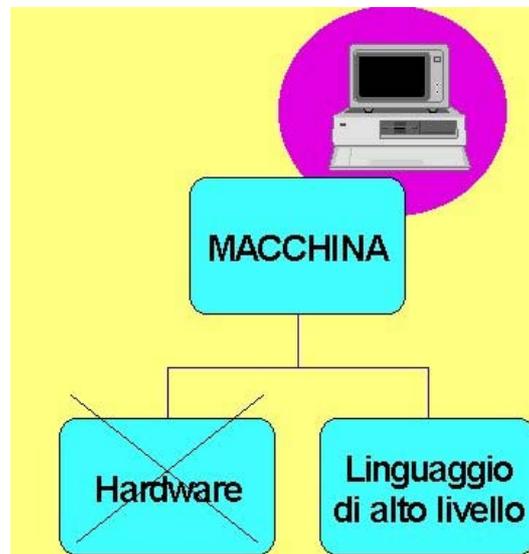


# LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO

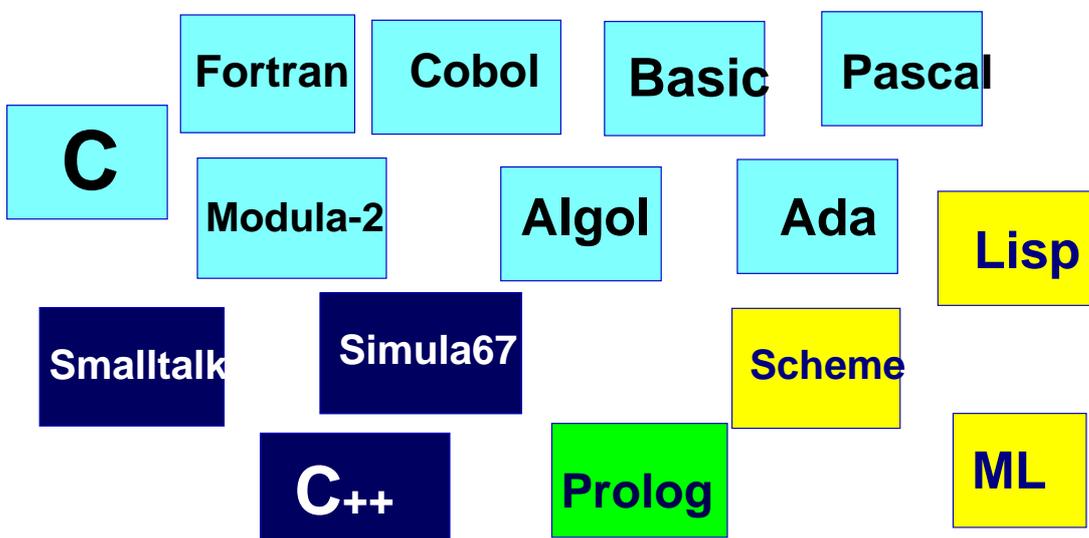
Si basano su una *macchina virtuale* le cui "mosse" non sono quelle della macchina hardware



1

## Linguaggi di alto livello

### Barriera di astrazione



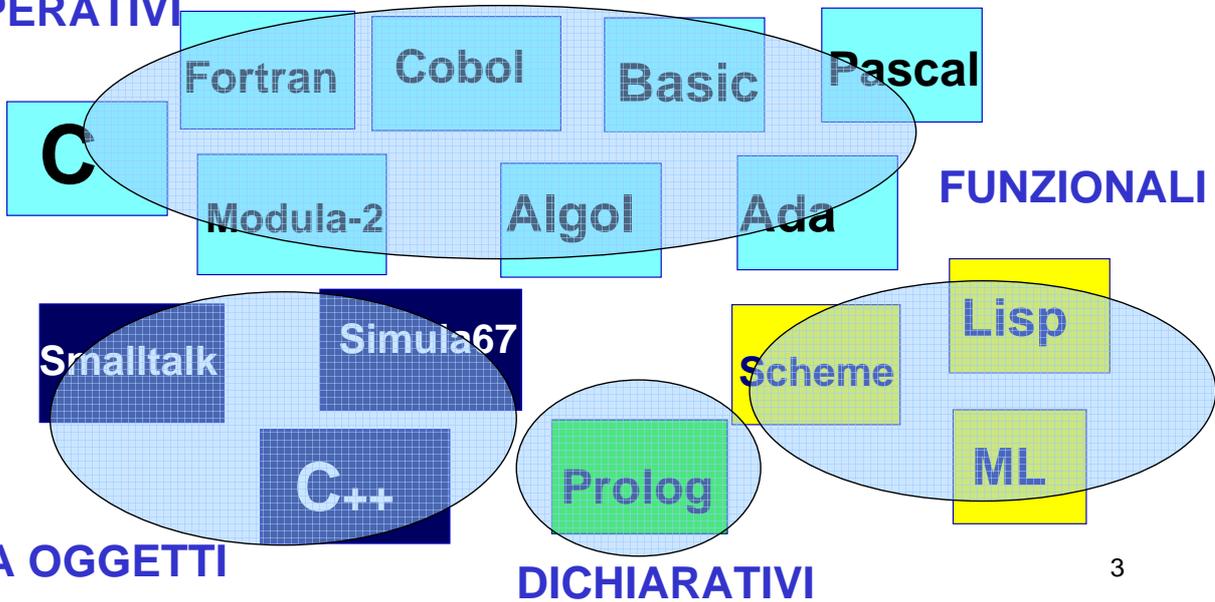
2

# Linguaggi di alto livello



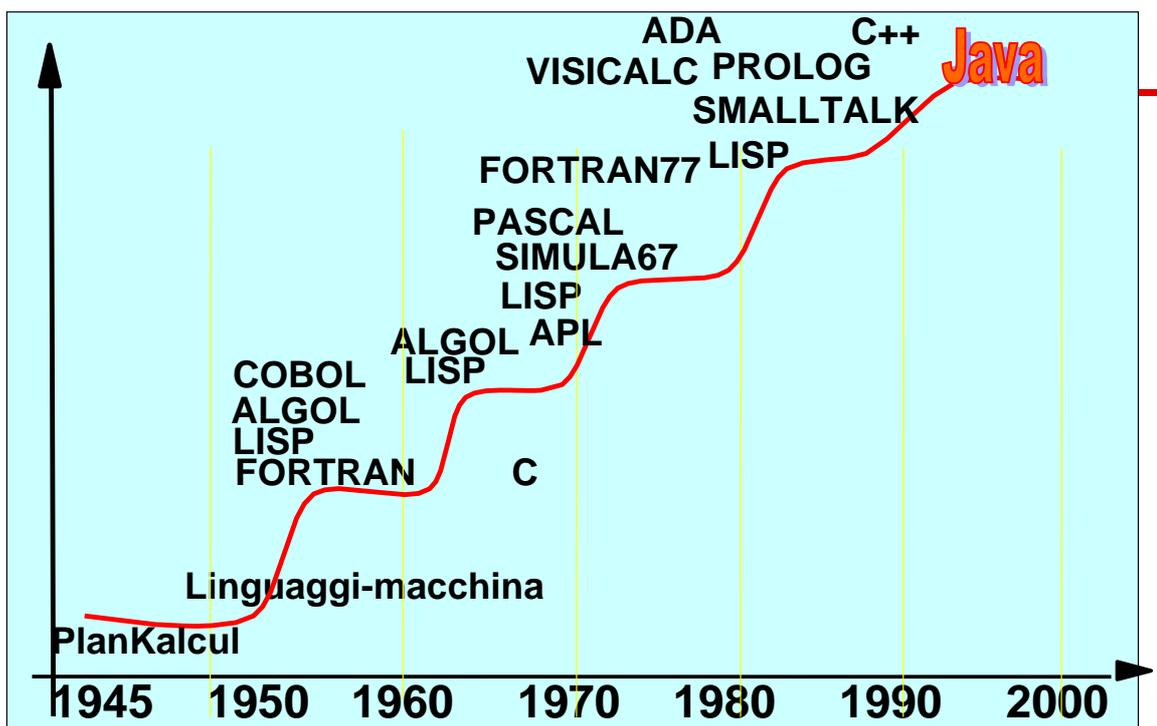
## Barriera di astrazione

IMPERATIVI



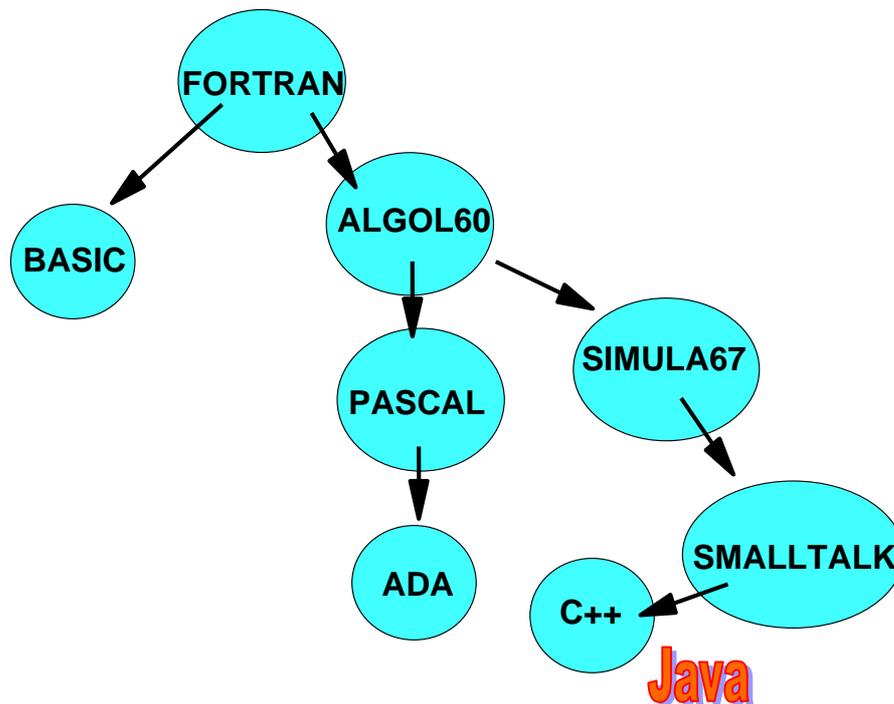
3

# Evoluzione dei linguaggi



# Evoluzione dei linguaggi

---



5

## 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

6

## LA NOZIONE DI LINGUAGGIO

---

- Occorre una **nozione di linguaggio più precisa**
- **Linguaggio come sistema matematico** che consenta di rispondere 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**?

7

## 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

8

# 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!***

9

---

## SINTASSI

---

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

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

10

## 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>
```

11

## SINTASSI DI UN NUMERO NATURALE

---

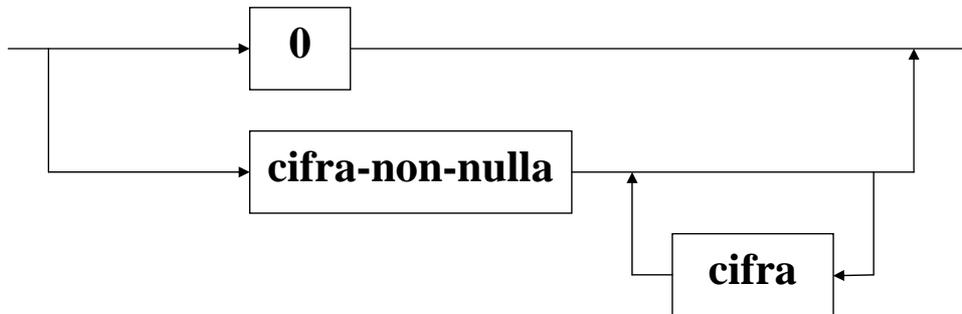
```
<naturale> ::=
    0 | <cifra-non-nulla>{<cifra>}
Intuitivamente significa che un numero naturale si può riscrivere
come 0 oppure (|) come una cifra non nulla seguita da zero o più
({}) cifre
<cifra-non-nulla> ::=
    1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
una cifra non nulla si può riscrivere come 1 oppure 2 oppure 3...
<cifra> ::= 0 | <cifra-non-nulla>
una cifra si può riscrivere come 0 oppure come una cifra non
nulla (definita precedentemente)
```

12

# DIAGRAMMI SINTATTICI: ESEMPIO

---

## Sintassi di un *numero naturale*



13

# SEMANTICA

---

La semantica è esprimibile:

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

14

## DEFINIZIONE DI LINGUAGGIO

---

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

Proprietà desiderabili:

- Un linguaggio deve essere **effettivamente generabile**
- Un linguaggio di programmazione deve essere **decidibile**

15

## 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  $V^*$*

16

## ESEMPIO

---

$V = \{ \text{if, else, ==, A, 0, =, +, 1, 2, (, )} \}$

Allora:

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

17

## ESEMPIO

---

$V = \{ \text{if, else, ==, A, 0, =, +, 1, 2, (, )} \}$

Allora:

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



Non tutte queste  
frasi faranno parte  
del linguaggio!

18

# 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**

19

# GRAMMATICA FORMALE

---

Una *quadrupla*  $\langle VT, VN, P, S \rangle$   
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

20

## GRAMMATICA B.N.F.

---

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

$$X ::= A$$

- $X \in VN$  è un simbolo non terminale
  - $A$  è una *sequenza di simboli* ciascuno appartenente all'alfabeto  $V = VN \cup VT$
- Una *Grammatica B.N.F.* definisce quindi un **linguaggio sull'alfabeto terminale  $VT$**  mediante un **meccanismo di derivazione** (o **riscrittura**)

21

## 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

22

## DERIVAZIONE

---

Siano

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

$\gamma$  deriva direttamente da  $\beta$  (e si scrive  $\beta \rightarrow \gamma$ ) se

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

In generale,  $\gamma$  **deriva da**  $\beta$  se esiste una sequenza di  $N$  derivazioni *dirette* che da  $\beta$  possono produrre  $\gamma$

$$\beta = \beta_0 \rightarrow \beta_1 \rightarrow \dots \rightarrow \beta_n = \gamma$$

23

---

## FORMA B.N.F. COMPATTA

---

- In una grammatica BNF spesso *esistono più regole con la stessa parte sinistra:*

–  $X ::= A_1$

–  $\dots$

–  $X ::= A_N$

- Per comodità si stabilisce allora di poterle *compattare in un'unica regola:*

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

dove **il simbolo  $\mid$  indica l'alternativa**

24

## ESEMPIO COMPLESSIVO

---

**G** =  $\langle \text{VT, VN, P, S} \rangle$

dove:

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

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

**S** = <frase>

**P** = ...

25

## ESEMPIO COMPLESSIVO

---

**P** = {

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

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

<articolo> ::= il

<nome> ::= gatto | topo | sasso

<verbo> ::= mangia | beve

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

}

26

## ESEMPIO COMPLESSIVO

---

### ESEMPIO: derivazione della frase

*“il gatto 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 più a sinistra*

27

## ESEMPIO COMPLESSIVO

---

<frase>

- <soggetto> <verbo> <compl-ogg>
- <articolo> <nome> <verbo> <compl-ogg>
- **il** <nome> <verbo> <compl-ogg>
- **il gatto** <verbo> <compl-ogg>
- **il gatto mangia** <compl-ogg>
- **il gatto mangia** <articolo><nome>
- **il gatto mangia il** <nome>
- **il gatto mangia il topo**

28

## ESEMPIO COMPLESSIVO

---

### ALBERO SINTATTICO

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

### ESEMPIO: derivazione della frase

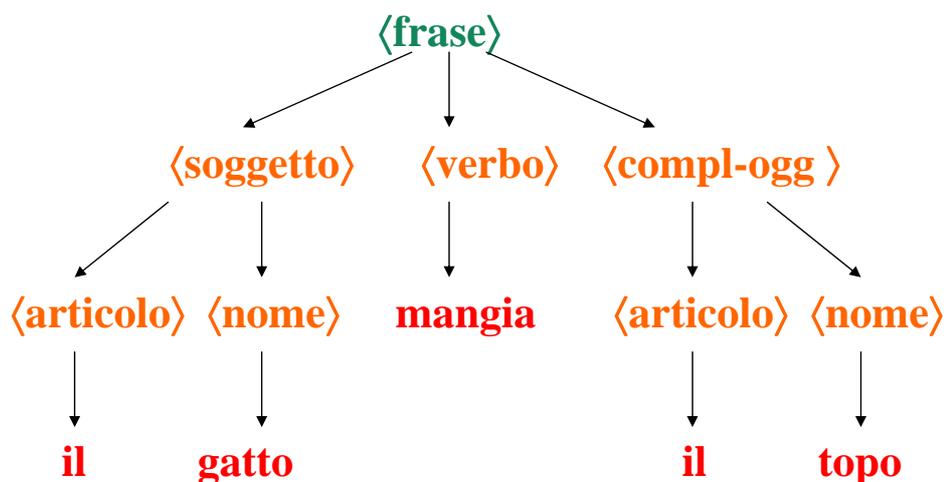
*“il gatto mangia il topo”*

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

29

## ESEMPIO COMPLESSIVO

---



30

## 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
$X ::= [a] B$	$X ::= B \mid aB$	a può comparire 0 o 1 volta
$X ::= \{a\}^n B$	$X ::= B \mid aB \mid \dots \mid a^n B$	a può comparire da 0 a n volte
$X ::= \{a\} B$	$X ::= B \mid aX$	a può comparire 0 o più volte

NOTA: la produzione  $X ::= B \mid aX$  è ricorsiva (a destra)

31

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

---

Per raggruppare *categorie sintattiche*:

Forma EBNF	BNF equivalente	significato
$X ::= (a \mid b) D \mid c$	$X ::= a D \mid b D \mid c$	raggruppa categorie sintattiche

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

32

## ESEMPIO: I NUMERI NATURALI

---

$G = \langle VT, VN, P, S \rangle$

dove:

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

$VN = \{ \langle \text{num} \rangle, \langle \text{cifra} \rangle, \langle \text{cifra-non-nulla} \rangle \}$

$S = \langle \text{num} \rangle$

$P = \{$   
     $\langle \text{num} \rangle ::= \langle \text{cifra} \rangle \mid \langle \text{cifra-non-nulla} \rangle \{ \langle \text{cifra} \rangle \}$   
     $\langle \text{cifra} \rangle ::= 0 \mid \langle \text{cifra-non-nulla} \rangle$   
     $\langle \text{cifra-non-nulla} \rangle ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$   
 $\}$

33

## 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 -*

34

## ESEMPIO: I NUMERI INTERI

$G = \langle VT, VN, P, S \rangle$ , dove:

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

$VN = \{ \langle int \rangle, \langle num \rangle, \langle cifra \rangle, \langle cifra-non-nulla \rangle \}$

$P = \{$

$\langle int \rangle ::= [+|-] \langle num \rangle$

$\langle num \rangle ::= 0 \mid \langle cifra-non-nulla \rangle \{ \langle cifra \rangle \}$

$\langle cifra \rangle ::= 0 \mid \langle cifra-non-nulla \rangle$

$\langle cifra-non-nulla \rangle ::= 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$

$\}$

35

## ESEMPIO: IDENTIFICATORI

$G = \langle VT, VN, P, S \rangle$

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

- Quindi:

$P = \{$

$\langle id \rangle ::= \langle lettera \rangle \{ \langle lettera \rangle \mid \langle cifra \rangle \}$

$\langle lettera \rangle ::= A \mid B \mid C \mid D \mid \dots \mid Z$

$\langle cifra \rangle ::= 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$

$\}$

scopo

VN

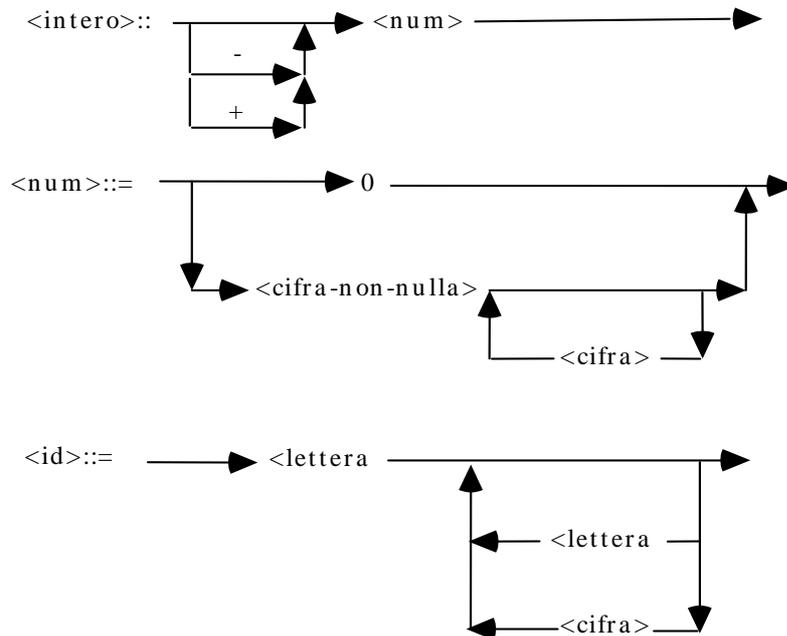
VN

VT

VT

36

# DIAGRAMMI SINTATTICI



37

## ESEMPIO DI ALBERO SINTATTICO

- **Albero sintattico del numero **-3457****  
(grammatica EBNF dell'esempio 2)

- Attenzione

poiché  $X ::= \{a\} B$  equivale a  $X ::= B \mid aX$ ,

e  $X ::= C \{a\}$  equivale a  $X ::= C \mid Xa$ ,

la regola:

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

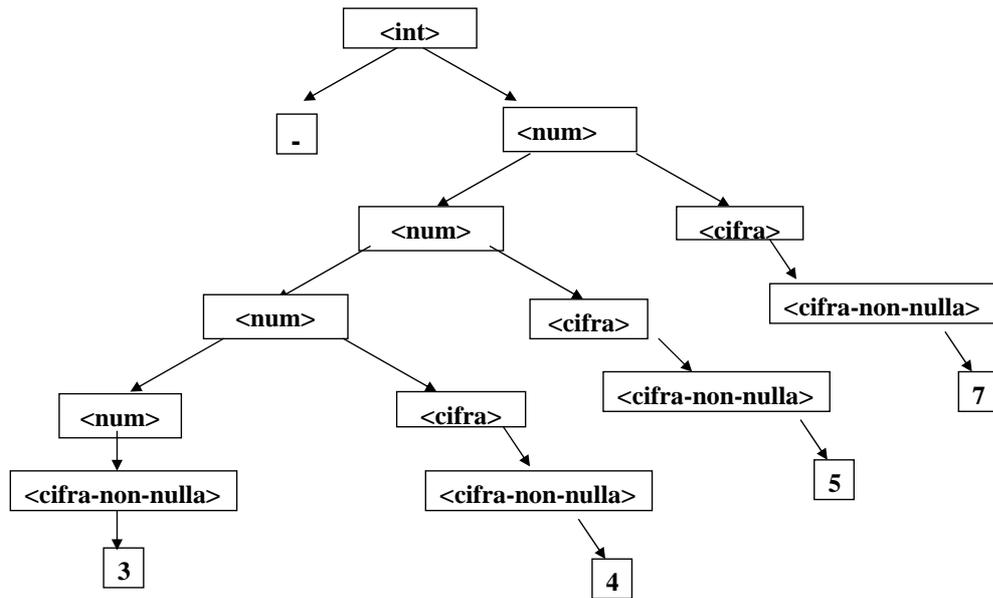
equivale a:

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

38

## ALBERO SINTATTICO DI -3457

---



39

## 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

40

## ESERCIZIO 1: Soluzione

---

**S ::= a F c**

**F ::= a S c | E**

**E ::= 0 | 1**

**S** → aF**c** → aaS**cc** → aaaF**ccc** → aaaE**ccc**  
→ aaa1**ccc**

41

## 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

42

## ESERCIZIO 2: Soluzione

---

