q * \langle T \rangle_r \quad \{Umnožak_{y, z, p}\}$

$y \leftarrow q$

$z \leftarrow r$

$x \leftarrow p$



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Izvorni program: $(Prvi+Drugi)*(Prvi+Treći)$

Leksički analizator: $(IDN_1 + IDN_2) * (IDN_1 + IDN_4)$

Sintaksni analizator:

$(IDN_1 + IDN_2 \{Zbroj\}_{1, 2, 3}) * (IDN_1 + IDN_4 \{Zbroj\}_{1, 4, 5}) \{Umnožak\}_{3, 5, 6}$

TABLICA IDENTIFIKATORA

1	Vrijednosti obilježja variabile Prvi
2	Vrijednosti obilježja variabile Drugi
3	Vrijednosti obilježja međurezultata ($Prvi+Drugi$)
4	Vrijednosti obilježja variabile Treći
5	Vrijednosti obilježja međurezultata ($Prvi+Treći$)
6	Vrijednosti obilježja rezultata ($Prvi+Drugi)*(\Prvi+Treći)$

Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Sintaksni analizator:

$(IDN_1 + IDN_2 \{Zbroj\}_{1, 2, 3}) * (IDN_1 + IDN_4 \{Zbroj\}_{1, 4, 5}) \{Umnožak\}_{3, 5, 6}$

Generator međukôda:

$(IDN_1 + IDN_2 \{Zbroj\}_{1, 2, 3}) * (IDN_1 + IDN_4 \{Zbroj\}_{1, 4, 5}) \{Umnožak\}_{3, 5, 6}$

TABLICA IDENTIFIKATORA

1	Vrijednosti obilježja variabile Prvi
2	Vrijednosti obilježja variabile Drugi
3	Vrijednosti obilježja međurezultata (Prvi+Drugi)
4	Vrijednosti obilježja variabile Treći
5	Vrijednosti obilježja međurezultata (Prvi+Treći)
6	Vrijednosti obilježja rezultata (Prvi+Drugi)*(Prvi+Treći)



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Sintaksni analizator:

$(IDN_1 + IDN_2 \{Zbroj\}_{1, 2, 3}) * (IDN_1 + IDN_4 \{Zbroj\}_{1, 4, 5}) \{Umnožak\}_{3, 5, 6}$

Generator međukôda:

$\{Zbroj\}_{1, 2, 3} \{Zbroj\}_{1, 4, 5} \{Umnožak\}_{3, 5, 6}$

TABLICA IDENTIFIKATORA

1	Vrijednosti obilježja variabile Prvi
2	Vrijednosti obilježja variabile Drugi
3	Vrijednosti obilježja međurezultata (Prvi+Drugi)
4	Vrijednosti obilježja variabile Treći
5	Vrijednosti obilježja međurezultata (Prvi+Treći)
6	Vrijednosti obilježja rezultata (Prvi+Drugi)*(Prvi+Treći)



Izgradnja atributne prijevodne gramatike

Sintaksni analizator:

$(IDN_1 + IDN_2 \{Zbroj\}_{1,2,3}) * (IDN_1 + IDN_4 \{Zbroj\}_{1,4,5}) \{Umnožak\}_{3,5,6}$

Generator međukôda:

Zbroji(1,2,3)

Zbroji(1,4,5)

Pomnoži(3,5,6)

TABLICA IDENTIFIKATORA

1	<i>Vrijednosti obilježja variabile Prvi</i>
2	<i>Vrijednosti obilježja variabile Drugi</i>
3	<i>Vrijednosti obilježja međurezultata (Prvi+Drugi)</i>
4	<i>Vrijednosti obilježja variabile Treći</i>
5	<i>Vrijednosti obilježja međurezultata (Prvi+Treći)</i>
6	<i>Vrijednosti obilježja rezultata (Prvi+Drugi)*(Prvi+Treći)</i>

