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

Linguaggi con diversa espressività

- Evoluzione verso sistemi di codici complessi e strutturati, orientati più all'uomo che alla macchina
- Linguaggi ad ***alto livello*** e a ***basso livello*** ovvero *i linguaggi macchina*
- Come si passa da un programma in un linguaggio ad alto livello ad uno in linguaggio macchina?

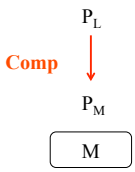
La traduzione dei linguaggi

- 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

Compilatore

- è un programma che riceve come dato un generico programma P_L, scritto in un linguaggio ad alto livello L, e restituisce un programma P_M equivalente eseguibile dalla macchina M
- Un vero e proprio traduttore
- Il programma dato viene eseguito solo al termine del processo di traduzione
- Il programma originario P_L o ***sorgente*** viene tradotto nel programma P_M ***oggetto***

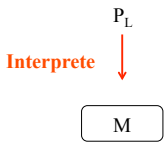
Compilatore



Interprete

- Un interprete è un programma che riceve come dati di ingresso il programma P_L e i dati su cui questo deve operare
- Non produce una traduzione del programma in toto ma traduce ed esegue direttamente una istruzione alla volta operando sui dati che gli sono stati forniti
- Una sorta di traduzione simultanea

Interprete



Compilazione vs interpretazione

- Le due tecniche sono equivalenti quanto a potenza espressiva
- Ogni linguaggio può essere compilato o interpretato o basarsi su tecnica mista
- Ragioni di efficienza e praticità suggeriscono la soluzione appropriata
  - Linguaggi compilati: Pascal, C
  - Linguaggi interpretati: Lisp, Prolog

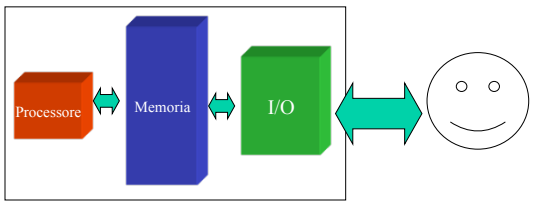
Il linguaggio del processore

- 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

Il processore

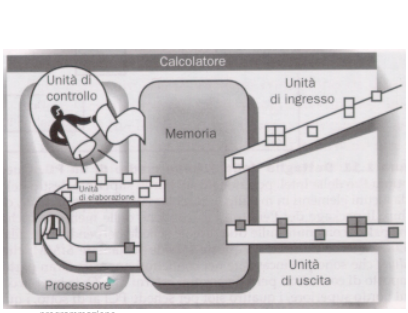
- Il datapath o unità di elaborazione
  - L'insieme dei circuiti che operano e manipolano i dati
- Il controller
  - L'insieme dei circuiti che interpretano un programma e sovraintendono all'esecuzione delle istruzioni da parte delle altre componenti del calcolatore

Schema dell'architettura



Schema delle interconnessioni

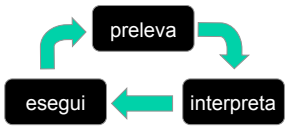
- Le componenti sono tra loro interconnesse



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**

Linguaggio macchina

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

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` `DIV 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 `x` e `y` salvare il risultato nella variabile `z`
- In un linguaggio da alto livello: `z = x + y`
- Nel linguaggio macchina descritto:

```
LOAD R1, x
LOAD R2, y
ADD R1, R2
STORE R1, z
```


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

```
alfa:  LOAD R1, 101
       LOAD R2, 102
       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
```


Spiegazione

- **DIV R1 R2** modifica il registro I operando assegnadogli il valore del quoziente
  - Se R1=17 e R2=3 modifica R1=5 e R2 rimane 3
- **MUL R1 R2** modifica il registro I operando assegnadogli il valore del prodotto
  - modifica R1=15 e R2 rimane 3
- **SUB R1 R2** modifica il registro I operando assegnandogli il valore della sottrazione
  - modifica R1=12 e R2 rimane 3

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

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

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

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 e al compilatore che è definito in funzione della sintassi
  - I programmi devono essere tradotti nel linguaggio nativo della macchina

Traduzione del programma

- Necessità di strumenti formali per la descrizione delle regole (**tavole sintattiche**, **grammatiche**, **BNF**)
  - La traduzione è facilitata dalla descrizione formale del linguaggio
- Il compilatore può tradurre le istruzioni scritte in un linguaggio ad alto livello, poiché questo è descritto da regole sintattiche precise

Descrivere le regole sintattiche

- Formalismi per scrivere le regole sintattiche dei linguaggi:
  - **Grammatiche**
  - **Forma di Backus-Naur** (BNF) sviluppata tra il '55 e il '60 per definire Algol
  - **Tavole sintattiche** o grafi sintattici

BNF

La sintassi per definire numeri naturali

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


BNF

La sintassi per definire 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* o *categorie sintattiche*
  - 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*>

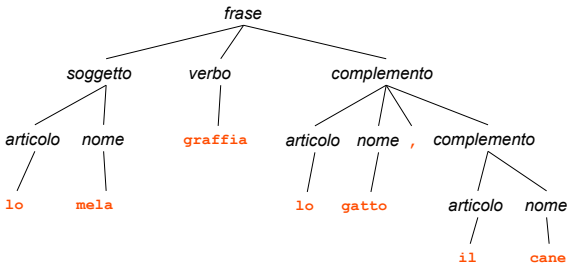
<*articolo*> ::= `il` | `la` | `lo`

<*nome*> ::= `cane` | `mela` | `gatto`

<*verbo*> ::= `mangia` | `graffia`

<*complemento*> ::= <*articolo*> <*nome*> |
<*articolo*> <*nome*>`,` <*complemento*>

Una produzione



Una derivazione

- Una frase è corretta se deriva dalla sintassi: Ad esempio: `il cane mangia la mela`
- Deriviamo come <*soggetto*> `il cane`. Deve seguire <*verbo*> <*complemento*>
- Deriviamo `mangia` dalla regola <*verbo*>
- E `la mela` dalla regola <*complemento*>

Linguaggi regolari

- I *linguaggi regolari* sono derivati da *grammatiche regolari*
- Le grammatiche regolari costituiscono una classe semplice ma molto importante per le applicazioni concrete
- Le regole sono solo di due formati. Nella parte destra della produzione:
  - appare un simbolo terminale seguito da un simbolo non terminale
  - appare solo un simbolo terminale
- La grammatica che definisce i numeri naturali è quindi regolare
- Anche la grammatica seguente - che definisce il linguaggio delle sequenze di parentesi aperte e chiuse correttamente, con simbolo iniziale `<parseqo>` e simboli terminali `{, }, .`:
  - `<parseqo> → { <parseqc> | { <parseqe>`
  - `<parseqc> → } <parseqo>`
  - `<parseqe> → } .`

Linguaggio delle stringhe palindrome

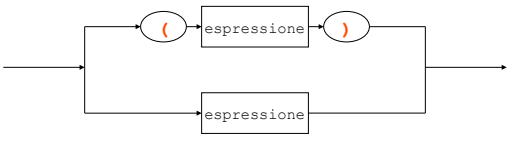
- Linguagggio delle stringhe palindrome a partire dai simboli dell'alfabeto A = {a, b}
- Definizione ricorsiva: data una stringa palindrome s allora asa e bsb sono palindrome (passo induttivo). Le stringhe a e b sono palindrome (passo base).
- Si osservi che in questo modo si ottengono solo le stringhe 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

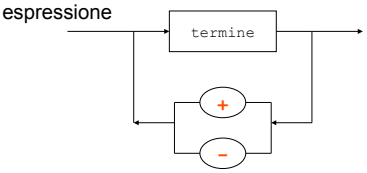
- Le regole di produzione possono essere espresse per mezzo di diagrammi detti carte sintattiche
- Una carta sintattica per ciascun simbolo non terminale della grammatica
  - i rettangoli indicano simboli non terminali (che andranno espansi con le carte sintattiche corrispondenti)
  - gli ovali indicano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

Esempio di carte sintattiche

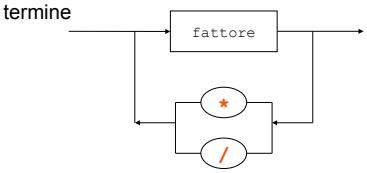
Per descrivere un'espressione



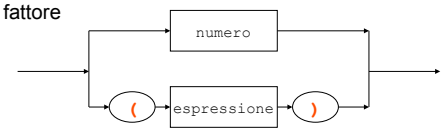
espressione



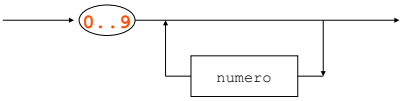
termine



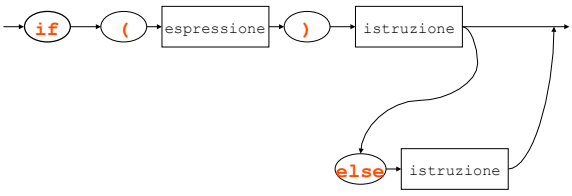
fattore



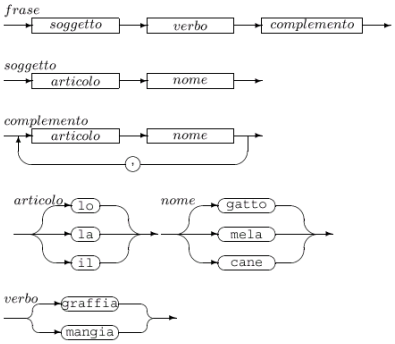
numero



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|10|11|12
```

- 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