I linguaggi di programmazione

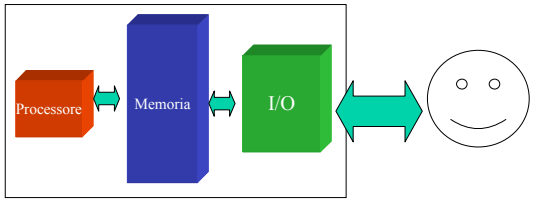
I linguaggi di programmazione

- I linguaggi di programmazione sono stati introdotti per facilitare ai programmatori il compito di scrittura dei programmi
- Sono linguaggi ***simbolici***, in continua evoluzione
- Sono definiti da un insieme di regole formali, le regole grammaticali o ***sintassi***
- Diversi ***paradigmi di programmazione*** per affrontare
  - il processo della programmazione
  - la traduzione dell'algoritmo nel linguaggio adottato

La traduzione dei linguaggi

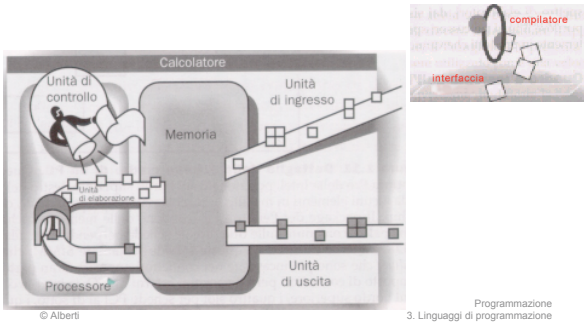
- Evoluzione verso sistemi di codici complessi e potenti, orientati più all'uomo che alla macchina
- La sfida degli anni '50 sulla traduzione dei linguaggi
- Linguaggi ad ***alto livello*** e a ***basso livello*** ovvero *i linguaggi macchina*

Schema dell'architettura



Schema delle interconnessioni

- Le componenti sono tra loro interconnesse



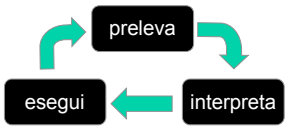
Il processore

- Il datapath o unità di elaborazione
  - L'insieme dei circuiti che operano e manipolano i dati
- Il controller
  - L'insieme dei circuiti che interpretano un programma e sovraintendono all'esecuzione delle istruzioni da parte delle altre componenti del calcolatore

Ciclo del processore

- Il processore esegue in continuazione il ciclo
  - *fetch-decode-execute*

Preleva dalla memoria principale la prossima istruzione di un programma



Esegui l'istruzione **Decodifica l'istruzione**

Il linguaggio del processore

- Ogni modello di microprocessore ha un *proprio linguaggio macchina* diverso da quello di altri processori
- Ogni modello di microprocessore *riconosce* solo programmi scritti nel proprio linguaggio macchina
- Il linguaggio macchina contiene *tutte e sole le operazioni* che possono essere eseguite dal microprocessore

Linguaggio macchina

- Esempio: un processore con 2 registri `R1` e `R2`
- Si debbono sommare i contenuti delle locazioni di memoria `var1` e `var2` e archiviare in `tot`
- L'operazione di somma è possibile solo sui dati archiviati nei registri
  - Trasferisci il contentuto di `var1` nel registro `R1`
  - Trasferisci il contentuto di `var2` nel registro `R2`
  - Somma il contenuto dei due registri
  - Trasferisci il risultato nella locazione di memoria `tot`

Linguaggio macchina – 2

È necessario disporre di

- Istruzioni per il trasferimento di dati dalla memoria ai registri e viceversa
  - `LOAD R x` `STORE R y`
- Istruzioni aritmetiche/logiche
  - `ADD R1 R2` `MUL R1 R2`
- Eventualmente istruzioni di controllo e di salto
  - Salto incondizionato

```
JUMP alfa
…
alfa: …
```

  - Salto condizionato

```
JZERO R1 alfa
…
alfa: …
```


Esempio

- Sommare il contenuto di due variabili e salvarlo nella variabile `tot`

```
load R1, var1
load R2, var2
add R1, R2
store R1, tot
```


Diversi livelli di espressività

```
se a=b   allora c:=0
         altrimenti c:=a+b
            load R1, a
            load R2, b
            sub R1, R2
            jzero R1, fine
            load R1, a
            add R1, R2
fine:       store R1, c
```

Algoritmo di Euclide in assembler

```
        LOAD R1, 101
        LOAD R2, 102
alfa:   DIV R1, R2
        MUL R1, R2
        LOAD R2, 101
        SUB R2, R1
        JZERO R2, fine
        LOAD R1, 102
        STORE R1, 101
        STORE R2, 102
        JUMP alfa
fine:   LOAD R1, 102
        STORE R1, 103
```


Linguaggi di basso livello

- In un linguaggio macchina, ogni istruzione è una sequenza di cifre binarie
  - Totalmente illeggibile per l'uomo
  - Perfettamente non ambiguo per la macchina

```
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1
0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0
```

traduzione delle istruzioni:

```
LOAD x
ADD y
STORE z
```


Le operazioni elementari

- Ogni istruzione del linguaggio macchina viene eseguita da un microprocessore svolgendo una serie di passi: le *operazioni elementari*
- Il numero di operazioni elementari necessario a portare a compimento un'istruzione in linguaggio macchina è dell'ordine di 7-10

Linguaggi macchina: problemi

- Sono specifici della macchina
- Occorre conoscere l'architettura della macchina per scrivere programmi
- I programmi non sono trasportabili
- I codici sono poco leggibili
- I programmatori si specializzano nel cercare efficienza su una macchina specifica, anziché concentrarsi sul problema

Traduzione dei linguaggi

- Il *concetto di traduzione* dei linguaggi ha permesso l'evoluzione verso sistemi simbolici più espressivi e più facilmente manipolabili dai programmatori
- Il programmatore scrive un programma in un linguaggio ad alto livello senza preoccuparsi della macchina che esegue il programma
- Il ***compilatore*** viene predisposto per una piattaforma specifica e poi traduce tutti i programmi scritti in uno specifico linguaggio ad alto livello

Programma compilatore

- Un compilatore di un linguaggio L (Pascal, C, FORTRAN, ...) per una macchina X, è un programma che:
  - preso in ingresso P, il programma sorgente, scritto nel linguaggio L
  - produce in uscita P', il programma oggetto, equivalente a P scritto nel linguaggio della macchina X

Programma compilatore

- Il programma sorgente è indipendente dalla piattaforma
- Il programma oggetto è dipendente dalla piattaforma
- Il compilatore può tradurre le istruzioni scritte in un linguaggio ad alto livello, poiché questo è descritto da regole sintattiche precise
  - Necessità di strumenti formali per la descrizione delle regole (**tavole sintattiche**, **grammatiche**, **BNF**)

Esigenza di una macchina astratta

- Il significato delle istruzioni in linguaggio macchina è descritto in termini di funzionamento del processore (semantica operazionale)
  - `LOAD R1 102`
  - ha l'effetto di copiare il valore della locazione di memoria `102` nel registro `R1`

....

Il ruolo della macchina astratta

- I linguaggi ad alto livello introducono un livello d'astrazione rispetto all'architettura della macchina
- Il significato delle istruzioni di un linguaggio ad alto livello è descritto riferendosi ad una macchina astratta
- Il programmatore pensa in termini delle operazioni della macchina astratta e non del processore

Programma interprete

- Un interprete è un programma che simula direttamente una macchina astratta
  - Legge ogni istruzione contenuta nel programma P, ed effettua immediatamente, utilizzando la macchina sottostante, le operazioni corrispondenti al suo significato
- I linguaggi compilati
  - Pascal, C
- I linguaggi interpretati
  - Lisp, Prolog

Descrizione dei linguaggi

- Come i linguaggi naturali anche quelli simbolici possono essere descritti a tre livelli, consentendoci di rispondere a domande diverse:
- **Grammatica**
  - *questa frase è corretta*?
- **Semantica**
  - *cosa significa questa frase*?
- **Pragmatica**
  - *Come usare una frase corretta e sensata*?

Sintassi e semantica

- Le ***regole di grammatica*** o ***sintassi*** definiscono come si devono comporre
  - i simboli dell'alfabeto per comporre parole del linguaggio e
  - le parole per formare istruzioni corrette
- La ***semantica*** di un'istruzione definisce cosa questa significhi (lo scopo dell'istruzione)
- Un programma sintatticamente corretto non è necessariamente semanticamente corretto
- I programmi fanno quello che prescriviamo che facciano e non quello che vorremmo che facessero

Sintassi

- Il sistema di regole formali che definisce il linguaggio
  - Le parole, i simboli e il modo di organizzarli
- Consente di stabilire se un'istruzione è ***ben formata***
  - È corretto scrivere **se *x* + *n* > *m* allora STOP** ?
- Facilitano il compito al programmatore
- I programmi devono essere tradotti nel linguaggio nativo della macchina

Descrivere le regole sintattiche

- Formalismi per scrivere le regole sintattiche dei linguaggi:
  - **Grammatiche**
  - **Forma di Backus-Naur** (BNF)
  - **Tavole sintattiche** o grafi sintattici

BNF

La sintassi dei numeri reali

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


Grammatica

- Una grammatica G è una quadrupla $\{T, N, P, S\}$ dove:
  - T è un insieme finito di simboli terminali
  - un insieme finito N di simboli non terminali: i *metasimboli*
  - un insieme finito P di regole di produzione
  - un simbolo iniziale S, appartenente all'insieme dei simboli non terminali N, utilizzato come punto di partenza nella costruzione delle sentenze

Primo esempio

T = {`Paolo`, `Francesca`, `legge`, `dorme`}

N = {*frase*, *soggetto*, *predicato*}

S = *frase*

P l'insieme delle regole di produzione espresse in *BNF* (*Backus- Naur form*):

frase	::= *soggetto predicato*
soggetto	::= `Paolo` | `Francesca`
predicato	::= `legge` | `dorme`

Linguaggio generato

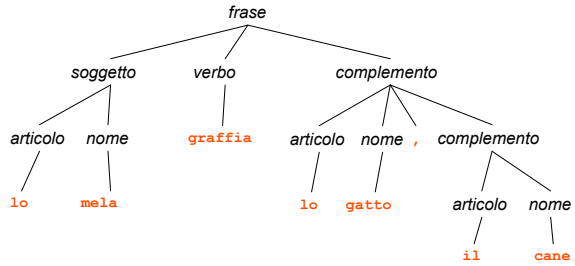
- Una grammatica consente di ***produrre*** frasi del linguaggio e di ***decidere*** quali frasi vi appartengono
- Il linguaggio generato da G è l'insieme di tutte le sequenze di simboli terminali ottenibili applicando le regole di produzione dell'insieme P, a partire dal simbolo iniziale S
- L'esempio:
  - `Paolo legge`, `Francesca dorme`
  - Ma non `legge Paolo`, o `Dario dorme`

Un altro esempio

T = {`il`, `lo`, `la`, `cane`, `mela`, `gatto`, `mangia`, `graffia`, `,`}
N = {*frase*, *soggetto*, *verbo*, *complemento*, *articolo*, *nome*}
S = *frase*
P l'insieme delle regole espresse in *BNF* (*Backus- Naur form*):

frase	::= *soggetto verbo complemento*
soggetto	::= *articolo nome*
articolo	::= `il` | `la` | `lo`
nome	::= `cane` | `mela` | `gatto`
verbo	::= `mangia` | `graffia`
complemento	::= *articolo nome* | *articolo nome* `,` *complemento*

Una produzione



Linguaggio delle stringhe palindrome

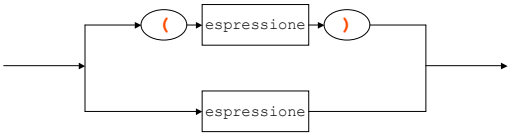
- Linguagggio delle stringhe palindrome a partire dai simboli dell'alfabeto A = {a, b}
- Definizione ricorsiva: data una stringa palindrome s allora asa e bsb sono palindrome (passo induttivo). Le stringhe a e b sono palindrome (passo base).
- Si osservi che in questo modo si ottengono solo le stringhe palindrome di lunghezza dispari e non si può ottenere la stringa, ad esempio, abba che pure è palindroma
- Definizione induttiva modificata
  - $P \rightarrow$
  - $P \rightarrow$ `a`
  - $P \rightarrow$ `b`
  - $P \rightarrow$ `asa`
  - $P \rightarrow$ `bsb`

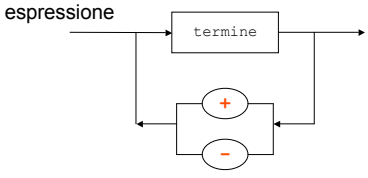
Le carte sintattiche

- Le regole di produzione possono essere espresse per mezzo di diagrammi detti carte sintattiche
- Una carta sintattica per ciascun simbolo non terminale della grammatica
  - i rettangoli indicano simboli non terminali (che andranno espansi con le carte sintattiche corrispondenti)
  - gli ovali indicano simboli terminali, che quindi non devono essere espansi ulteriormente
  - ogni biforcazione indica un'alternativa

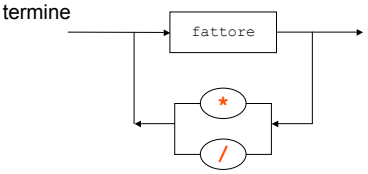
Esempio di carte sintattiche

Per descrivere un'espressione

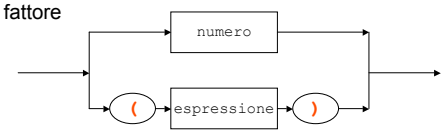




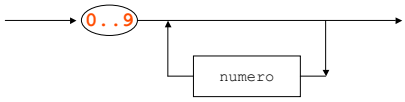
termine



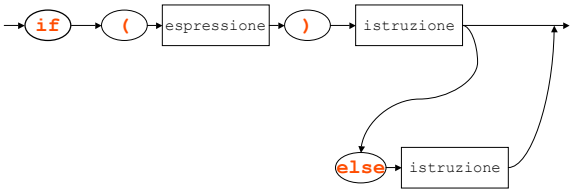
fattore



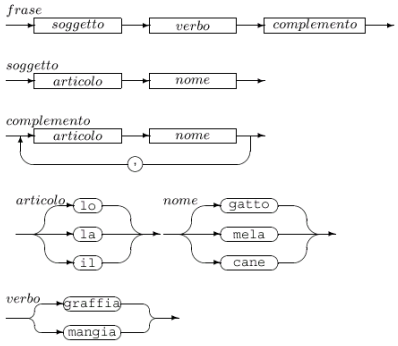
numero



Istruzione condizionale



L'esempio precedente



Semantica

- Specifica il significato di un programma
- Esempio: una sintassi per descrivere le date:

```
<data>::=
  <cfr><cfr> . <cfr><cfr> . <cfr><cfr><cfr><cfr>
<cfr>::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9
```

- Quindi `01.02.2001` è una data
- Ma il giorno a cui questa data si riferisce non è identificato dalla sintassi
  - `01.02.2001` in USA identifica il 2 Gennaio 2001
  - `01.02.2001` in Europa identifica il 1 Febbraio 2001
- La stessa *frase* ha significati diversi in contesti diversi