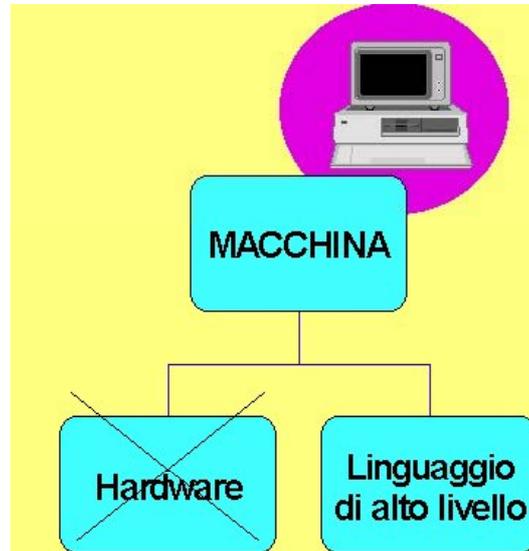


LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO

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



1

1957 Un po' di storia sui linguaggi

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

1959

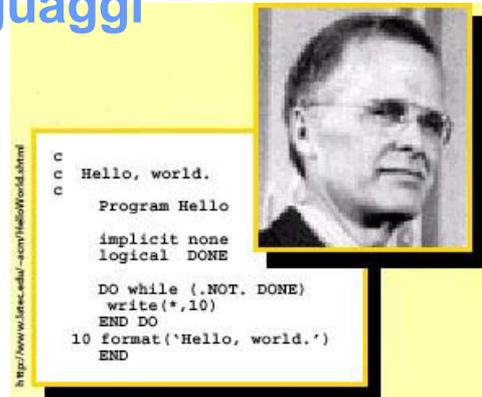
Si forma il Comitato per i linguaggi di sistemi di dati e **nasce il COBOL** (Common Business Oriented Language).

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.



A snippet of COBOL code for a 'Hello, world' program. The code includes identification, program ID, date, author, environment, configuration, source, object, and procedure sections.

```
000100 IDENTIFICATION DIVISION.
000200 PROGRAM-ID. HELLOWORLD.
000300 DATE-WRITTEN.02/05/96 21:04.
000400*   AUTHOR JOHN JONES
000500 ENVIRONMENT DIVISION.
000600 CONFIGURATION SECTION.
000700 SOURCE-COMPUTER. RM-COBOL.
000800 OBJECT-COMPUTER. RM-COBOL.
000900
001000 DATA DIVISION.
001100 FILE SECTION.
001200
100000 PROCEDURE DIVISION.
100100
100200 MAIN-LOGIC SECTION.
100300 BEGIN.
100400   DISPLAY " " LINE 1 POSITION 1 ERAS
100500   DISPLAY "HELLO, WORLD." LINE 15 P
100600   STOP RUN.
100700 MAIN-LOGIC-EXIT.
100800   EXIT.
```

A snippet of BASIC code for a 'Hello World' program. It uses a GOTO statement to loop back to a PRINT statement.

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

2

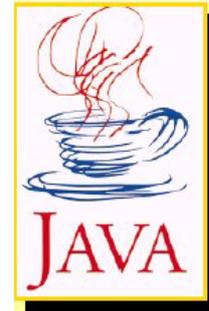
Un po' di storia sui linguaggi

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".

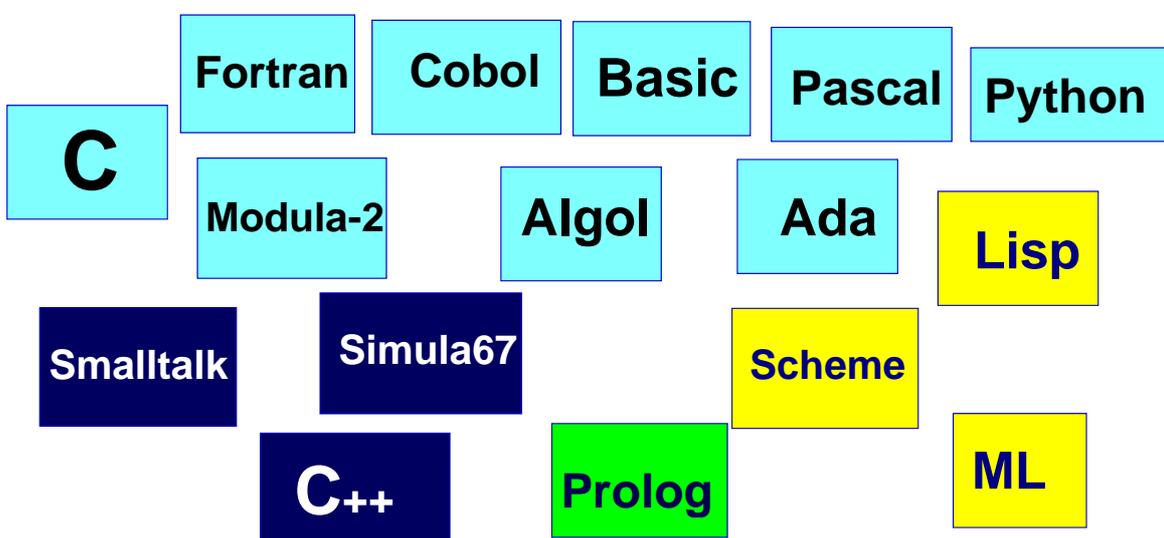
```
#include
main()
{
  for(;;)
  {
    printf ("Hello World!\n");
  }
}
```

3

LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO



Barriera di astrazione



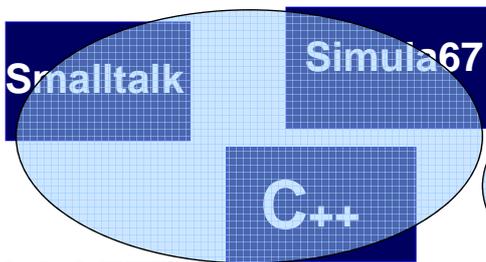
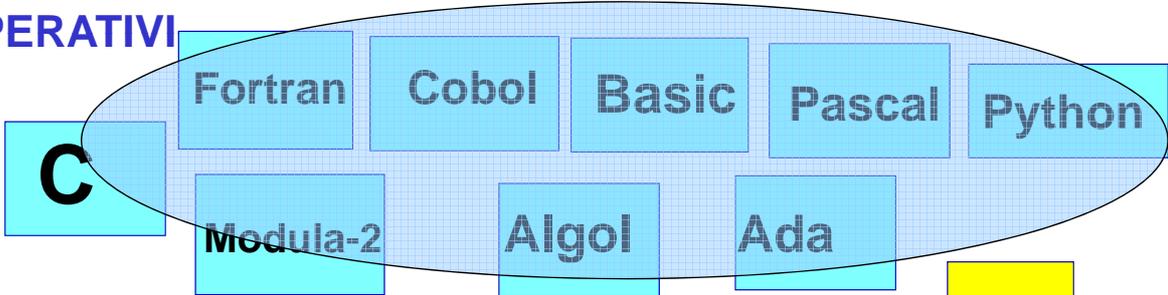
4

LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO

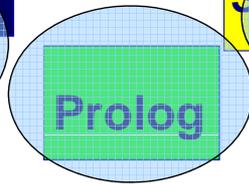


Barriera di astrazione

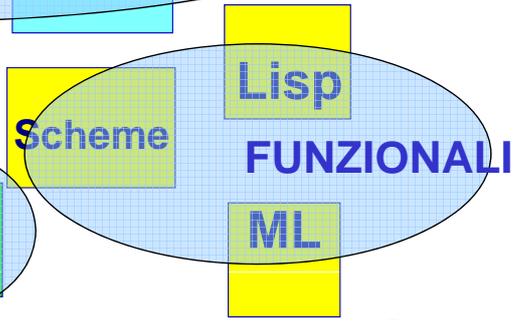
IMPERATIVI



A OGGETTI

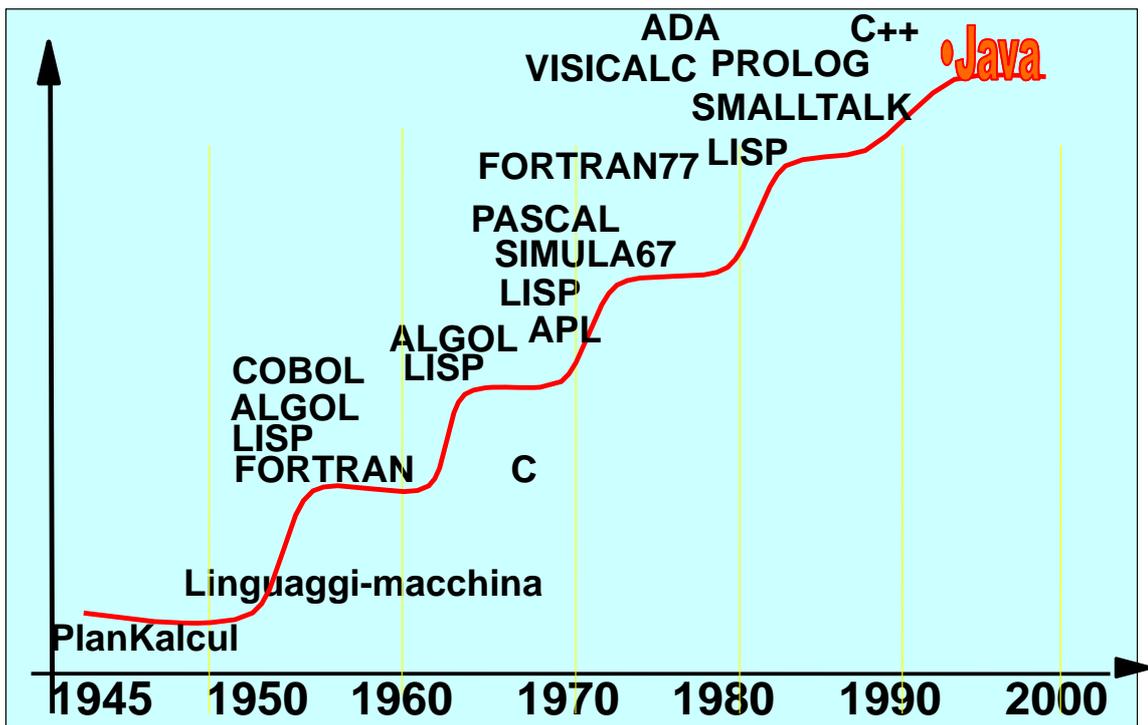


DICHIARATIVI

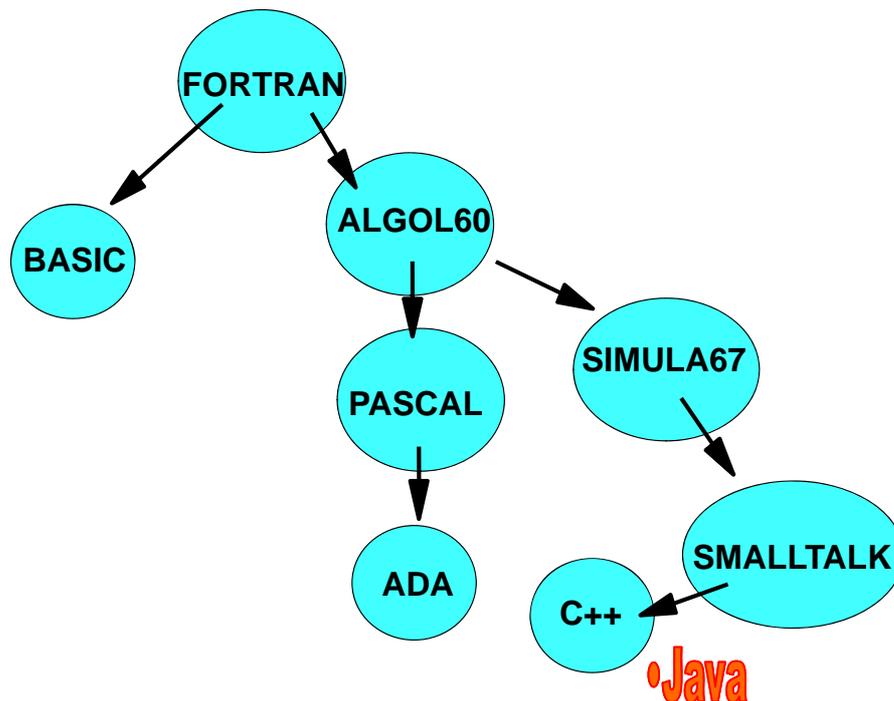


FUNZIONALI

EVOLUZIONE DEI LINGUAGGI



EVOLUZIONE DEI LINGUAGGI



7

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

8

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**?

9

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

10

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!*

11

SINTASSI

Le regole sintattiche sono espresse attraverso *notazioni formali*:

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

12

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>
```

13

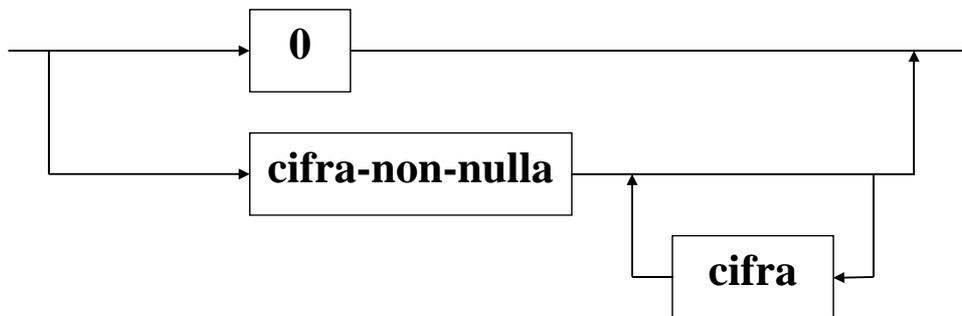
ESEMPIO DI SINTASSI: numeri naturali

```
<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)
```

14

DIAGRAMMI SINTATTICI: ESEMPIO

Sintassi di un *numero naturale*



15

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**

16

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**

17

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^**

18

ESEMPIO

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

Allora:

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

19

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

20

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

21

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

22

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

23

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

24

DERIVAZIONE

Siano

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

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

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

25

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:***

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

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

26

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 = ...

27

ESEMPIO COMPLESSIVO

P = {

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

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

<articolo> ::= il

<nome> ::= gatto | topo | sasso

<verbo> ::= mangia | beve

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

}

28

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 più a sinistra*

29

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**

30

ESEMPIO COMPLESSIVO

ALBERO SINTATTICO

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

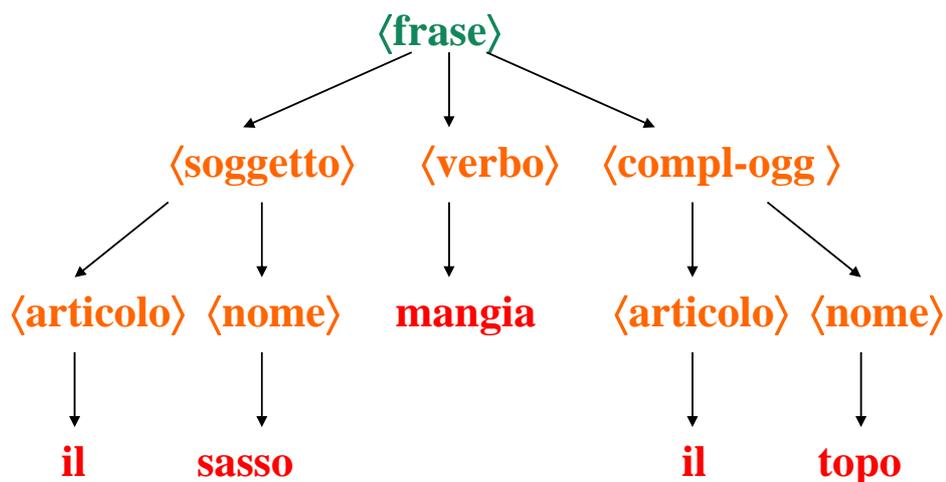
ESEMPIO: derivazione della frase

“il sasso mangia il topo”

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

31

ESEMPIO COMPLESSIVO



32

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)

33

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

34

ESEMPIO: I NUMERI NATURALI

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

dove:

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

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

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

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

35

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 -**

36

ESEMPIO: I NUMERI INTERI

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

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

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

$P = \{$

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

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

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

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

$\}$

37

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

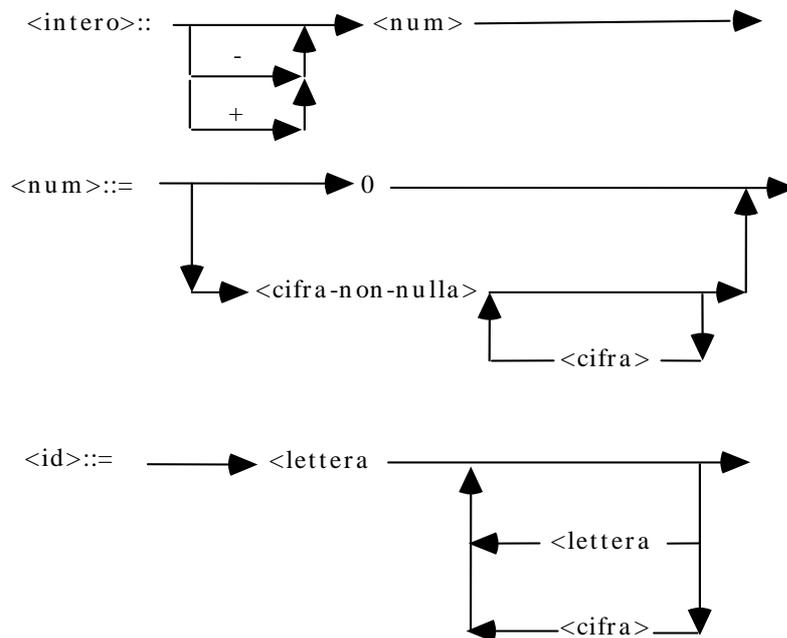
VN

VT

VT

38

DIAGRAMMI SINTATTICI



39

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:

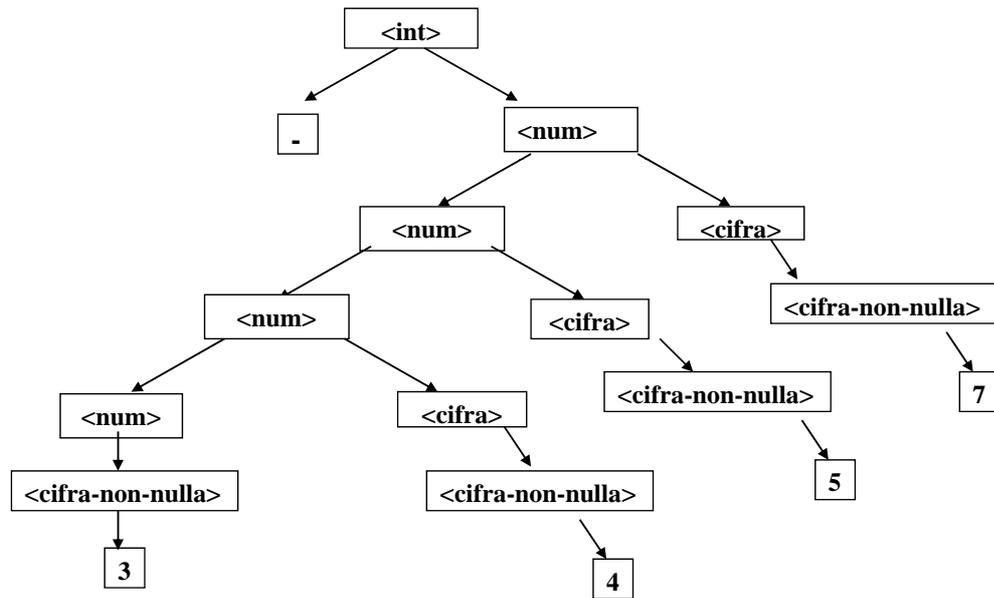
<num> ::= <cifra-non-nulla> {<cifra>}

equivale a:

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

40

ALBERO SINTATTICO DI -3457



41

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

42

ESERCIZIO 1: Soluzione

S ::= a F c

F ::= a S c | E

E ::= 0 | 1

S → aFc → aaScc → aaaFccc → aaaEccc
→ aaa1ccc

43

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

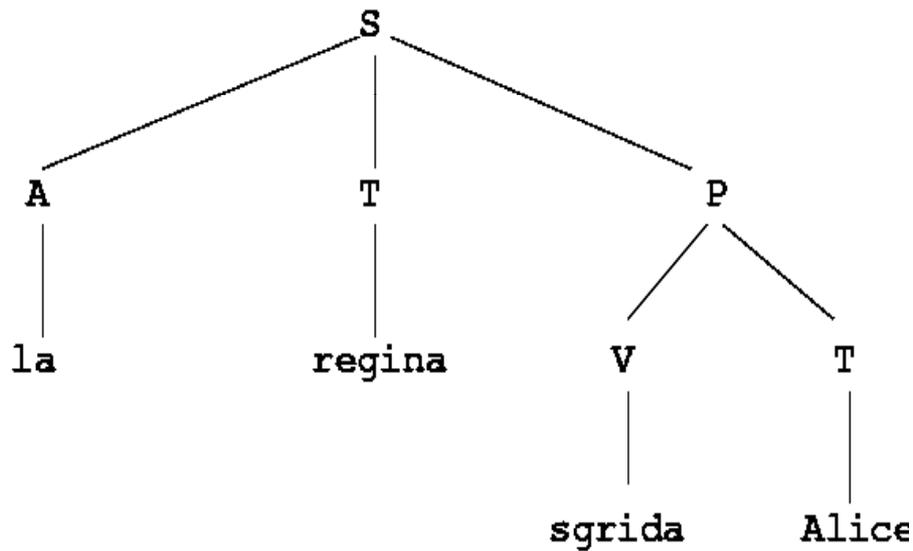
A ::= il | la

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

44

ESERCIZIO 2: Soluzione



45

ESERCIZIO Grammatiche 3

Espressioni algebriche

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

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

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

$S = \langle E \rangle$

46

ESERCIZIO Grammatiche 3

Espressioni Algebriche

$P = \{$

$\langle E \rangle ::= \langle E \rangle + \langle T \rangle \mid \langle E \rangle - \langle T \rangle \mid \langle T \rangle$

$\langle T \rangle ::= \langle T \rangle * \langle F \rangle \mid \langle T \rangle / \langle F \rangle \mid \langle F \rangle$

$\langle F \rangle ::= \langle \text{cifra} \rangle \mid (\langle E \rangle)$

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

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

$\}$

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:

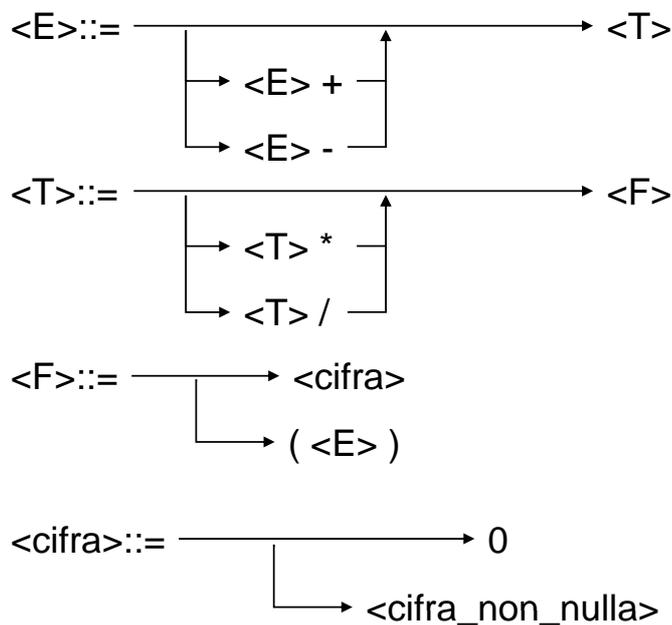
1. $5 + 3 * 7$
2. $3 / 0 + 4$

47

ESERCIZIO Grammatiche 3

Soluzione

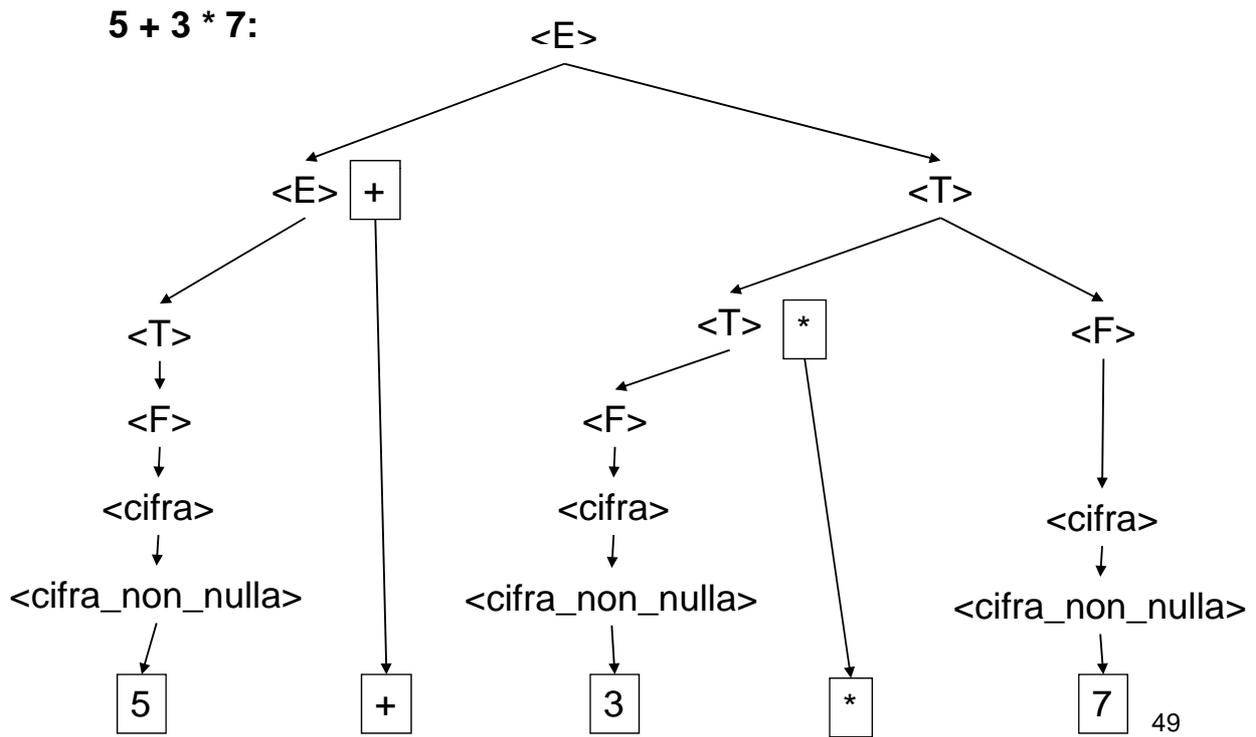
Diagramma sintattico:



48

ESERCIZIO Grammatiche 3

Soluzione



ESERCIZIO Grammatiche 3

Soluzione

