Linguaggi Formali e Traduttori

- traduzione diretta dalla sintassi -

Alcuni esercizi risolti

1. Data la grammatica con il seguente insieme di produzioni:

   $S \rightarrow (L) \mid a$

   $L \rightarrow L,S \mid S$

   definire le opportune azioni semantiche per calcolare, per ciascuna stringa del linguaggio, il **numero di coppie di parentesi** presenti nella stringa.

Regole sintattiche	*Regole semantiche*
$S \rightarrow (L)$	$S.npar = L.npar + 1$
$S \rightarrow a$	$S.npar = 0$
$L \rightarrow L_1,S$	$L.npar = L_1.npar + S.npar$
$L \rightarrow S$	$L.npar = S.npar$

3. Data la grammatica con il seguente insieme di produzioni:

   $S \rightarrow RA \mid A[S]$ $\quad R \rightarrow E = E$

   $E \rightarrow (E+E) \mid a$ $\quad A \rightarrow bA \mid \varepsilon$

   a) Calcolare gli insiemi guida delle produzioni, a partire dalla loro definizione, indicando i passaggi del calcolo;

Produzioni	Insiemi guida
$S \rightarrow RA$	$F(RA) = F(R) = F(E = E) = F(E) = \{(, a\}$
$S \rightarrow A[S]$	$F(A[S]) = F(A) - \{\varepsilon\} \cup F([S]) = \{b, [\}$
$R \rightarrow E = E$	$F(E = E) = F(E) = \{(, a\}$
$E \rightarrow (E+E)$	$F((E + E)) = \{(\}$
$E \rightarrow a$	$\{a\}$
$A \rightarrow bA$	$\{b\}$
$A \rightarrow \varepsilon$	$F(\varepsilon) - \{\varepsilon\} \cup FW(A) = \{[\} \cup FW(S) = \{[,], \$\}$

$Gui(S \rightarrow RA) \cap Gui(S \rightarrow A[S]) = \Phi$

$Gui(E \rightarrow (E+E)) \cap Gui(E \rightarrow a) = \Phi$

$Gui(A \rightarrow bA) \cap Gui(A \rightarrow \varepsilon) = \Phi$

La grammatica è LL(1)

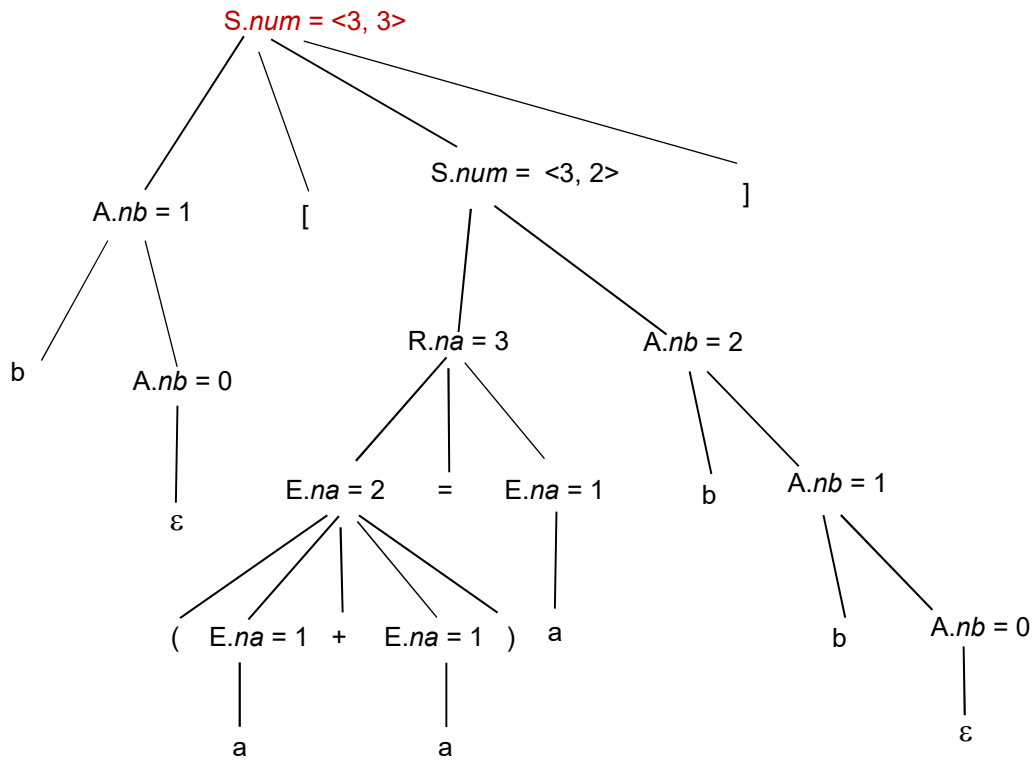
b) Se la grammatica risulta LL(1), scrivere la procedura di analisi a discesa ricorsiva per lo start symbol;

```
function S( )
 if (cc ∈ {'a', '('})
        R( )
        A( )
 elseif (cc ∈ {'b', '['})
        A( )
        if (cc = '[') cc ← PROSS
        else ERRORE (…)
        S( )
        if (cc = ']') cc ← PROSS
        else ERRORE (…)
 else ERRORE (…)
```

c) Attribuire la grammatica in modo da calcolare il numero di a e il numero di b complessivamente presenti in ciascuna stringa del linguaggio e mostrare un esempio di albero annotato.

- La variabile E, e quindi anche la variabile R, generano stringhe formate solo da a, mentre la variabile A genera stringhe di soli b. Allora si può definire un attributo *.na* per E ed R e un attributo *.nb* per A. Solo per S, che genera stringhe di a e di b, si deve definire l'attributo *.num* come coppia del numero di a e di b.
- p_1 e p_2 sono le funzioni che estraggono rispettivamente la prima e la seconda componente di una coppia (proiezioni).

$S \rightarrow RA$	$S.num = < R.na, A.nb>$
$S \rightarrow A[S_1]$	$S.num = < p_1(S_1.num), p_2(S_1.num) + A.nb>$
	o, in alternative, $S.mun = S_1.num + <0, A.nb>$
$R \rightarrow E_1 = E_2$	$R.na = E_1.na + E_2.na$
$E \rightarrow (E_1+E_2)$	$E.na = E_1.na + E_2.na$
$E \rightarrow a$	$E.na = 1$
$A \rightarrow bA_1$	$A.nb = A_1.nb + 1$
$A \rightarrow \varepsilon$	$A.nb = 0$



5. Dato il seguente schema di traduzione:

$L \rightarrow \{ S.pc = 1 \}\ S\ \{ T.pc = 2 \}\ T\ \{ L.out = S.out \,\|\, T.out \}$

$T \rightarrow \{ S.pc = T.pc \}\ S\ \{ T_1.pc = T.pc + 1 \}\ T_1\ \{ T.out = S.out \,\|\, T_1.out \}$

$T \rightarrow \varepsilon \quad \{ T.out = \text{`` '' } \}$

$S \rightarrow \mathbf{id} := E; \{ S.out = S.pc \,\|\, \mathbf{id}.name \,\|\, \text{``:=''} \,\|\, E.val \}$

$E \rightarrow \mathbf{num}\ G \quad \{ E.val = \mathbf{num}.val + G.val \}$

$G \rightarrow + \mathbf{num}\ G_1 \quad \{ G.val = \mathbf{num}.val + G_1.val \}$

$G \rightarrow \varepsilon \quad \{ G.val = 0 \}$

in cui || è l'operatore di concatenazione di stringhe:

– dire quali attributi sono ereditati e quali sono sintetizzati;

.pc è un attributo ereditato
.val e *.out* sono sintetizzati

– scrivere il traduttore a discesa ricorsiva;

```
Program traduzione( )
  var TR
    cc ← PROSS( )
    TR ←  L( )
    if (cc = '$') scrivi ("stringa corretta",
                          "la sua traduzione è" TR)
    else ERRORE (…)
```

```
function L( )
  var Spc, Sout, Tpc, Tout, Lout
   if (cc = 'id')
         Spc ←  1
         Sout  ← S(Spc)
         Tpc ←  2
         Tout ← T(Tpc)
         Lout ← Sout || Tout
    else ERRORE (…)
    return (Lout)
```

```
function T(Tpc )
   var Spc, Sout, T1pc, T1out, Tout
    if (cc = 'id')
          Spc ← Tpc
          Sout ← S(Spc)
          T1pc ← Tpc + 1
          T1out ← T(T1pc)
          Tout ← Sout || T1out
    elseif  (cc = '$') Tout ← ε
    else ERRORE (…)
    return (Tout)
```

```
function S(Spc)
 var Eval, Sout, Nome
   if (cc = 'íd') Nome ← id.name
                  cc ← PROSS( )
                  if (cc = ':=') cc ← PROSS( )
                  else ERRORE (…)
                  Eval ← E( )
                  if (cc = ';') cc ← PROSS( )
                  else  ERRORE (…)
                  Sout ← Spc || Nome || ':=' || Eval
   else ERRORE (…)
   return (Sout)
```

```
function G( )
 var Gval, G1val, V
   if (cc = '+')  cc ← PROSS( )
                  if (cc = 'num') V ← num.val
                                  cc ← PROSS( )
                  else ERRORE (…)
                  G1val ← G( )
                  Gval ← V + G1val
   elseif  (cc = ';') Gval ← 0
   else ERRORE (…)
   return (Gval)
```

```
function E( )
 var Gval, Eval, V
   if (cc = 'num') V ← num.val
                   cc ← PROSS( )
                   Gval ← G( )
                   Eval ← V + Gval
   else ERRORE (…)
```

6. Scrivere il traduttore deterministico top-down per il seguente schema di traduzione:

   $A \rightarrow bA_1A_2$ {A.num = A_1.num + A_2.num + <0,1,0>}

   $A \rightarrow cA_1A_2$ {A.num = A_1.num + A_2.num + <0,0,1>}

   $A \rightarrow a$ {A.num = <1,0,0>}

   che associa ad ogni stringa generata dalla grammatica la terna formata dal numero di *a*, di *b* e di *c* di cui è formata la stringa.

   N.B. Definiamo la somma tra k n-ple A_1, A_2, …, A_k come la n-pla ottenuta sommando A_1, A_2, …, A_k componente per componente. Ad esempio: <5,3,4> + <1,0,7> = <6,3,11>.

```
function A( )
 var A_n, A1_n, A2_n
  if (cc = 'a')  cc ← PROSS( )
                    A_n ← <1,0,0>
  elseif (cc = 'b') cc ← PROSS( )
                    A1_n  ← A( )
                    A2_n ← A( )
                    A_n ← A1_n + A2_n + <0,1,0>
  elseif (cc = 'c') cc ← PROSS( )
                    A1_n  ← A( )
                    A2_n ← A( )
                    A_n ← A1_n + A2_n + <0,0,1>
  else ERRORE (…)
  return (A_n)
```

7. Data la grammatica con l'insieme di produzione {S → E, E → **id** E', E' → + **id** E' | ε}
   a) attribuirla in modo che, dato in input un insieme L di identificatori, la traduzione associ ad ogni parola generata da S, "true" se e solo se la parola contiene identificatori tutti appartenenti all'insieme L, "false" altrimenti. Si usi un attributo S.*set* per memorizzare l'insieme L e si supponga di disporre di una funzione *in*(x,I) che verifica se l'elemento x appartiene all'insieme I. Usare l'attributo S.*ok* per il risultato della traduzione.
   Per esempio, dato L = {A, B}, e l'espressione A+B+A, il risultato sarà true, mentre sarà false per l'espressione A+B+C.

      S → {E.*set* = S.*set*) E {S.*ok* = E.*ok*}

      E → **id** {E'.*set* = E.*set*} E' { E.*ok* = *in*(**id**.*lexval*, E.*set*) and (E'.*ok* }

      E' → + **id** {E_1'.*set* = E'.*set*} E_1' { E'.*ok* = *in*(**id**.*lexval*, E'.*set*) and (E_1'.*ok* }

      E' → ε {E'.*ok* = true}

   b) Scrivere le funzioni del traduttore a discesa ricorsiva.

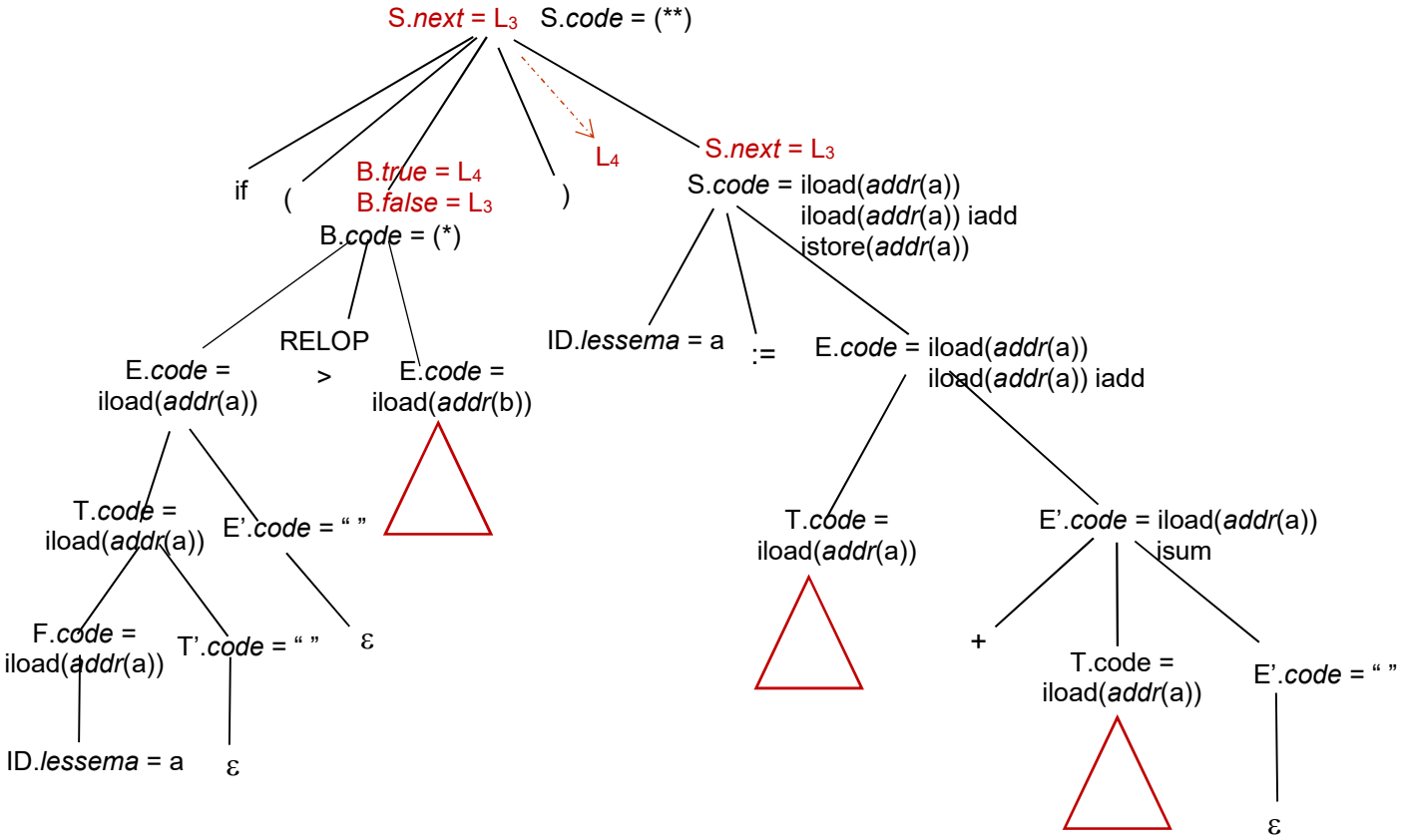
```
Program  main(L)
  var S_set, S_ok
     S_set ← L
     S_ok ←  S(S_set)
     if (cc = $)  return (S_ok)
     else ERROR()


function S(S_set)
  var E_set, S_ok
     E_set = S_set
     S_ok ← E(E_set)
     return (S_ok)


function E(E_set)
  var E'_set, E'_ok , E_ok, N
     if (cc =  'id')
          N ← id.lexval
          cc ← PROSS( )
          E'_set = E_set
          E'_ok ← E (E'_set)
          E_ok ←  E'_ok  and in(N, E_set)
     else ERROR( )
     return (E_ok)
```

```
function E'(E'_set)
     var E1'_set, E'_ok, Nome
     if (cc =  '+')
          cc← PROSS( )
          if (cc = 'id')  Nome ← id.lexval
                          cc ← PROSS( )
          else ERRORE( )
          E1'_set = E'_set
          E1'_ok ← E'(E1'_set)
          E'_ok ←  E1'_ok  and in(Nome, E'_set)
     elseif  (cc = '$')  E'_ok ← true
     else ERRORE( )
     return (E'_ok)
```

8. Fornire la traduzione nel Java bytecode degli statement:
   a) S: a := 8 ; b := a
   b) S: **if** (a > b) a := a + a
   c) S**:** **if** (a < b) x := y **else** x := 2 * y

   Per tutti e tre gli statement si supponga S.*next* = L_3.

   b) S: if (a > b) a := a + a



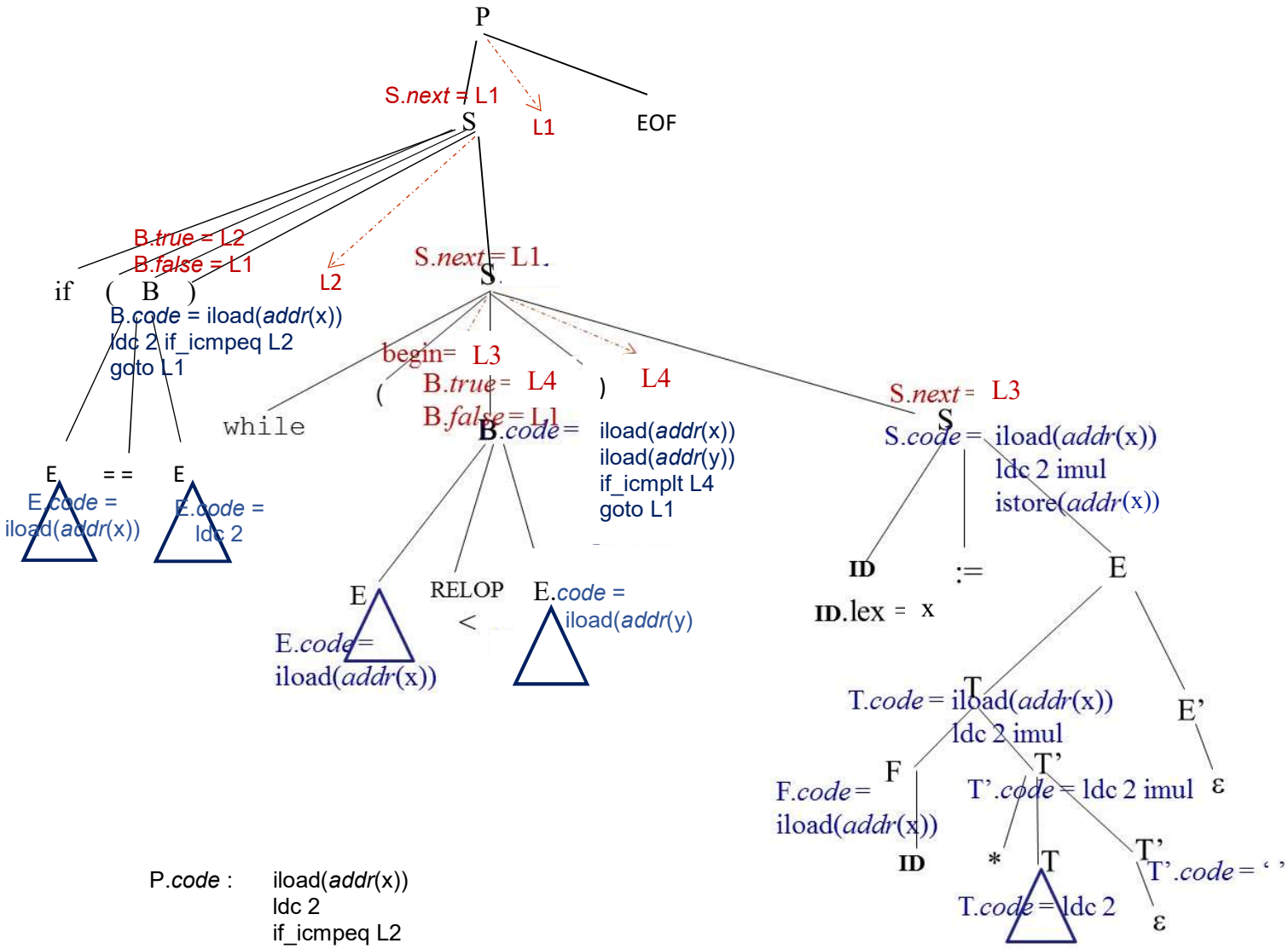
(*) B.*code* = iload(*addr*(a))
iload(*addr*(b))
if_icmpgt L_4
goto L_3

(**) S.*code* = iload(*addr*(a))
iload(*addr*(b))
if_icmpgt L_4
goto L_3
L_4 iload(*addr*(a))
iload(*addr*(a))
iadd
istore(*addr*(a))

9. Costruire l'albero di parsificazione per il seguente programma:

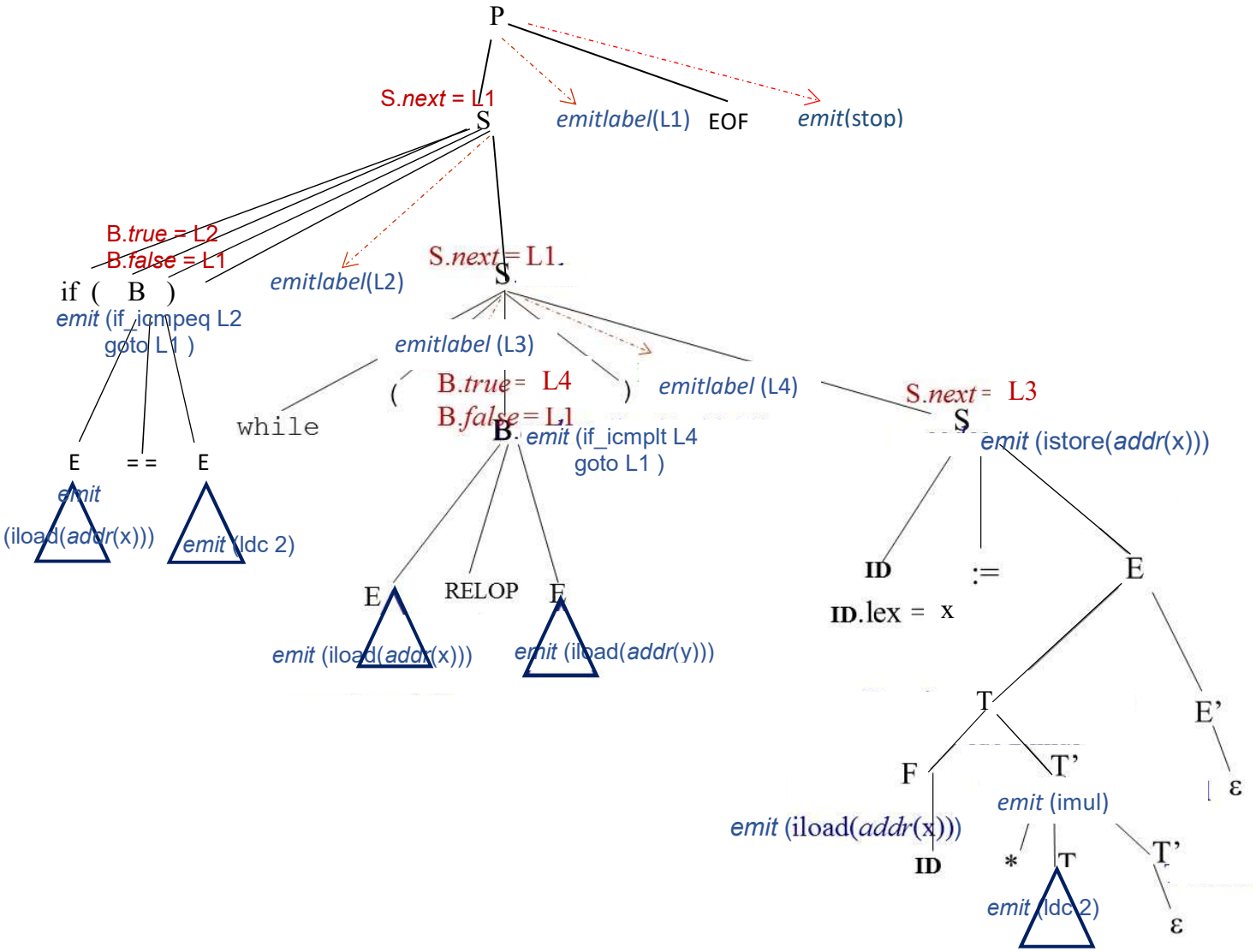
if (x = = 2) **while** (x < y) x:= x * 2 EOF

- annotarlo con gli attributi necessari a calcolare la sua traduzione nel bytecode;

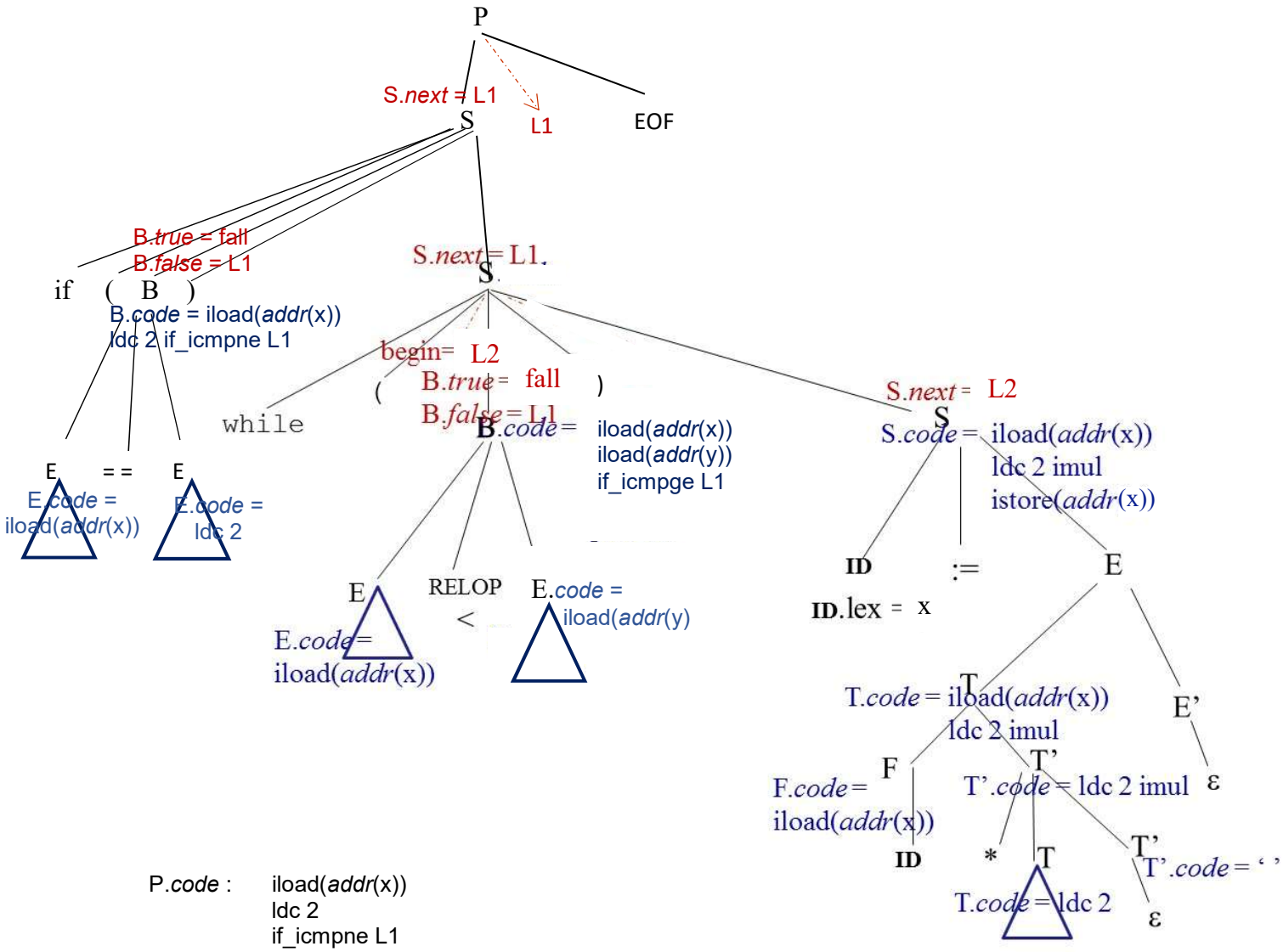



```
P.code :    iload(addr(x))
            ldc 2
            if_icmpeq L2
            goto L1
        L2
        L3  iload(addr(x))
            iload(addr(y))
            if_icmplt L4
            goto L1
        L4  iload(addr(x))
            ldc 2
            imul
            istore(addr(x))
            goto L3
        L1  stop
```

- annotarlo per la traduzione on-the fly



Annotazioni con eliminazione di goto ridondanti:

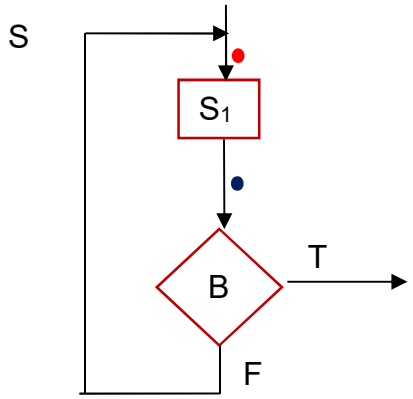



```
P.code :    iload(addr(x))
            ldc 2
            if_icmpne L1
        L2  iload(addr(x))
            iload(addr(y))
            if_icmpge L1
            iload(addr(x))
            ldc 2
            imul
            istore(addr(x))
            goto L2
        L1  stop
```

10. Individuare le regole semantiche per la traduzione nel bytecode dello statement

repeat S **until** B

con la seguente interpretazione "esegui S; se B è vero esegui l'istruzione successiva, altrimenti ripeti il ciclo".



Dopo l'esecuzione di S_1 si deve valutare B per cui al codice per B viene premessa un'etichetta che è il valore di S_1.*next* (pallino blu).

Quando B risulta vero si deve eseguire l'istruzione etichettata S.*next*, pertanto B.*true* sarà uguale a S.*next*; se invece B risulta falso, si deve effettuare il salto incondizionato all'esecuzione del codice per S_1 (pallino rosso). È necessario pertanto inserire una nuova etichetta, che possiamo chiamare "begin", prima di S_1.

begin = *newlabel* ( )

S_1.*next* = *newlabel* ( )

B.*true* = S.*next*

B.*false* = begin

S.*code* = *label*(begin) || S_1.*code* || *label*(S_1.*next*) || B.*code*

1) Schema di traduzione

S → **repeat** {begin = *newlabel* ( ), S_1.*next* = *newlabel* ( )} S_1 **until**

{B.*true* = S.*next*, B.*false* = begin} B {S.*code* = *label*(begin) || S_1.*code* ||
|| *label*(S_1.*next*) || B.*code*}

2) Schema di traduzione "on-the-fly"

S → **repeat** {begin = *newlabel* ( ), S_1.*next* = *newlabel* ( ), *emitlabel*(begin)}

S_1 {*emitlabel*(S_1.*next*)} **until** {B.*true* = S.*next*, B.*false* = begin} B