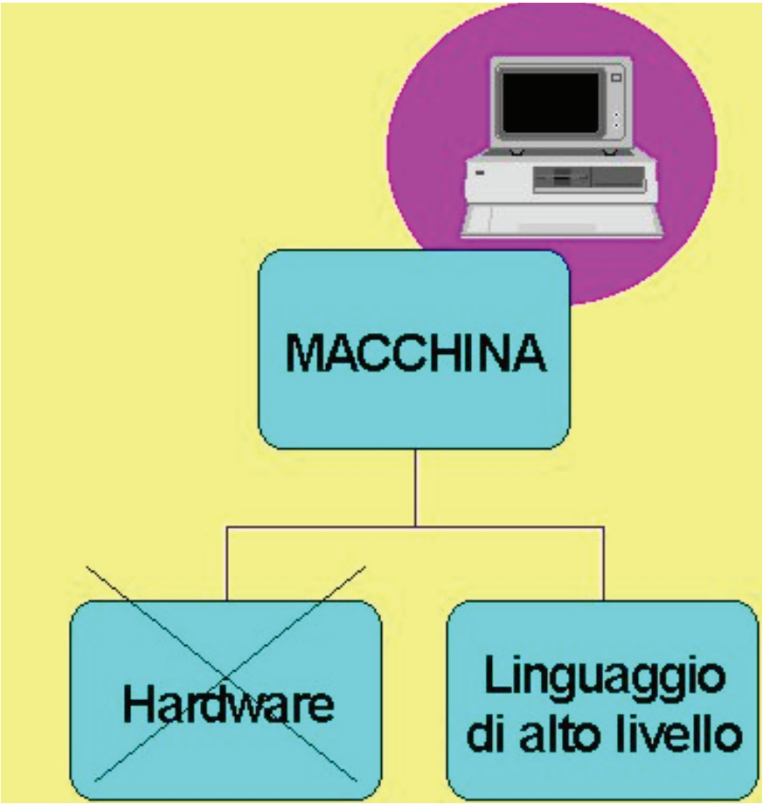
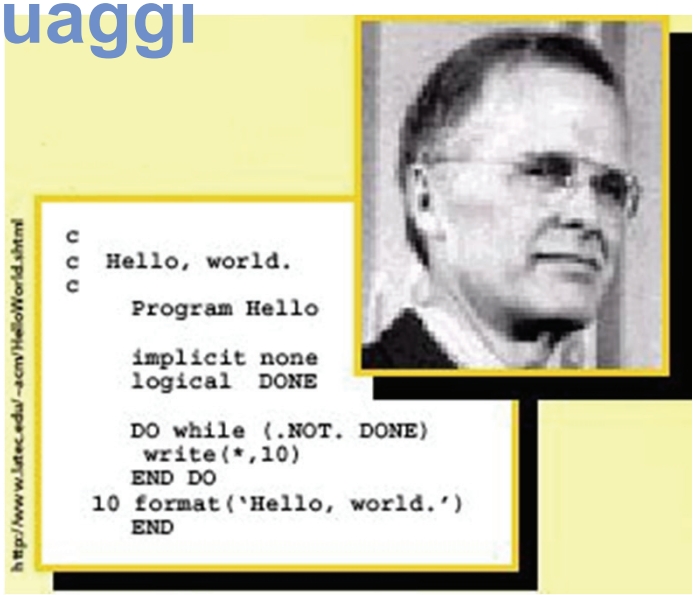
LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO

Si basano su una *macchina virtuale* le cui "mosse" non sono quelle della macchina hardware



Un po' di storia sui linguaggi

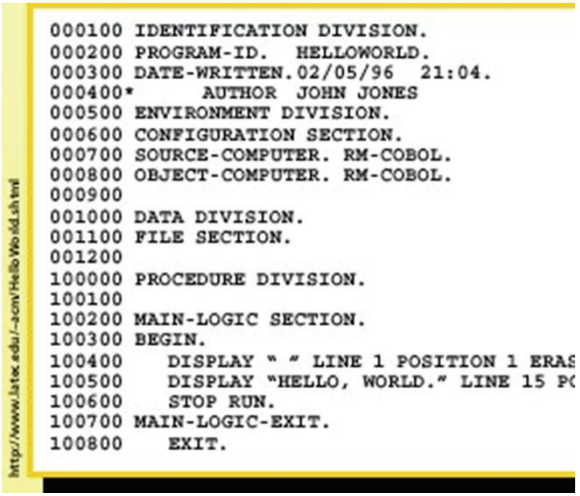
1957
John Backus e colleghi della IBM rilasciano la **prima versione del compilatore** per il linguaggio di programmazione **FORTRAN** (Formula Translator) alla Westinghouse.



1959
Si forma il Comitato per i linguaggi di sistemi di dati e **nasce il COBOL** (Common Business Oriented Language).

1959
John McCarthy sviluppa il **linguaggio LISP** (List Processing) per le applicazioni di Intelligenza Artificiale.

1964
Nasce il linguaggio BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code). E' sviluppato a Dartmouth da **John Kemeny** e **Thomas Kurtz**. Ne deriveranno molte varianti.




```
10 print "Hello World!"
20 goto 10
```

Un po' di storia sui linguaggi

1967
Ole-Johan Dahl e Kristen Nygaard del Centro Computer Norvegese, completano una versione general-purpose del linguaggio **SIMULA, il primo linguaggio object-oriented.**

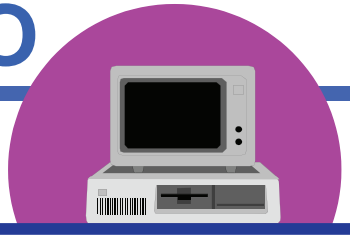
1995
Nasce il linguaggio di programmazione **Java,** piattaforma indipendente per sviluppo di applicazioni.

1972
Dennis Ritchie sviluppa il **linguaggio "C"** ai laboratori Bell. Così chiamato semplicemente perchè il suo predecessore era stato battezzato "B".

```
#include

main()
{
  for(;;)
      {
          printf ("Hello World!\n");
      }
}
```

LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO



Barriera di astrazione

C

Fortran

Cobol

Basic

Pascal

Python

Modula-2

Algol

Ada

Lisp

Smalltalk

Simula67

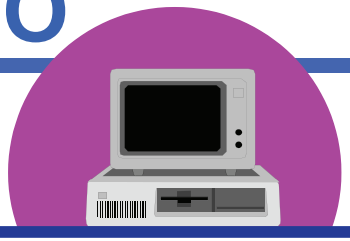
Scheme

C++

Prolog

ML

LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO



Barriera di astrazione

IMPERATIVI

Fortran
Cobol
Basic
Pascal
Python
C
Modula-2
Algol
Ada

Smalltalk
Simula67
C++

A OGGETTI

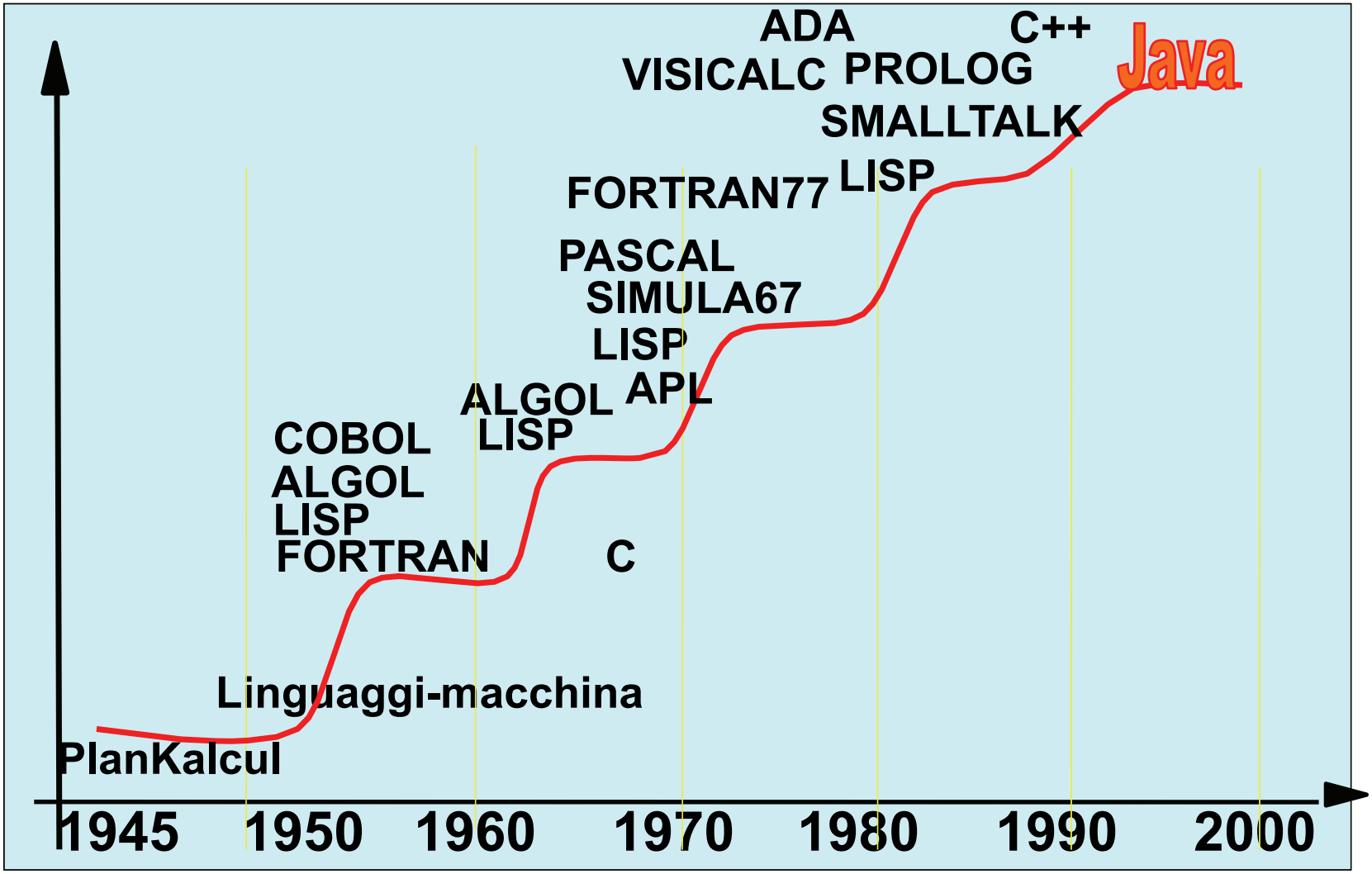
Prolog

DICHIARATIVI

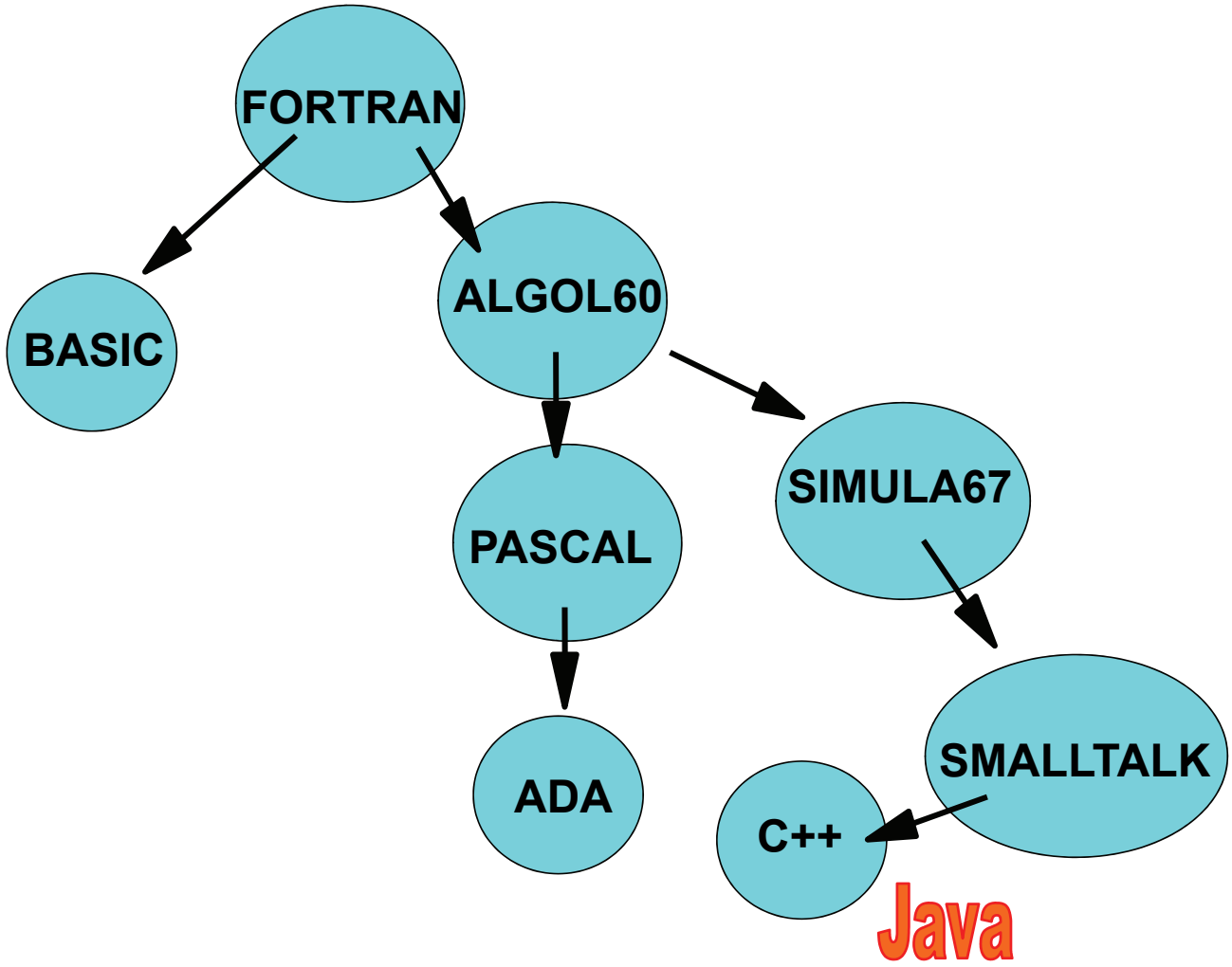
Lisp
Scheme
ML

FUNZIONALI

EVOLUZIONE DEI LINGUAGGI



EVOLUZIONE DEI LINGUAGGI



CHE COS'È UN LINGUAGGIO?

"*Un linguaggio è un* ***insieme di parole*** *e di* ***metodi di combinazione delle parole*** *usate e comprese da una comunità di persone*"

- È una definizione **poco precisa**:
  - *non evita le ambiguità* dei linguaggi naturali
  - non si presta a descrivere processi computazionali *meccanizzabili*
  - *non aiuta a stabilire proprietà*

LA NOZIONE DI LINGUAGGIO

- Occorre una **nozione di linguaggio *più precisa***
- **Linguaggio come *sistema matematico***

  che consenta di risponde a domande come:
  - quali sono le ***frasi lecite***?
  - si può stabilire se una frase ***appartiene al linguaggio***?
  - come si stabilisce il **significato** di una frase?
  - **quali elementi linguistici primitivi**?

LINGUAGGIO & PROGRAMMA

- Dato un algoritmo, **un programma è la sua descrizione *in un particolare linguaggio*** di programmazione

- **Un linguaggio di programmazione è una notazione formale** che può essere usata per descrivere algoritmi. Due aspetti del linguaggio:
  - SINTASSI
  - SEMANTICA

SINTASSI & SEMANTICA

- **Sintassi**: **l'insieme di regole formali per la scrittura di programmi** in un linguaggio, che dettano le ***modalità per costruire frasi corrette*** nel linguaggio stesso
- **Semantica**: **l'insieme dei significati** da attribuire alle frasi (sintatticamente corrette) costruite nel linguaggio

NB: una frase può essere **sintatticamente corretta** e tuttavia ***non avere significato*!**

SINTASSI

Le regole sintattiche sono espresse attraverso ***notazioni formali:***

- **BNF (Backus-Naur Form)**
- **EBNF** (Extended BNF)
- **diagrammi sintattici**

SINTASSI EBNF: ESEMPIO

Sintassi di un *numero naturale*

```
<naturale> ::=
  0 | <cifra-non-nulla>{<cifra>}
<cifra-non-nulla> ::=
  1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |9
<cifra> ::=
  0 | <cifra-non-nulla>
```

ESEMPIO DI SINTASSI: numeri naturali

```
<naturale> ::=
  0 | <cifra-non-nulla>{<cifra>}
```

Intuitivamente significa che un numero naturale si può riscrivere come 0 oppure (|) come una cifra non nulla seguita da zero o più ({}) cifre

```
<cifra-non-nulla> ::=
  1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |9
```

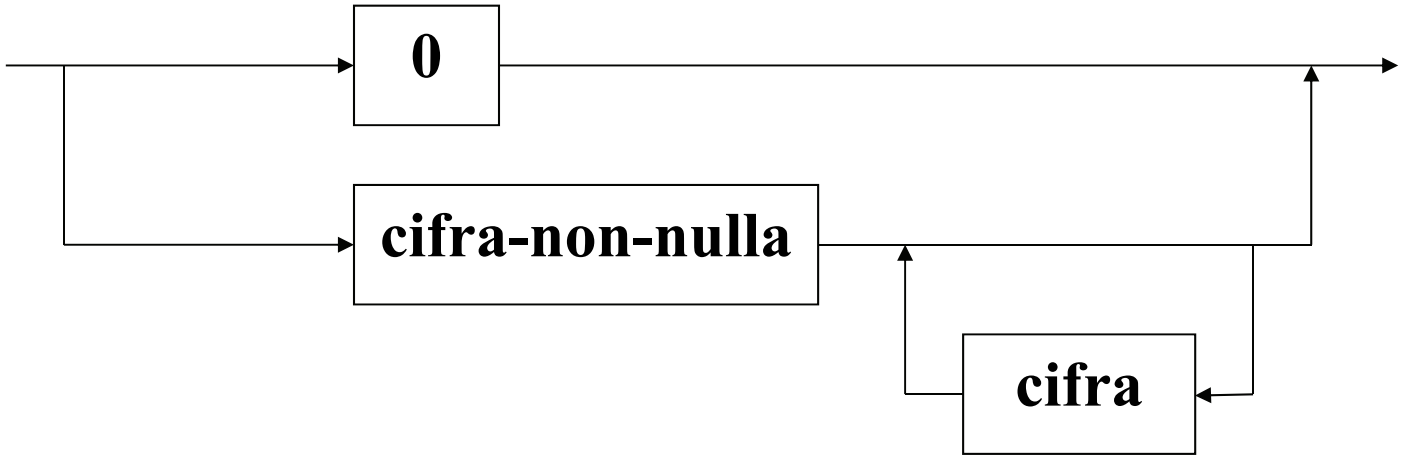
una cifra non nulla si può riscrivere come 1 oppure 2 oppure 3...

```
<cifra> ::= 0 | <cifra-non-nulla>
```

una cifra si può riscrivere come 0 oppure come una cifra non nulla (definita precedentemente)

DIAGRAMMI SINTATTICI: ESEMPIO

Sintassi di un *numero naturale*



SEMANTICA

La semantica è esprimibile:

- ***a parole*** (poco precisa e ambigua)
- mediante **azioni**
  → **semantica *operazionale***
- mediante **funzioni matematiche**
  → **semantica *denotazionale***
- mediante **formule logiche**
  → **semantica *assiomatica***

DEFINIZIONE DI LINGUAGGIO

- **Un <u>linguaggio</u> è un insieme di frasi**
- **Una <u>frase</u> è una sequenza di simboli appartenenti a un certo alfabeto**

Proprietà desiderabili:

- **Un <u>linguaggio</u> deve essere effettivamente generabile**
- **Un <u>linguaggio di programmazione</u> deve essere decidibile**

ALCUNE DEFINIZIONI

Alfabeto V (o *vocabolario* o *lessico*)

- È ***l'insieme dei simboli*** con cui si costruiscono le frasi

Universo linguistico V* di un alfabeto V

- È ***l'insieme di tutte le frasi*** (*sequenze finite di lunghezza arbitraria*) di elementi di V

Linguaggio L su un alfabeto V

- È ***un sottoinsieme di V****

ESEMPIO

V = { `if, else, ==, A, 0, =, +, 1, 2, (, )` }

Allora:

V* = {

```
if (A == 0) A = A + 2,
if else A,
do =A,
...
}
```

ESEMPIO

V = { `if, else, ==, A, 0, =, +, 1, 2, (, )` }

Allora:

V* = {

```
if (A == 0) A = A + 2,
if else A,
do =A,
...
}
```

Non tutte queste frasi faranno parte del

LINGUAGGI E GRAMMATICHE

- **Come specificare il sottoinsieme di V*** che definisce il linguaggio?

- **Specificando il modo *formale e preciso* la sintassi delle frasi del linguaggio**

TRAMITE

una *grammatica formale*:
una notazione matematica che consente di esprimere *in modo rigoroso* la sintassi di un linguaggio

GRAMMATICA FORMALE

Una *quadrupla* ⟨VT, VN, P, S⟩ dove:

- VT è un *insieme finito di simboli* *terminali*
- VN è un *insieme finito di simboli* *non terminali*
- P è un *insieme finito di* *produzioni*, ossia di *regole di riscrittura*
- S è un particolare *simbolo non-terminale* detto *simbolo iniziale* o *scopo* della grammatica

GRAMMATICA B.N.F.

Una *Grammatica B.N.F.* è una grammatica in cui le *produzioni* hanno la forma

$$\mathbf{X ::= A}$$

- $\mathbb{X} \in$ VN è un simbolo non terminale
- $\mathbb{A}$ è una ***sequenza di simboli*** ciascuno appartenente all'alfabeto VN $\cup$ VT

- Una *Grammatica B.N.F.* definisce quindi un *linguaggio sull'alfabeto terminale VT* mediante un meccanismo di derivazione (o riscrittura)

GRAMMATICA E LINGUAGGIO

Data una grammatica G, si dice perciò

Linguaggio L_G ***generato da G***

l'insieme delle frasi di V

- derivabili dal simbolo iniziale S
- applicando le produzioni P

Le frasi di un linguaggio di programmazione vengono dette ***programmi*** di tale linguaggio

DERIVAZIONE

Siano

- G una grammatica
- β, γ due *stringhe*, cioè due elementi dell'universo linguistico $(VN \cup VT)^*$

γ <u>deriva direttamente</u> da β (e si scrive $\beta \rightarrow \gamma$) se

- **le stringhe *si possono decomporre* in**
  $\beta = \eta\ A\ \delta$ $\qquad$ $\gamma = \eta\ \alpha\ \delta$
- **ed esiste la produzione $A ::= \alpha$**

In generale, γ deriva da β se esiste una sequenza di *N* derivazioni *dirette* che da β possono produrre

$$\gamma\ \beta = \beta 0 \rightarrow \beta 1 \rightarrow \ldots \rightarrow \beta n = \gamma$$

FORMA B.N.F. COMPATTA

- In una grammatica BNF spesso ***esistono più regole con la stessa parte sinistra***:
  - $X ::= A_1$
  - ....
  - $X ::= A_N$
- Per comodità si stabilisce allora di poterle ***compattare in un'unica regola***:

$$X ::= A_1 \mid A_2 \mid .. \mid A_N$$

dove **il simbolo | indica *l'alternativa***

ESEMPIO COMPLESSIVO

G = ⟨VT,VN,P,S⟩

dove:

VT = { il, gatto, topo, sasso, mangia, beve }

VN = { <frase>, <soggetto>, <verbo>,
<compl-ogg>, <articolo>, <nome> }

S = <frase>

P = ...

ESEMPIO COMPLESSIVO

P = {

<frase> ::= <soggetto> <verbo> <compl-ogg>

<soggetto> ::= <articolo><nome>

<articolo> ::= il

<nome> ::= gatto | topo | sasso

<verbo> ::= mangia | beve

<compl-ogg> ::= <articolo> <nome>

}

ESEMPIO COMPLESSIVO

ESEMPIO: derivazione della frase

"il sasso mangia il topo"

(ammesso che tale frase *sia derivabile*, ossia faccia parte del linguaggio generato dalla nostra grammatica)

DERIVAZIONE "LEFT-MOST"

A partire dallo scopo della grammatica, si riscrive sempre *il simbolo non-terminale* *<u>più a sinistra</u>*

ESEMPIO COMPLESSIVO

<frase>

→ <soggetto> <verbo> <compl-ogg>

→ <articolo> <nome> <verbo> <compl-ogg>

→ il <nome> <verbo> <compl-ogg>

→ il sasso <verbo> <compl-ogg>

→ il sasso mangia <compl-ogg>

→ il sasso mangia <articolo><nome>

→ il sasso mangia il <nome>

→ il sasso mangia il topo

ESEMPIO COMPLESSIVO

ALBERO SINTATTICO

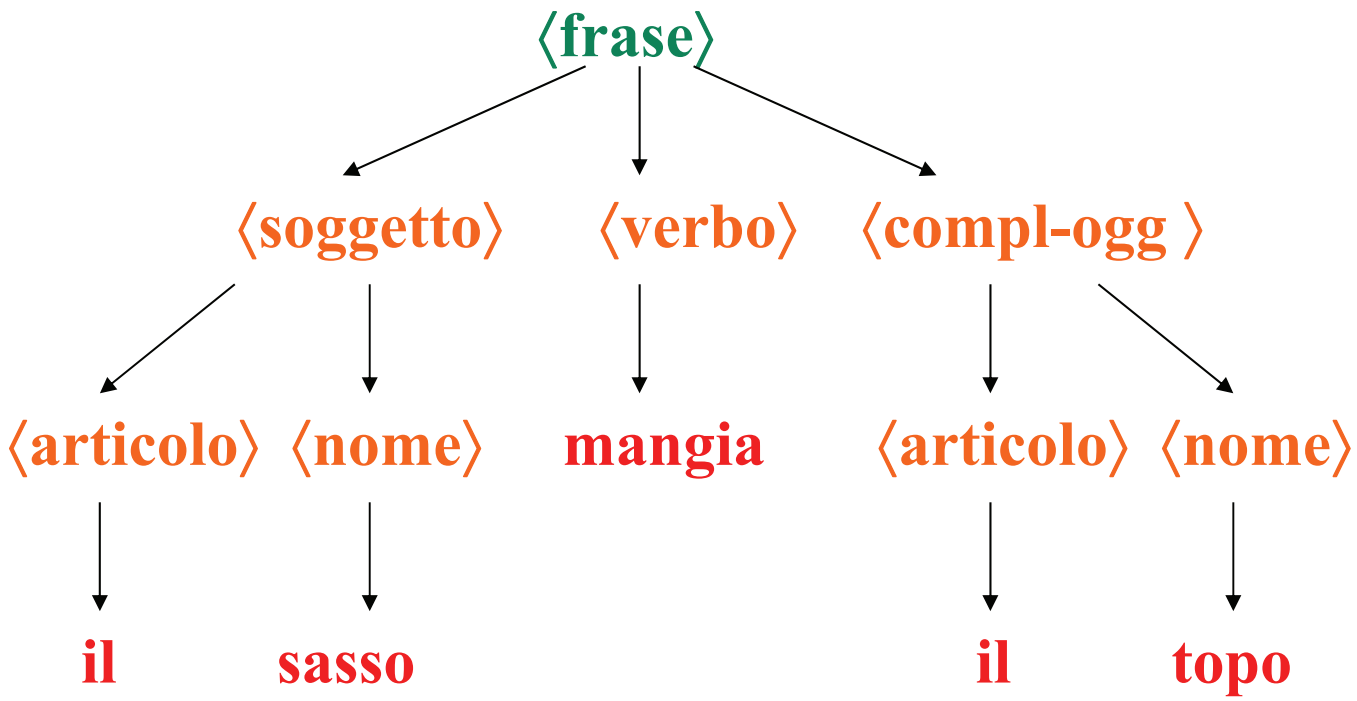
un grafo che esprime il processo di derivazione di una frase **usando una data grammatica**

ESEMPIO: derivazione della frase

"il sasso mangia il topo"

(ammesso che tale frase *sia derivabile*, ossia faccia parte del linguaggio generato dalla nostra grammatica)

ESEMPIO COMPLESSIVO



EXTENDED B.N.F. (E.B.N.F.)

Una forma *estesa* della notazione B.N.F. che introduce alcune ***notazioni compatte*** **per** ***alleggerire la scrittura*** delle regole di produzione

Forma EBNF	BNF equivalente	significato
X ::= [a] B	X ::= B | aB	a può comparire 0 o 1 volta
X ::= $\{a\}^n$ B	X ::= B | aB | …| a^nB	a può comparire da 0 a n volte
X ::= {a} B	X ::= B | aX	a può comparire 0 o più volte

NOTA: la produzione X ::= B | aX è ricorsiva (a destra)

EXTENDED B.N.F. - E.B.N.F.

Per raggruppare *categorie sintattiche*:

Forma EBNF	BNF equivalente	significato
X ::= (a | b) D | c	X ::= a D | b D | c	raggruppa cate-gorie sintattiche

- Ci sono programmi che possono creare automaticamente analizzatori sintattici (parser) per linguaggi espressi tramite EBNF
- XML e definito da una grammatica EBNF di circa 80 regole

ESEMPIO: I NUMERI NATURALI

G = ⟨VT,VN,P,S⟩

dove:

VT = { 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 }

VN = { <num>, <cifra>, <cifra-non-nulla> }

S = <num>

P = {

<num> ::= <cifra> | <cifra-non-nulla> {<cifra>}

<cifra> ::= 0 | <cifra-non-nulla>

<cifra-non-nulla> ::= 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

}

ESEMPIO: I NUMERI INTERI

- Sintassi analoga alla precedente
- ma con *la possibilità di un segno (+, -) davanti al numero naturale*

Quindi:

- **stesse regole di produzione *più una per gestire il segno***
- **stesso alfabeto terminale *più i due simboli + e -***

ESEMPIO: I NUMERI INTERI

G = ⟨VT,VN,P,S⟩, dove:

VT = { 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, }

VN = {<int>, <num>,
<cifra>, <cifra-non-nulla> }

P = {

<int> ::= [+|-] <num>

<num> ::= 0 | <cifra-non-nulla> {<cifra>}

<cifra> ::= 0 | <cifra-non-nulla>

<cifra-non-nulla> ::= 1|2|3|4|5|6|7|8|9

}

ESEMPIO: IDENTIFICATORI

G = ⟨VT,VN,P,S⟩

- Nell'uso pratico, quasi sempre *si danno solo le regole di produzione*, definendo VT, VN e S *implicitamente*
- Quindi:

scopo

VN

VN

P = {

<id> ::= <lettera> { <lettera> | <cifra>}

<lettera> ::= A | B | C | D | ... | Z

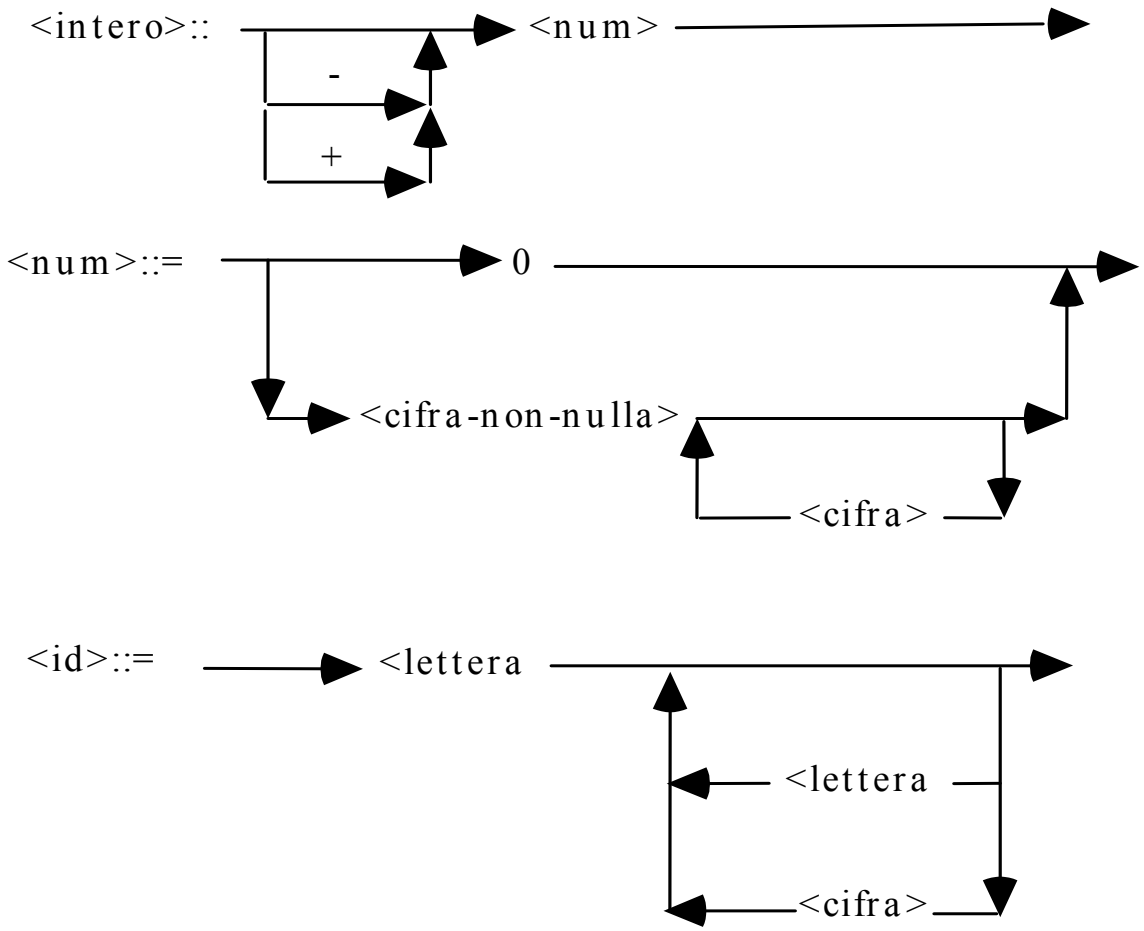
<cifra> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

}

VT

VT

DIAGRAMMI SINTATTICI



ESEMPIO DI ALBERO SINTATTICO

- **Albero sintattico del numero -3457 (grammatica EBNF dell'esempio 2)**
- <u>Attenzione</u>

  poiché **X ::= {a} B equivale a X ::= B | aX,**

  e **X ::= C {a} equivale a X ::= C | Xa,**

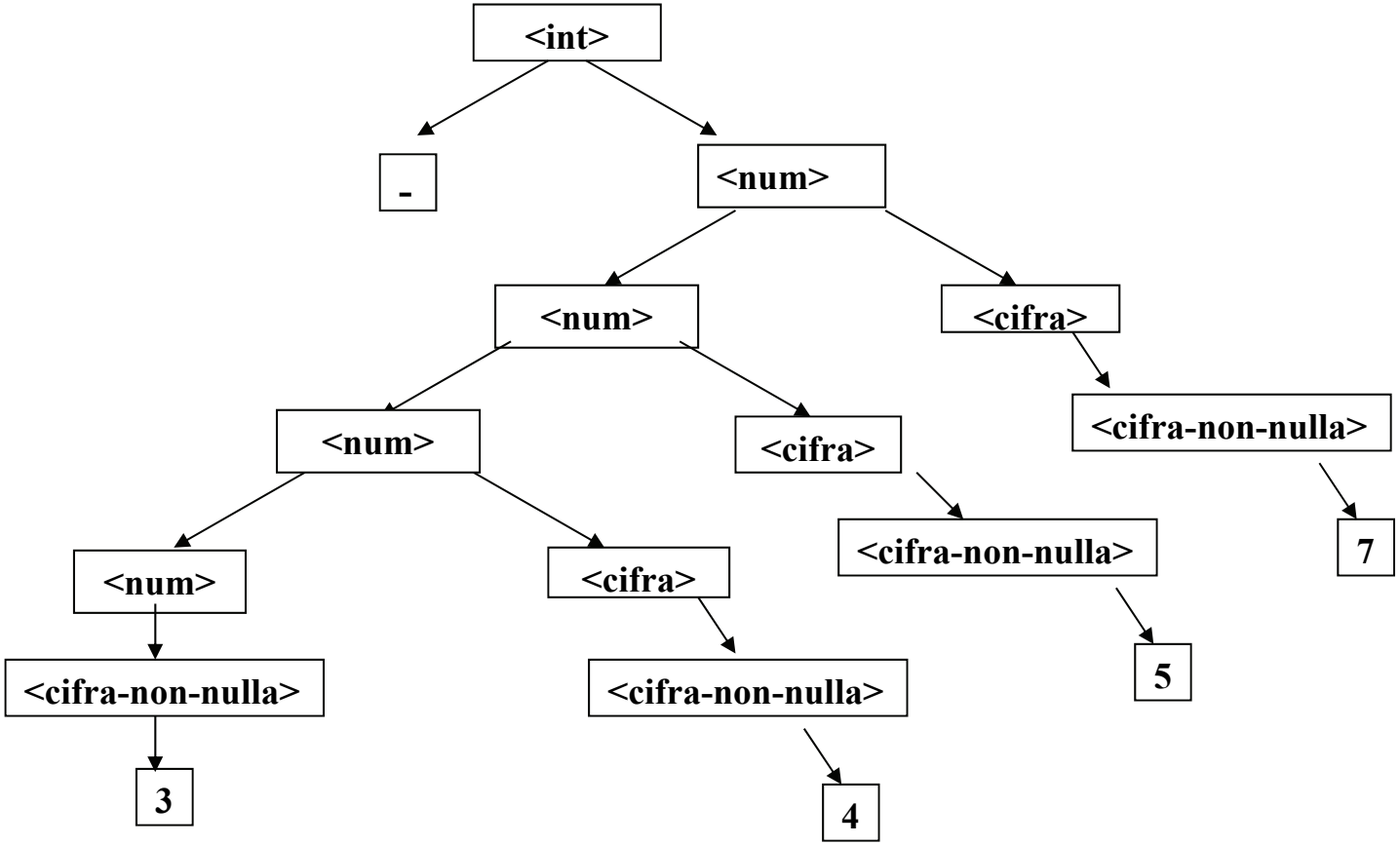
  la regola:

  <num> ::= <cifra-non-nulla> {<cifra>}

  equivale a:

  <num> ::= <cifra-non-nulla> | <num> <cifra>

ALBERO SINTATTICO DI -3457



ESERCIZIO Grammatiche 1

Data la grammatica **G** con scopo **S** e simboli terminali **{a,c,0,1}**

S ::= a F c

F ::= a S c | E

E ::= 0 | 1

si mostri (mediante derivazione left-most) che la stringa **aaa1ccc** appartiene alla grammatica

ESERCIZIO 1: Soluzione

S ::= a F c

F ::= a S c | E

E ::= 0 | 1

$S \rightarrow aFc \rightarrow aaScc \rightarrow aaaFccc \rightarrow aaaEccc$
$\rightarrow aaa1ccc$

ESERCIZIO Grammatiche 2

Si consideri la grammatica **G** con scopo **S** e simboli terminali {**il, la, Alice, regina, coniglio, sgrida, saluta, gioca**}

S::= T P | A T P

P::= V | V T | V A T

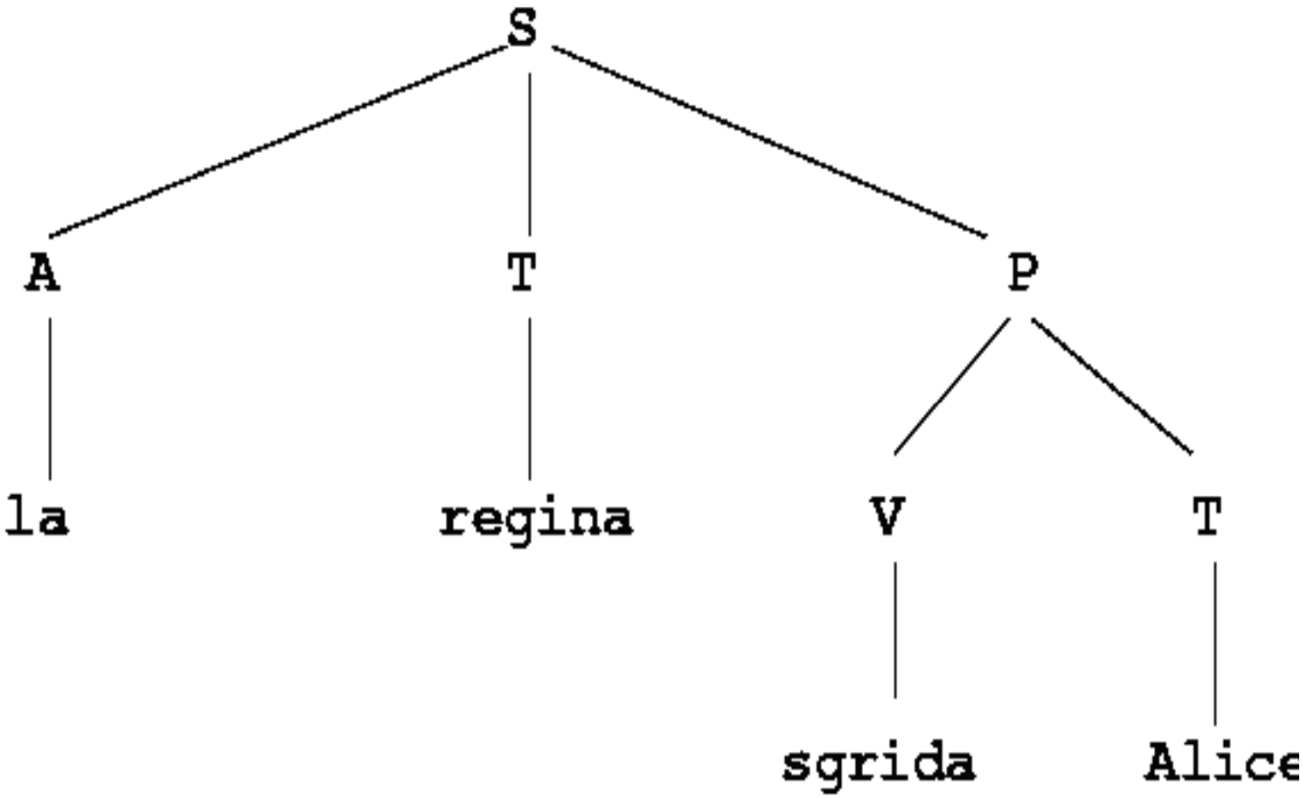
T::= Alice | regina | coniglio

A::= il | la

V::= sgrida | saluta | gioca

Si dica se la stringa **la regina sgrida Alice** è sintatticamente corretta rispetto a tale grammatica e se ne mostri l'albero sintattico

ESERCIZIO 2: Soluzione



ESERCIZIO Grammatiche 3

Espressioni algebriche

G = ⟨VT,VN,P,S⟩, dove:

VT = { +, -, *, /, (,), 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 }

VN = {<E>, <T>,
<F>, <num>,
<cifra>, <cifra-non-nulla> }

S = <E>

ESERCIZIO Grammatiche 3

Espressioni Algebriche

P = {

<E> ::= <E> + <T> | <E> - <T> | <T>

<T> ::= <T> * <F> | <T> / <F> | <F>

<F> ::= <cifra> | (<E>)

<cifra> ::= 0 | <cifra-non-nulla>

<cifra-non-nulla> ::= 1|2|3|4|5|6|7|8|9

}

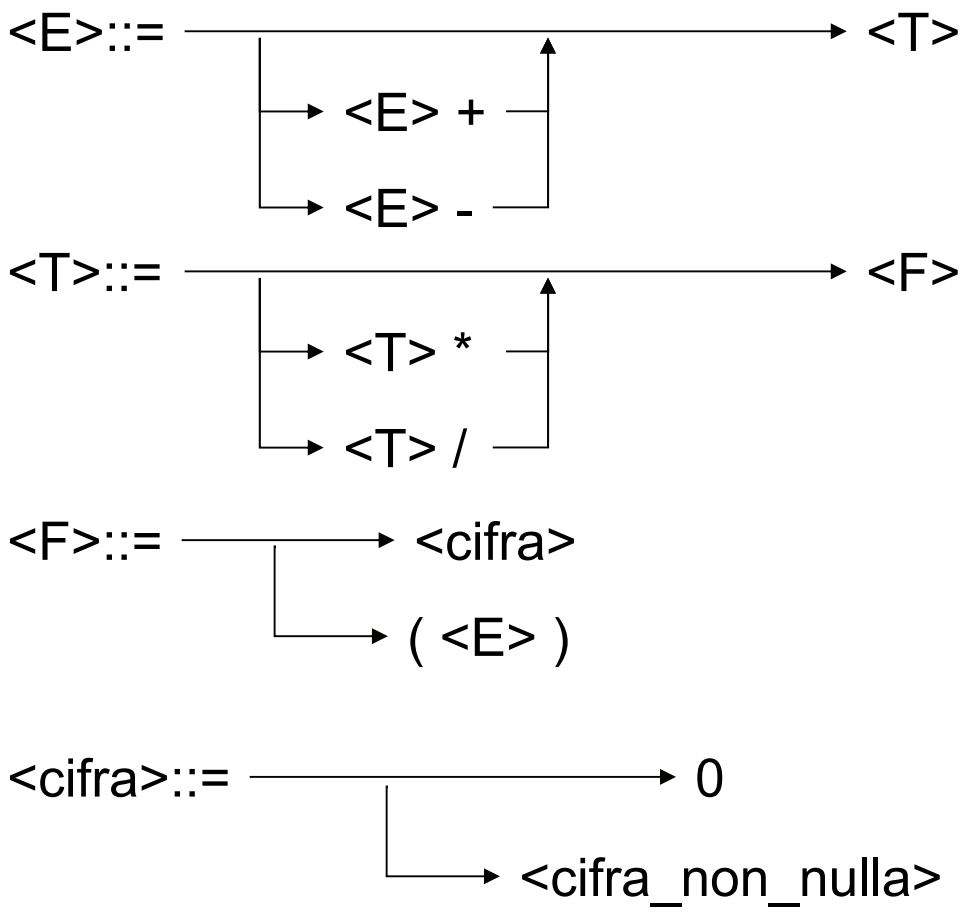
Disegnare il diagramma sintattico di tale grammatica. Determinare poi se le seguenti frasi fanno parte del linguaggio generato da questa grammatica o no, e disegnarne l'albero di derivazione sintattica:

1. **5 + 3 * 7**
2. **3 / 0 + 4**

ESERCIZIO Grammatiche 3

Soluzione

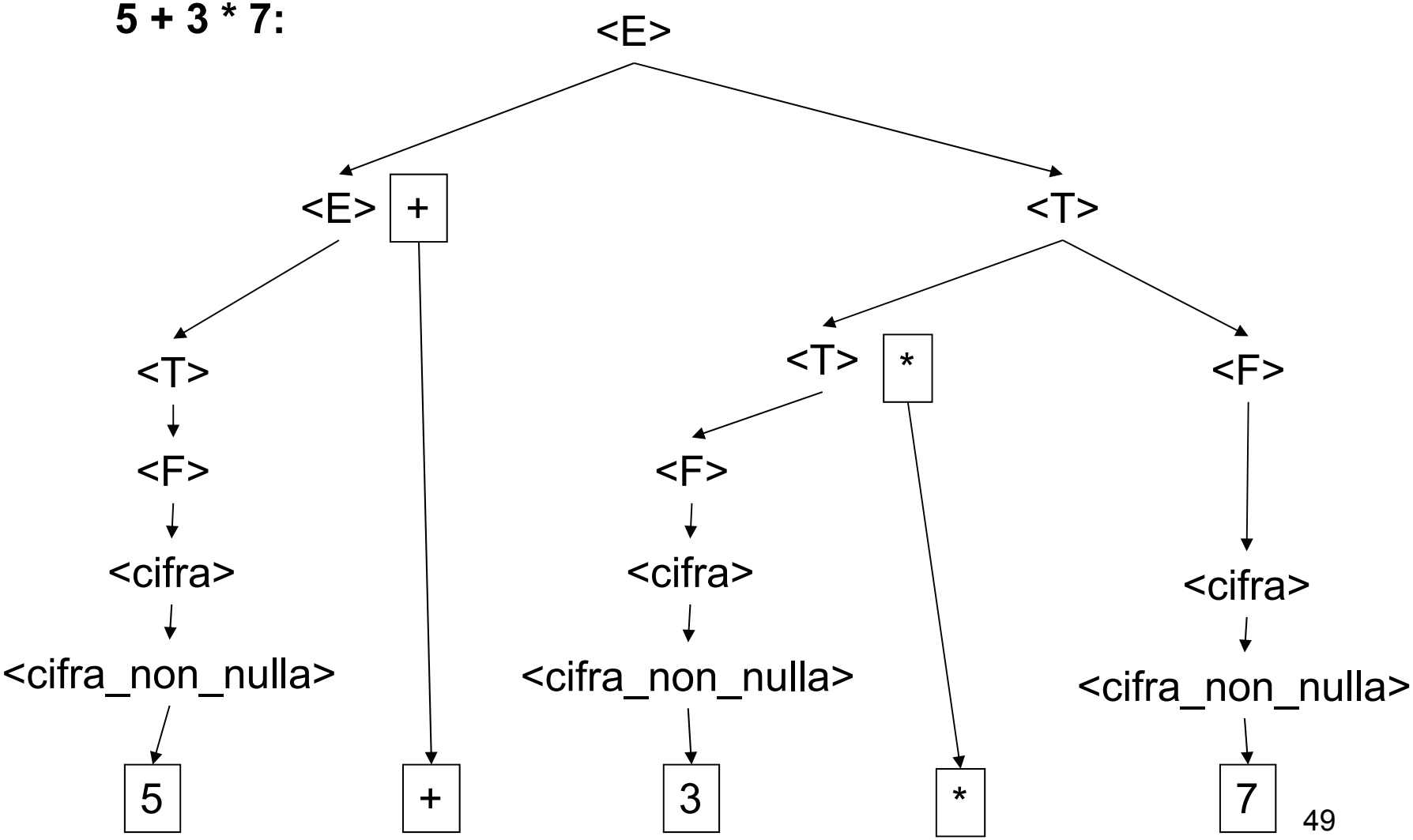
Diagramma sintattico:



ESERCIZIO Grammatiche 3

Soluzione

5 + 3 * 7:



ESERCIZIO Grammatiche 3

Soluzione

3 / 0 + 4: