POLITECNICO DI TORINO

Laboratorio di Compilatori

Corso di Linguaggi e Traduttori

Esercitazione 4

Stefano Scanzio
mail: stefano.scanzio@polito.it
sito: http://www.skenz.it/traduttori

a.a 2010 / 2011

Definizioni Guidate dalla Sintassi

- Ad ogni simbolo viene associato un insieme di attributi:
  - **sintetizzati**: calcolati in base al valore degli attributi dei figli di un nodo nell'albero di derivazione,
  - **ereditati**: calcolati in base al valore degli attributi dei nodi fratelli e del nodo padre nell'albero di derivazione,
- Ad ogni produzione viene associato un insieme di regole semantiche che specificano come vengono calcolati gli attributi.
- Lo scanner passa i valori semantici dei simboli terminali al parser il quale, mentre riconosce la grammatica, aggiorna i nodi dell'albero di derivazione

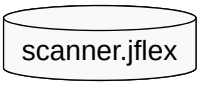
Attributi sintetizzati

- Se una definizione guidata dalla sintassi usa solo attributi sintetizzati è detta definizione ad *attributi S*.
- È possibile calcolare i valori degli attributi di una definizione ad attributi S bottom-up, dalle foglie alla radice dell'albero di derivazione.

$E \rightarrow E_1$ '+' T	**E.value ::= E_1.value + T.value**
$E \rightarrow T$	**E.value ::= T.value**
$T \rightarrow$ number	**T.value ::= number.value**

Semantica in Cup: La classe Symbol

- Ogni simbolo presente nello stack di Cup è un oggetto di tipo Symbol (cup/java_cup/runtime/Symbol.java)
- Ad esso sono associate diverse informazioni:
  - Un numero che identifica univocamente il simbolo
    - public int sym;
  - Lo stato in cui si trova il parser
    - public int parse_state;
  - Due numeri interi che servono per il passaggio di numero di linea e di colonna dallo scanner verso il parser
    - public int left, right;
  - Una classe di tipo Object che serve a gestire la semantica
    - public Object value;



Passaggio dei valori semantici al parser

- Simbolo e valore semantico:

```
[a-zA-Z][a-zA-Z0-9_]*    { return new Symbol(sym.ID, new  String(yytext())); }
```

- Simbolo, numero di linea, numero di colonna e valore semantico:

```
%{
   private Symbol symbol(int type, Object value){
         return new Symbol(type, yyline,yycolumn,value);
   }
%}

%%
[a-zA-Z][a-zA-Z0-9_]*      { return symbol(sym.ID, new  String(yytext())); }
```

Costuttori di Symbol:
public Symbol(int sym_id)
public Symbol(int sym_id, int left, int right)
public Symbol(int sym_id, Object o)
public Symbol(int sym_id, int left, int right, Object o)

- o in modo equicalente:

```
[a-zA-Z][a-zA-Z0-9_]*      {
            return new Symbol(sym.ID, yyline, yycolumn, new  String(yytext())); }
```


Semantica in Cup: definizione simboli (non)? terminali

- Cup deve conoscere il tipo di informazione semantica associata ad ogni simbolo
- Si usa la seguente implementazione dei costrutti terminal e non terminal di Cup:
  - terminal <Object> <elenco_simboli_terminali> ;
  - non terminal <Object> <elenco_simboli_non_terminali ;
- <Object> rappresenta il tipo di oggetto assolciato ad un determinato simbolo
- Es.
  - terminal String ID;
    - In ID verrà memorizzato un contenuto semantico di tipo stringa
  - terminal Integer NUM;
  - non terminal MyObject var;

Per esempio:

```
class MyObject {
        public String var_name;
        public String var_type;
}
```

Semantica in Cup: Utilizzo valori semantici, le etichette

- Dati un insieme di regole:

```
E ::=  E PIU T
     | E MENO T ;
```

- Si può far riferimento ai valori semantici dei simboli aggiungendo delle etichette ai simboli che interessano:
  - Un etichetta è il carattere ':' seguito da un nome

```
E ::=  E:n1 PIU T:n2
     | E:n1 MENO T:n2 ;
```

- All'interno delle regole le etichette potranno essere usate normalmente come oggetti del tipo specificato nei costrutti terminal e non terminal :

```
E ::=  E:n1 PIU T:n2 {:
    System.out.print(n1 + " + " + n2 + " =");  :}
      | E:n1 MENO T:n2 {:
    System.out.print(n1 + " - " + n2 + " =");  :};
```


Semantica in Cup: Azioni e oggetto RESULT

- Ad ogni regola può essere associata un'azione ({: /* Codice Java */ :}) da eseguirsi ogni qualvolta la regola è applicata nel processo di analisi
- Tale azione provvede ad aggiornare i valori semantici associati a ciascun simbolo
- Cup definisce per ogni regola un oggetto di tipo Object chiamato RESULT
- RESULT rappresenta il risultato delle regole semantiche contenute nell'azione ed è perciò associato al simbolo non terminale che compare nella parte sinistra di una regola

Esempio: Calcolo di attributi sintetizzati

- Data la grammatica delle espressioni algebriche, la regola seguente associa al simbolo '**E**' la somma o la sottrazione dei valori degli addendi/sottraendi:

```
non terminal Integer E;
E  ::= E:n1 PIU T:n2 {:
     RESULT = new Integer(n1.intValue() + n2.intValue()); :}
          |  E:n1 MENO T:n2 {:
     RESULT = new Integer(n1.intValue() - n2.intValue()); :}
;
```

- Nota:
  - A RESULT deve essere assegnato un oggetto di tipo Integer: new Integer()
  - Gli operatori matematici devono operare su numeri e non su oggetti: n1.intValue()

Esempio: Calcolo di attributi sintetizzati

- Se attraverso la classe RESULT si vogliono propagare più valori semantici si può procedere nel seguente modo:

```
terminal TO, TC;
terminal String identifier;
terminal Integer Args;
non terminal Object[ ] Func;
non terminal goal;

goal ::= Func:a {:
    System.out.println( "Nome Funzione: " + a[0] + "Numero argomenti: " + a[1] );
:} ;

Func ::= identifier:a TO Args:b TC {:
          RESULT = new Object[2];
          RESULT[0] = new String(a);
          RESULT[1] = new Integer(b);
:} ;
```

Esempio: Calcolo di attributi sintetizzati

- Alternativamente su può costruire un oggetto che contenga tutte le informazioni necessarie:

```
action code {:
    class MyFunc {
        MyFunc(String id, int args) {
            this.id = new String(id);
            this.args = args;
        }
        public String id;
        public int args;
    }
:}

non terminal MyFunc Func;

goal ::= Func:a {:
    System.out.println( “Nome Funzione: ” + a.id + “Numero argomenti: “ + a.args );
:} ;

Func ::= identifier:a TO Args:b TC {:
        RESULT = new MyFunc( a, b.intValue() );
:} ;
```


Debugging del parser

- Cup mette a disposizione una serie di opzioni per visualizzare le strutture interne che costituiscono il parser:
  - -dump_grammar : Stampa l’elenco dei simboli terminali, non terminali e le produzioni
  - -dump_states : Riporta il grafo degli stati
  - -dump_table : Riporta la ACTION TABLE e la REDUCE TABLE
  - -dump : Stampa tutte le informazioni
- Può essere eseguito in modalità debug, stampando in uscita tutte le azioni effettuate per analizzare una sequenza di simboli in ingresso

Modalità normale:

```
Yylex l = new Yylex(new FileReader(file));
parser p = new parser(l);
Object result = p.parse();
```

Modalità debug:

```
Yylex l = new Yylex(new FileReader(file));
parser p = new parser(l);
Object result = p.debug_parse();
```

Grammatica

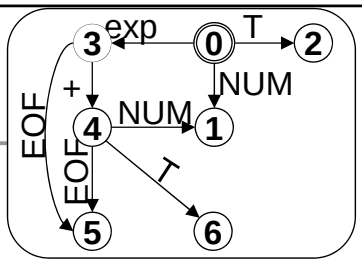
- **-dump_grammar**

exp → exp PIU T
exp → T
T → NUMERO

===== Terminals =====
[0]EOF [1]error [2]NUMERO [3]PIU
===== Non terminals =====
[0]$START [1]exp [2]T
===== Productions =====
[0] $START ::= exp EOF
[1] exp ::= exp PIU T
[2] exp ::= T
[3] T ::= NUMERO

Stati

- **-dump_states**




```
==== Viable Prefix Recognizer ====
START lalr_state [0]: {
  [exp ::= (*) T , {EOF PIU }]
  [exp ::= (*) exp PIU T , {EOF PIU }]
  [T ::= (*) NUMERO , {EOF PIU }]
  [$START ::= (*) exp EOF , {EOF }]
}
transition on exp to state [3]
transition on T to state [2]
transition on NUMERO to state [1]
----------
lalr_state [1]: {
  [T ::= NUMERO (*) , {EOF PIU }]
}
----------
lalr_state [2]: {
  [exp ::= T (*) , {EOF PIU }]
}
----------
lalr_state [3]: {
  [exp ::= exp (*) PIU T , {EOF PIU }]
  [$START ::= exp (*) EOF , {EOF }]
}
transition on EOF to state [5]
transition on PIU to state [4]
----------
lalr_state [4]: {
  [exp ::= exp PIU (*) T , {EOF PIU }]
  [T ::= (*) NUMERO , {EOF PIU }]
}
transition on T to state [6]
transition on NUMERO to state [1]
----------
lalr_state [5]: {
  [$START ::= exp EOF (*) , {EOF }]
}
----------
lalr_state [6]: {
  [exp ::= exp PIU T (*) , {EOF PIU }]
}
----------
```

Action / Reduce Tables

- **-dump_tables**

```
-------- ACTION_TABLE --------
From state #0
 [term 2:SHIFT(to state 1)]
From state #1
 [term 0:REDUCE(with prod 3)] [term 3:REDUCE(with prod 3)]
From state #2
 [term 0:REDUCE(with prod 2)] [term 3:REDUCE(with prod 2)]
From state #3
 [term 0:SHIFT(to state 5)] [term 3:SHIFT(to state 4)]
From state #4
 [term 2:SHIFT(to state 1)]
From state #5
 [term 0:REDUCE(with prod 0)]
From state #6
 [term 0:REDUCE(with prod 1)] [term 3:REDUCE(with prod 1)]
------------------------------
```

```
-------- REDUCE_TABLE --------
From state #0
 [non term 1->state 3] [non term 2->state 2]
From state #1
From state #2
From state #3
From state #4
 [non term 2->state 6]
From state #5
From state #6
----------------------------
```

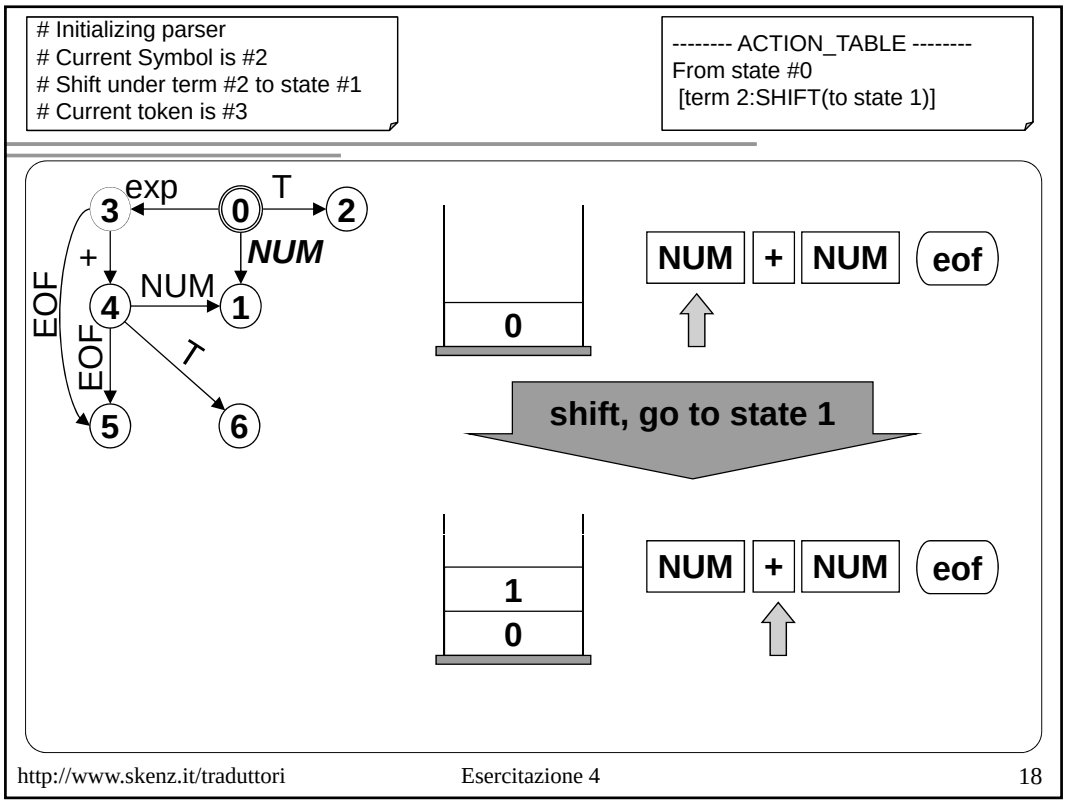

Debugging

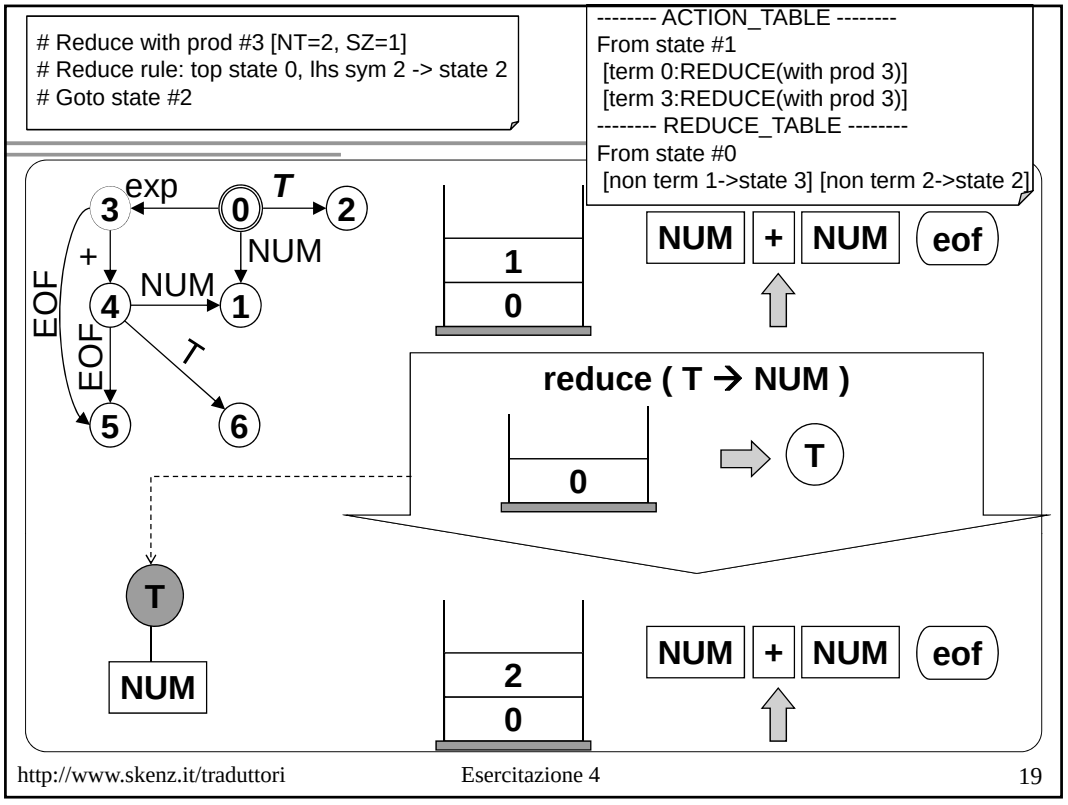
- **debug_parse()**

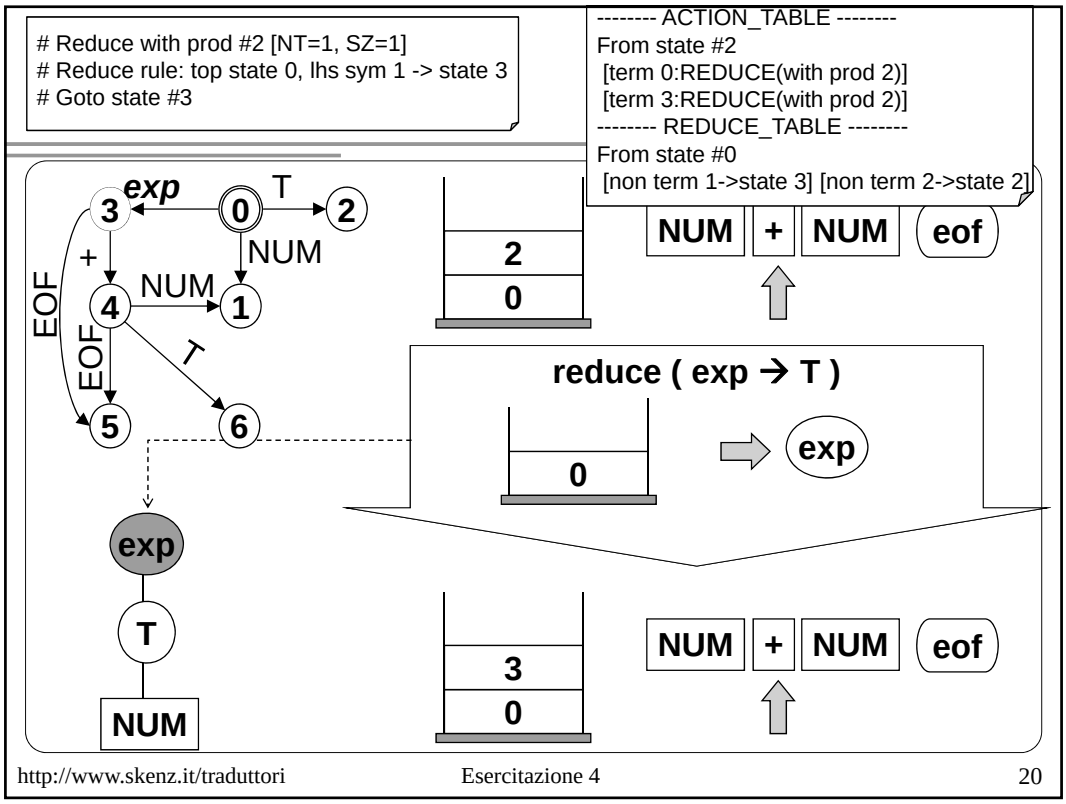
```
# Initializing parser
RICONOSCIUTO: 3
# Current Symbol is #2
# Shift under term #2 to state #1
RICONOSCIUTO: +
# Current token is #3
# Reduce with prod #3 [NT=2, SZ=1]
# Reduce rule: top state 0, lhs sym 2 -> state 2
# Goto state #2
# Reduce with prod #2 [NT=1, SZ=1]
# Reduce rule: top state 0, lhs sym 1 -> state 3
# Goto state #3
# Shift under term #3 to state #4
RICONOSCIUTO: 5
# Current token is #2
```

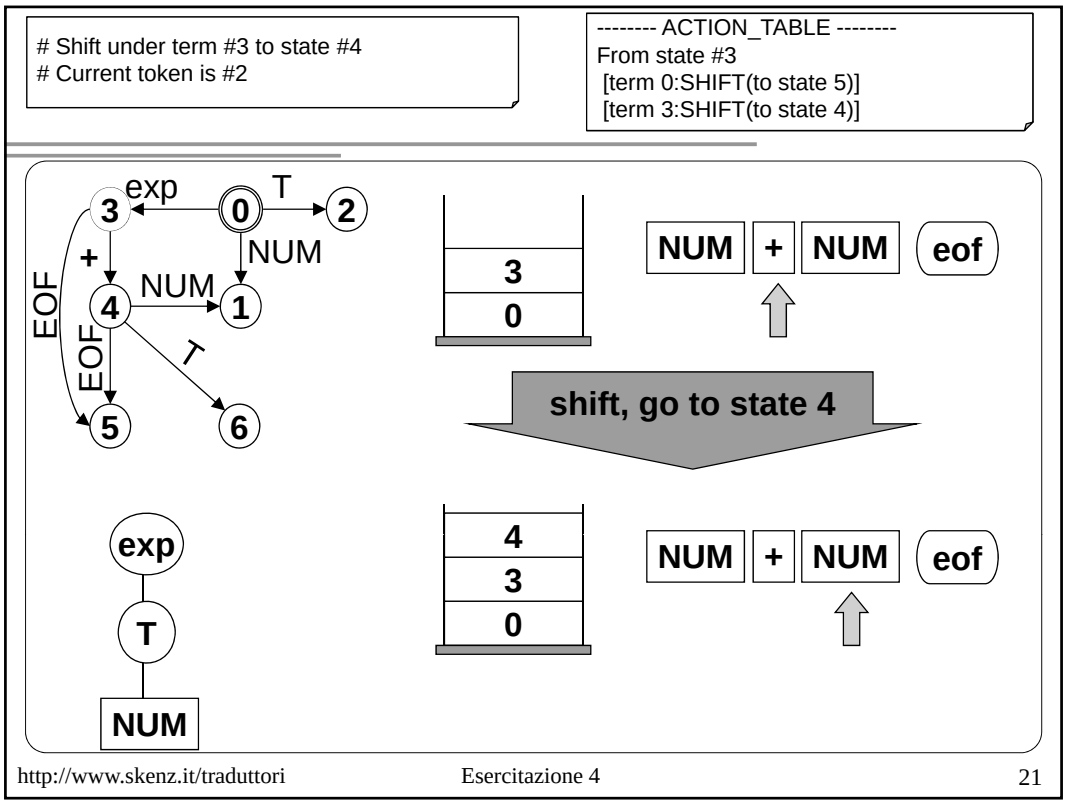
Stringa di ingresso: 3+5

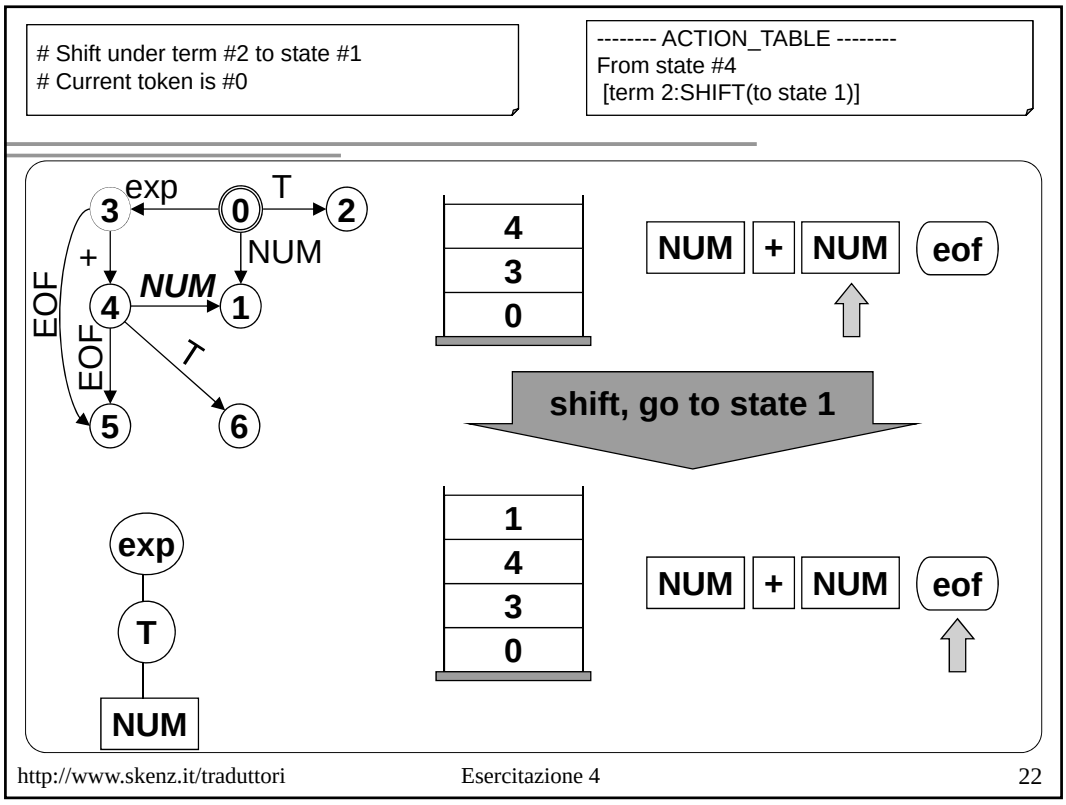
```
# Shift under term #2 to state #1
# Current token is #0
# Reduce with prod #3 [NT=2, SZ=1]
# Reduce rule: top state 4, lhs sym 2 -> state 6
# Goto state #6
Riconosciuta espressione
# Reduce with prod #1 [NT=1, SZ=3]
# Reduce rule: top state 0, lhs sym 1 -> state 3
# Goto state #3
-----------------------------------------------------------------
# Shift under term #0 to state #5
# Current token is #0
# Reduce with prod #0 [NT=0, SZ=2]
# Reduce rule: top state 0, lhs sym 0 -> state -1
# Goto state #-1
```

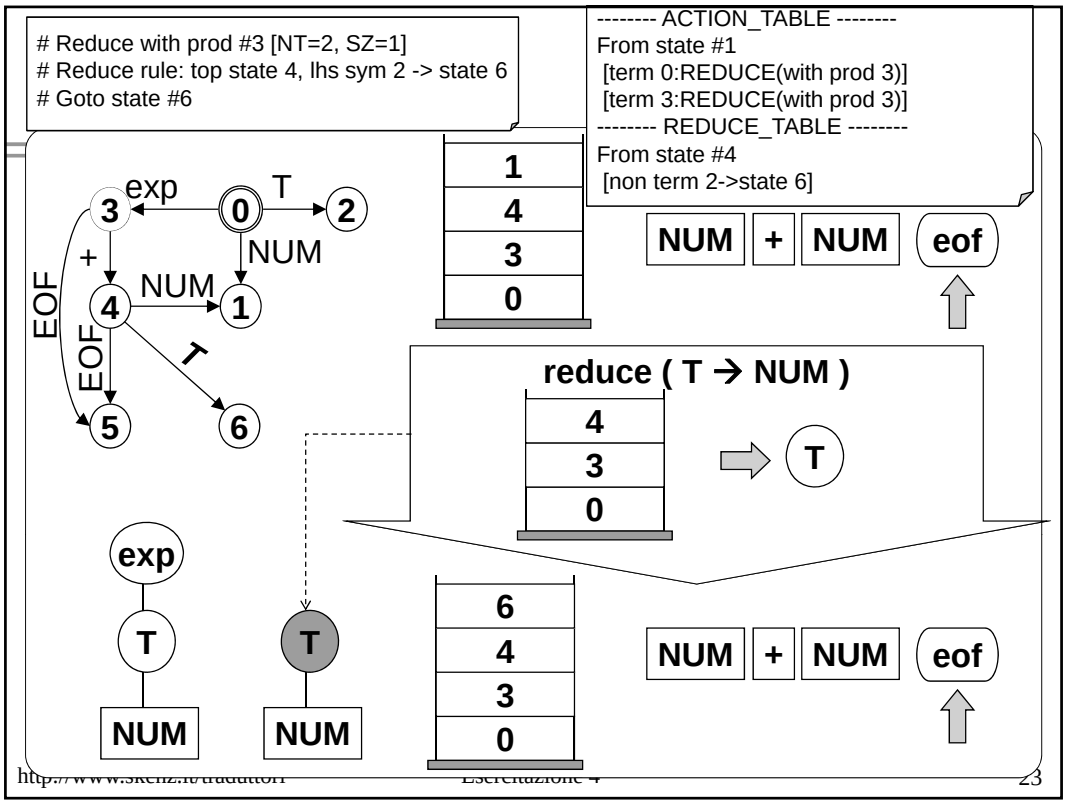

Initializing parser
Current Symbol is #2
Shift under term #2 to state #1
Current token is #3
-------- ACTION_TABLE --------
From state #0
[term 2:SHIFT(to state 1)]
exp
T
NUM
+
NUM
EOF
EOF
T
0
1
2
3
4
5
6
NUM + NUM eof
shift, go to state 1
1
0
NUM + NUM eof
http://www.skenz.it/traduttori
Esercitazione 4
18

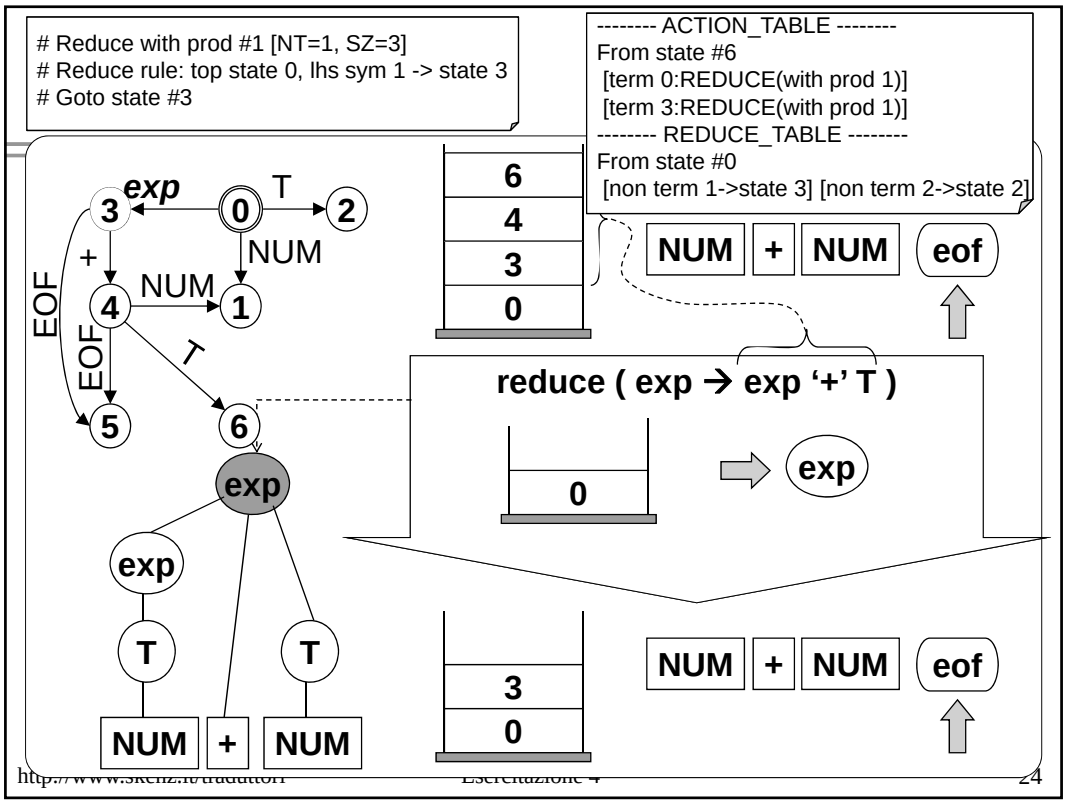

Reduce with prod #3 [NT=2, SZ=1]
Reduce rule: top state 0, lhs sym 2 -> state 2
Goto state #2
-------- ACTION_TABLE --------
From state #1
[term 0:REDUCE(with prod 3)]
[term 3:REDUCE(with prod 3)]
-------- REDUCE_TABLE --------
From state #0
[non term 1->state 3] [non term 2->state 2]
exp
T
NUM
+
NUM
EOF
EOF
T
0
1
2
3
4
5
6
NUM + NUM eof
1
0
reduce (T → NUM)
0
T
T
NUM
2
0
NUM + NUM eof
http://www.skenz.it/traduttori
Esercitazione 4
19


Reduce with prod #2 [NT=1, SZ=1]
Reduce rule: top state 0, lhs sym 1 -> state 3
Goto state #3
-------- ACTION_TABLE --------
From state #2
[term 0:REDUCE(with prod 2)]
[term 3:REDUCE(with prod 2)]
-------- REDUCE_TABLE --------
From state #0
[non term 1->state 3] [non term 2->state 2]
exp
T
NUM
+
EOF
reduce (exp → T)
NUM + NUM eof
http://www.skenz.it/traduttori
Esercitazione 4
20


Shift under term #3 to state #4
Current token is #2
-------- ACTION_TABLE --------
From state #3
[term 0:SHIFT(to state 5)]
[term 3:SHIFT(to state 4)]
exp
T
NUM
+
EOF
shift, go to state 4
NUM + NUM eof
http://www.skenz.it/traduttori
Esercitazione 4
21


Shift under term #2 to state #1
Current token is #0
-------- ACTION_TABLE --------
From state #4
[term 2:SHIFT(to state 1)]
exp
T
NUM
+
NUM
EOF
EOF
T
0
1
2
3
4
5
6
4
3
0
NUM + NUM eof
shift, go to state 1
1
4
3
0
NUM + NUM eof
exp
T
NUM
http://www.skenz.it/traduttori Esercitazione 4 22


Reduce with prod #3 [NT=2, SZ=1]
Reduce rule: top state 4, lhs sym 2 -> state 6
Goto state #6
-------- ACTION_TABLE --------
From state #1
[term 0:REDUCE(with prod 3)]
[term 3:REDUCE(with prod 3)]
-------- REDUCE_TABLE --------
From state #4
[non term 2->state 6]
1
4
3
0
NUM + NUM eof
reduce (T → NUM)
4
3
0
T
exp
T
T
NUM
NUM
6
4
3
0
NUM + NUM eof
23


Reduce with prod #1 [NT=1, SZ=3]
Reduce rule: top state 0, lhs sym 1 -> state 3
Goto state #3
-------- ACTION_TABLE --------
From state #6
[term 0:REDUCE(with prod 1)]
[term 3:REDUCE(with prod 1)]
-------- REDUCE_TABLE --------
From state #0
[non term 1->state 3] [non term 2->state 2]
exp
T
NUM
EOF
6
4
3
0
NUM + NUM eof
reduce (exp → exp '+' T)
0
exp
NUM + NUM eof
3
0
NUM + NUM