



Università degli Studi di Bologna
Facoltà di Ingegneria

Corso di Fondamenti di Informatica L-A

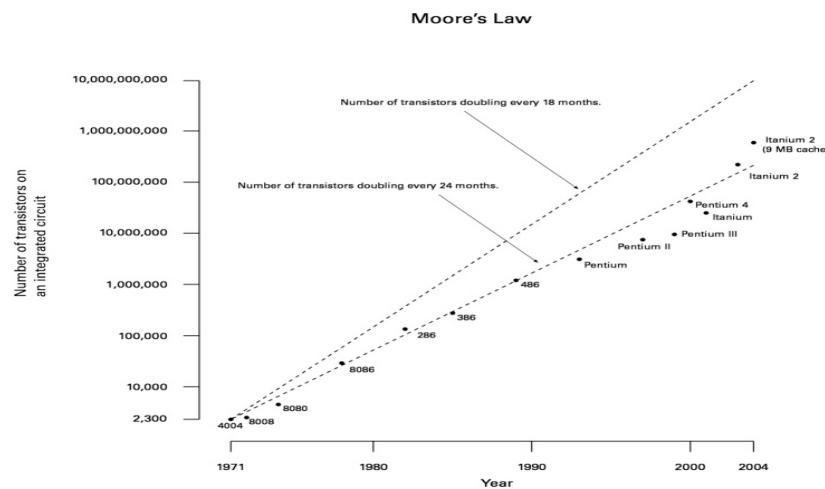
<http://lia.deis.unibo.it/Courses/FondA0708-ELE/>

**Corsi di Laurea in Ingegneria Elettronica e
Ingegneria delle Telecomunicazioni**

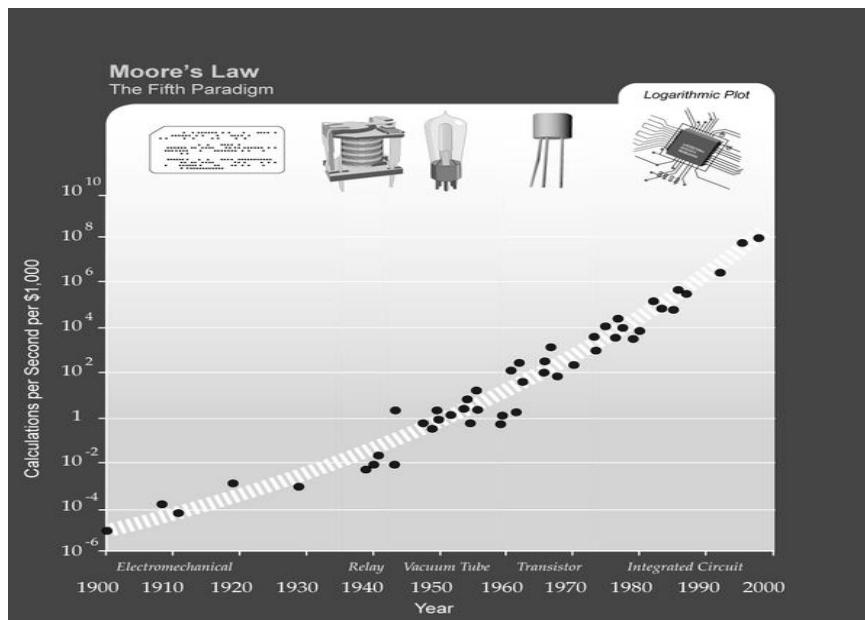
Prof. Paolo Torroni

Anno Accademico 2007-2008

Fondamenti di Informatica L- A



Fondamenti di Informatica L- A



Fondamenti di Informatica L- A

Argomenti del corso

Sviluppo di programmi

- Introduzione agli **elaboratori elettronici** come strumenti per risolvere problemi
- **algoritmi e linguaggi di programmazione**
- **progetto** della soluzione di problemi su **piccola scala**
- **Linguaggio C**

Fondamenti di Informatica L- A

Obiettivi

- Conoscere i principi e gli strumenti di base della programmazione
- Saper esprimere la soluzione a un problema semplice (*algoritmo*) e codificarla in un linguaggio di programmazione (*programma*).
 - Conoscenza dei concetti di base dell'informatica
 - Conoscenza di un linguaggio di programmazione e dei relativi strumenti per il suo utilizzo
 - Saper *progettare* e costruire *programmi* che risolvano *semplici* problemi.

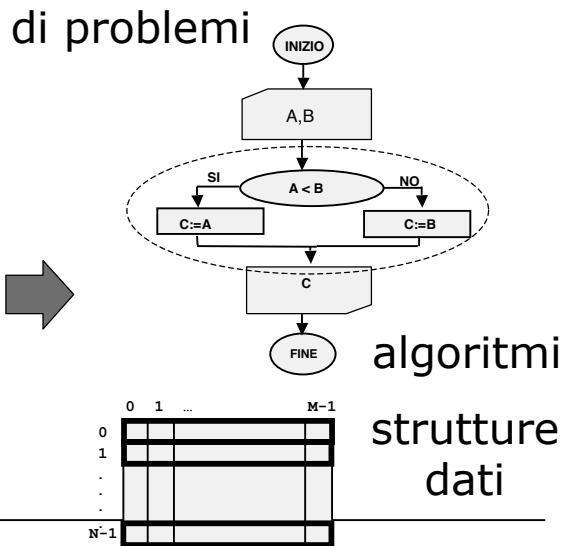
Fondamenti di Informatica L- A

Percorso didattico

1 Risoluzione di problemi



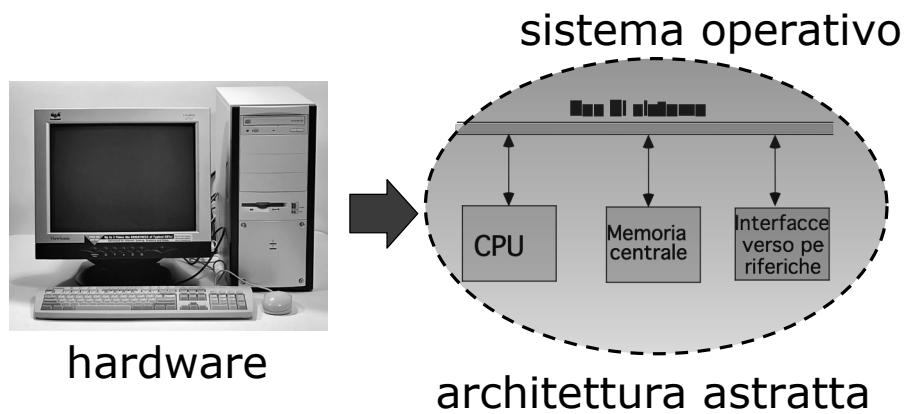
specifiche



Fondamenti di Informatica L- A

Percorso didattico

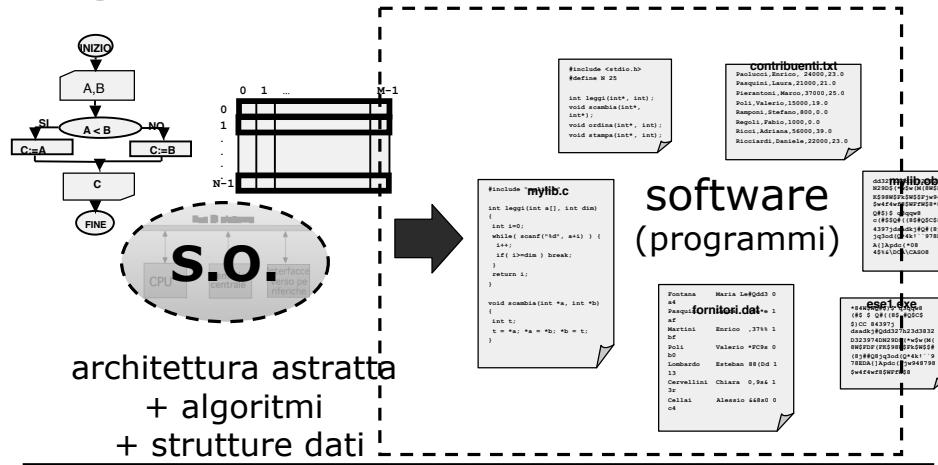
2 Architetture



Fondamenti di Informatica L- A

Percorso didattico

3 Il linguaggio C



Fondamenti di Informatica L- A

Programma del corso

Elementi di programmazione

1

- Metodi per l'analisi e la risoluzione di un problema. Algoritmi. Rappresentazione degli algoritmi con diagrammi di flusso.
- Metodologia di sviluppo top-down e bottom-up.
- Linguaggi di programmazione. Alfabeto, sintassi e semantica. Formalismo BNF. Fasi di sviluppo di un programma.
- Progetto di una soluzione: modularità, riusabilità, leggibilità del codice, cenni di complessità, scelte ingegneristiche.

Architettura dei sistemi di elaborazione

2

- Hardware e Software. Componenti di un calcolatore elettronico. Gerarchia delle memorie. Funzionamento di una CPU. Funzioni del sistema operativo.
- Architettura astratta di Von Neumann.

Fondamenti di Informatica L- A

Programma del corso

Il linguaggio C

3

- Alfabeto e sintassi del C.
- Tipi di dato scalari e strutturati. Espressioni. Variabili. Dichiarazione/definizione, quantificatori e qualificatori, assegnamento, regole di visibilità e tempo di vita.
- Istruzioni composte, condizionali e cicli.
- Vettori, matrici, record, tavole, puntatori. Funzioni sulle stringhe.
- Funzioni e procedure. Tecniche di passaggio dei parametri. Il modello a run-time del C. Ricorsione.
- Istruzioni di ingresso/uscita. File.
- Librerie standard.

Fondamenti di Informatica L- A

Attività in laboratorio

- È **parte integrante dell'attività didattica**
 - **Attività parzialmente guidata**
 - Il più possibile: applicazione di concetti già visti a lezione
 - Schede di esercitazioni da svolgere in laboratorio
 - Due gruppi, con lezioni ripetute
 - Mercoledì 15-17 Turno1 [A-L]
 - Giovedì 15-17 Turno2 [M-Z]
- *Inizio laboratorio: domani*

Fondamenti di Informatica L- A

Modalità d'esame

1. prova pratica di laboratorio
2. prova scritta
3. [orale facoltativo]

Riguardo alla *prova scritta*, per chi intende frequentare il corso, ci sono 2 possibilità:

- sostenere lo scritto mediante due "prove parziali" (la prima in itinere)
- sostenere lo scritto in un'unica soluzione ("appelli ordinari")

Fondamenti di Informatica L- A

Esame: prove parziali

1. Una prova **scritta "in itinere"** (**10/11/2007**)
2. Una prova **pratica in laboratorio** (**6/12/2007**)
3. Una seconda prova **scritta – "secondo parziale"** (**19/12/2005**)
4. Un **eventuale orale** (facoltativo)

Voto complessivo =

1/3 voto	18..33	vale + 2/3 voto	18..33	viale
+ voto_pratica	0..2			
+ voto_orale	-2..2			

[30..32] → 30; 33+ → 30 e lode

Fondamenti di Informatica L- A

Esame: appelli ordinari

1. Una prova **pratica** (**6/12/2007, ...**)
2. Una prova **scritta** (**16/1/2007, ...**)
3. Un **eventuale orale** (facoltativo)

Voto complessivo =

voto_prova_scritta
+ voto_prova_pratica
+ voto_orale

18..33
0..2
-2..2

[30..32] → 30; 33+ → 30 e lode

Fondamenti di Informatica L- A

Contenuto delle prove d'esame

- **Prova pratica in laboratorio:**

- Risoluzione di un problema mediante **sviluppo** di un semplice programma in linguaggio C

- **Prove scritte:**

- Analisi, progetto e sintesi di programmi
- Verifica di **concetti teorici** trattati nel corso

- **Prova orale:**

- verifica approfondita sui concetti illustrati nel corso

Fondamenti di Informatica L- A

Da tenere a mente...

- Iscrizione a prove pratiche/scritte tramite **uniwex**
- Possibile iscriversi al secondo parziale se
 - si è superato il **primo parziale**
 - si è superata la **prova pratica**
- Superamento della **prova pratica** necessario per iscrizione a scritti ordinari
- Voto della prova pratica resta valido indipendentemente dall'esito della prova scritta
- **Prove valide 6 mesi**
- Compiti in visione 2 settimane
- Registrazione del voto entro 2 mesi

Fondamenti di Informatica L- A

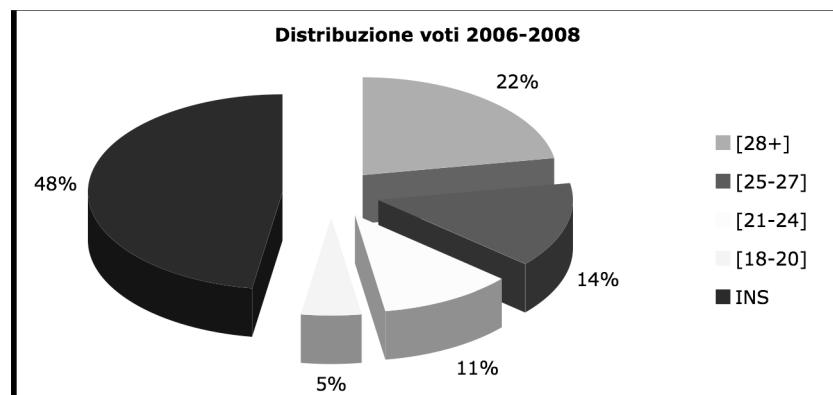
In sede d'esame...

- Richiesto documento di riconoscimento
- Non verranno tollerati in alcun caso comportamenti disonesti
 - Sanzioni disciplinari
- Prova pratica: è consentito consultare materiale proprio
- Prova scritta: è vietato consultare materiale proprio

Tutte le regole sul sito web del corso

Fondamenti di Informatica L- A

Un po' di statistiche



Fondamenti di Informatica L- A

Interazione docente-studenti

- **Ricevimento:** Lun 15-17 (appuntamento)
- **E-mail:** paolo.torroni@unibo.it
- **Telefono:** 051 20 93767
- **Sito WEB del corso:**
<http://lia.deis.unibo.it/Courses/FondA0607-ELE>
- **Iscrizione esame:**
<https://uniwex.unibo.it/>

Fondamenti di Informatica L- A

Il sito web del corso

<http://lia.deis.unibo.it/Courses/FondA0708-ELE>

- Il vostro punto di riferimento per:
 - materiale didattico (lezioni, esercizi)
 - software gratuito (compilatore *lcc*)
 - date e testi degli esami (qualche soluzione)
 - ecc.
- Unica fonte di informazioni “ufficiale”:
news
⇒ non verranno appesi messaggi cartacei per il dipartimento...

Fondamenti di Informatica L- A

Software

- Linguaggio C:
 - In laboratorio:
 - compilatore LCC (gratuito, scaricabile dal sito Web)
 - Per l'attività a casa:
 - LCC
 - qualunque altro compilatore C

Fondamenti di Informatica L- A

Testi di riferimento

- **Architettura**
 - Andrew S. Tanenbaum. "Architettura dei calcolatori: un approccio strutturale"
Quinta edizione, Pearson Education Italia, 2007
- **Concetti generali e linguaggio C**
 - Ceri, Mandrioli, Sbattella. "Informatica: programmazione"
Seconda edizione. McGraw-Hill, Milano, 2004
- **Linguaggio C (molti esempi!)**
 - Deitel, Deitel. "C: Corso completo di programmazione"
Terza edizione, Apogeo, 2007
- **Lucidi delle lezioni**
 - Quasi integralmente sul sito web del corso
 - Sono SOLO UNA TRACCIA di ciò che bisogna studiare sui libri e sperimentare sul calcolatore.

Fondamenti di Informatica L- A

Orario delle Lezioni

- Martedì 11-14 aula 6.2
- Venerdì 11-14 aula 0.5
- *Solo per questa settimana:* in aggiunta alle lezioni regolari, mercoledì e giovedì dalle 9 alle 11 in aula 6.2 (scambio con prof. di Analisi, Giovanni Dore)
- ➔ AVVISO: le lezioni di Analisi Matematica L-A cominceranno la prossima settimana
➔ la lezione del 28/9 ore 9-11 aula 0.5 non si terrà

Orario del Laboratorio

- Due turni:
 - Mercoledì 15-17 (A-L)
 - Giovedì 15-17 (M-Z)
- Inizio il 26/10/2007
- Tre date per esercitazioni individuali

Fondamenti di Informatica L- A

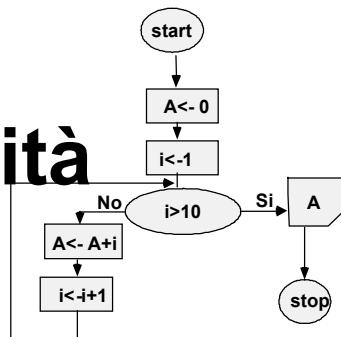
Informazioni logistiche



Fondamenti di Informatica L- A

Informatica Algoritmi e Strutture dati

- 1. Eseguibilità**
- 2. Non ambiguità**
- 3. Finitezza**



Fondamenti di Informatica L- A

Cos'è l'INFORMATICA ??

Il termine "*informatica*" ha un' accezione molto ampia.

Esistono varie definizioni:

- l'**informatica** è la scienza che si occupa della conservazione, dell'elaborazione e della rappresentazione dell'informazione.
- l'**informatica** è la scienza che si occupa dello studio dei fondamenti teorici dell'informazione e del calcolo e della loro implementazione e applicazione nei calcolatori
- ...
- Scienza dei calcolatori elettronici, scienza dell'informazione, ...
- Computer science, information science, ...
- ...

➔ Definizione proposta nell'ambito di questo corso:
 "Scienza della rappresentazione e dell'elaborazione automatica
 dell'informazione."

Fondamenti di Informatica L- A

Informatica

Informazione: tutto ciò che può essere **rappresentato** all'interno di un computer è informazione:

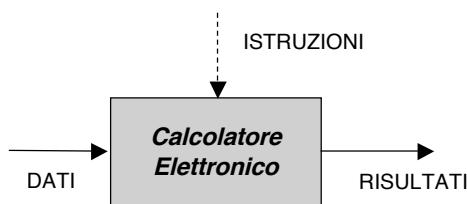
- Numeri
- Caratteri, parole e testi
- Immagini
- Suoni
- Filmati
- comandi (istruzioni) e sequenze di comandi (programmi) che il calcolatore deve eseguire
- Le modalità di **rappresentazione** dipendono dalle caratteristiche dell'elaboratore.

Elaboratore Elettronico (computer):
è lo strumento per la rappresentazione e l'elaborazione delle informazioni.

Fondamenti di Informatica L- A

Programmazione

- È l'attività con cui si predisponde l'elaboratore ad eseguire un particolare insieme di azioni su particolari informazioni (*dati*), allo scopo di risolvere un certo problema.



Fondamenti di Informatica L- A

Problemi?

I problemi che siamo interessati a risolvere con l'elaboratore sono di natura molto varia. Ad esempio:



- Semplici operazioni aritmetiche (somma di due numeri interi)
- Applicazioni matematiche (dati a e b, risolvere l'equazione $ax+b=0$)
- Ordinamento di dati (dato un'insieme di parole, metterle in ordine alfabetico)
- Operazione di ricerca di informazioni (dato un elenco di nomi e relativi numeri di telefono trovare il numero di telefono di una determinata persona)
- Operazioni statistiche (dati gli archivi dei dipendenti di un'azienda, calcolare lo stipendio medio del dipendente dell'azienda)
- Applicazioni multimediali (elaborazione/trasformazione di sequenze di immagini, gaming, entertainment, ...)
- Gestioni di grandi quantità di informazioni (gestione di basi di conoscenze, database, datawarehousing, business process...)
- Applicazioni web (portali, customer care, ordini, vendite on-line, news, virtual enterprise...)
- Applicazioni di calcolo scientifico e di progetto industriale (simulazioni, progetto, derivate finanziarie, previsioni metereologiche)

Fondamenti di Informatica L- A

Risoluzione dei Problemi

- La descrizione del problema non fornisce (in genere) un metodo per calcolare il risultato.
- Non tutti i problemi sono risolvibili attraverso l'uso del calcolatore. In particolare esistono classi di problemi per le quali la soluzione automatica non è proponibile.
- **Ad esempio:**
 - se il problema presenta infinite soluzioni
 - per alcuni dei problemi **non è stato trovato** un metodo risolutivo.
 - per alcuni problemi e' stato dimostrato che **non esiste** un metodo risolutivo automatizzabile

Noi ci concentreremo sui problemi che, ragionevolmente, ammettono un metodo risolutivo (esprimibile mediante una **funzione calcolabile**).

Fondamenti di Informatica L- A

1

Risoluzione di un problema

Con questo termine si indica il processo che:

- dato un problema, e
- individuato un metodo risolutivo

trasforma i dati iniziali nei corrispondenti risultati finali.

- Affinché la risoluzione di un problema possa essere realizzata attraverso l'uso del calcolatore, tale processo deve poter essere definito come sequenza di **azioni elementari**, esprimibili mediante **istruzioni**.

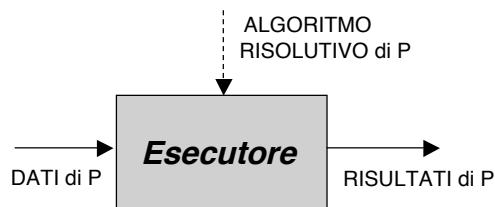
Fondamenti di Informatica L- A

1

ALGORITMO

È l'**insieme ordinato** delle azioni che risolve un dato problema P.

- l'algoritmo descrive un metodo risolutivo attraverso un insieme ordinato di azioni.
- l'esecuzione dell'algoritmo è affidata ad un generico "**esecutore**", cioè una macchina astratta (non necessariamente un calcolatore !) in grado di interpretare ed eseguire ogni azione specificata nell'ordine indicato.



Fondamenti di Informatica L- A

1

Esecutore e istruzioni primitive

- Ad un generico esecutore è implicitamente associato un insieme di istruzioni primitive (set di istruzioni):
 - sono le sole istruzioni che è in grado di interpretare ed eseguire.

Fondamenti di Informatica L- A

1

Esempio: la preparazione del caffè

Esecutore: essere umano corredato di caffettiera "moka", cucina a gas e macina-caffè;

Algoritmo:

1. **svitare** la caffettiera;
2. se si dispone di caffè macinato:
 - **riempire** il filtro con il caffè macinato,
 - altrimenti se si dispone di caffè in chicchi:
 - **macinarlo** e ripetere il punto 2;
 - altrimenti **terminare** (il caffè non si può fare..).
3. **riempire** la parte inferiore della caffettiera con acqua;
4. **inserire** il filtro nella macchina;
5. **avvitare** la caffettiera;
6. **accendere** il fuoco a gas;
7. **collocare** la moka sul fuoco;
8. **attendere** l'uscita del caffè;
9. **spegnere** il fuoco;
10. **fine** (il caffè è pronto).

Fondamenti di Informatica L- A

1

Esempio: la preparazione del caffè

Esecutore: essere umano corredata di caffettiera "moka", cucina a gas e macina-caffè;

Set di istruzioni:

- operazioni fondamentali sulla caffettiera:
 - svitare
 - avvitare
 - riempire il filtro
 - riempire con acqua
- operazioni fondamentali sulla cucina a gas:
 - accendere
 - spegnere
- operazioni fondamentali sul macina-caffè:
 - macinare
- altre operazioni:
 - verifica di condizioni
 - ripetizione di operazioni
 - attesa
 - ..

Fondamenti di Informatica L- A

1

Proprietà fondamentali dell'Algoritmo

1. **Eseguibilità:** ogni "istruzione" deve essere eseguibile da parte dell'esecutore dell'algoritmo;
 2. **Non Ambiguità:** ogni istruzione deve essere univocamente interpretabile dall'esecutore
 3. **Finitezza:** il numero totale di azioni da eseguire, per ogni insieme di dati di ingresso, è finito.

➔ se almeno una delle 3 proprietà non è soddisfatta, la sequenza non è un algoritmo.

Altre proprietà desiderabili:

- **generalità:** corretto funzionamento dell'algoritmo anche variando alcuni aspetti del problema (ad esempio, la dimensione dell'insieme dei dati, il tipo dei dati, ecc.)
- **efficienza:** tanto minore è il numero di azioni eseguite per la risoluzione del problema, tanto maggiore è l'efficienza.
- **determinismo:** possibilità di prevedere esattamente prima dell'esecuzione la sequenza di azioni che verranno eseguite, per ogni insieme di dati.
- ..

Fondamenti di Informatica L- A

1

Algoritmi e Programmi

- Se l'esecutore è un **elaboratore elettronico**:
 1. è necessario conoscere **l'insieme di istruzioni** che è in grado di interpretare/eseguire
 2. è necessario conoscere quali **tipi di informazione** (dati) è in grado di rappresentare

Gli aspetti 1. e 2. sono peculiari del **formalismo** scelto per esprimere l'algoritmo all'interno del sistema di elaborazione, cioè del

Linguaggio di Programmazione

Fondamenti di Informatica L- A

1

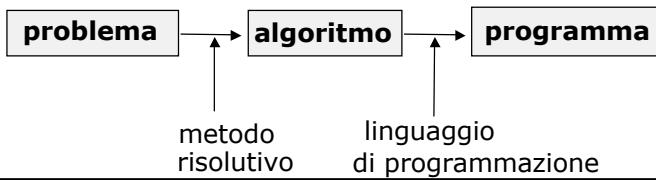
Algoritmi e Programmi

Quindi:

Dato un problema P, la sua soluzione può essere ottenuta mediante l'uso del calcolatore, compiendo i seguenti passi:

1. individuazione di un **metodo risolutivo**
2. scomposizione del procedimento in insieme ordinato di azioni: **algoritmo**
3. rappresentazione dei dati e dell'algoritmo attraverso un formalismo comprensibile per l'elaboratore (il linguaggio di programmazione).

Si ottiene così il **PROGRAMMA**, che potrà essere eseguito dall'elaboratore per risolvere automaticamente ogni istanza del problema P.



Fondamenti di Informatica L- A

1

Algoritmi equivalenti

Due algoritmi si dicono equivalenti quando:

- hanno lo stesso dominio dei dati (dominio di ingresso);
- hanno lo stesso dominio dei risultati (dominio di uscita);
- in corrispondenza degli stessi valori nel dominio di ingresso producono gli stessi valori nel dominio di uscita

Due algoritmi equivalenti:

- forniscono lo stesso risultato
- possono essere profondamente diversi
- possono avere differente efficienza

Fondamenti di Informatica L- A

1

Algoritmi Equivalenti: Calcolo del massimo comun divisore

Dati due interi m ed n, calcolare il massimo comune divisore di essi.

Algoritmo a:

1. Calcola l'insieme I dei divisori di m
2. Calcola l'insieme J dei divisori di n
3. Calcola l'insieme K dei divisori comuni:
$$K = I \cap J$$
4. Calcola il massimo in K: questo e' il risultato

Fondamenti di Informatica L- A

1

Algoritmi Equivalenti: Calcolo del massimo comun divisore

Algoritmo b: si basa sul *metodo di Euclide*: detta *mcd* la funzione che calcola la soluzione del problema, la sua definizione è data come segue:

- $mcd(m,n) = m$ (oppure n) se $m=n$
- $mcd(m,n) = mcd(m-n, n)$ se $m>n$
- $mcd(m,n) = mcd(m, n-m)$ se $m<n$

Quindi l'algoritmo b si può esprimere così:

1. Finché m è diverso da n ripeti le seguenti azioni:
 - se $m>n$ sostituisci a m il valore $(m-n)$
 - altrimenti sostituisci a n il valore $(n-m)$
2. Il massimo comun divisore è n

➤ **Gli algoritmi a e b sono equivalenti.**

Fondamenti di Informatica L- A

1

Rappresentazione di Algoritmi: Diagrammi di flusso

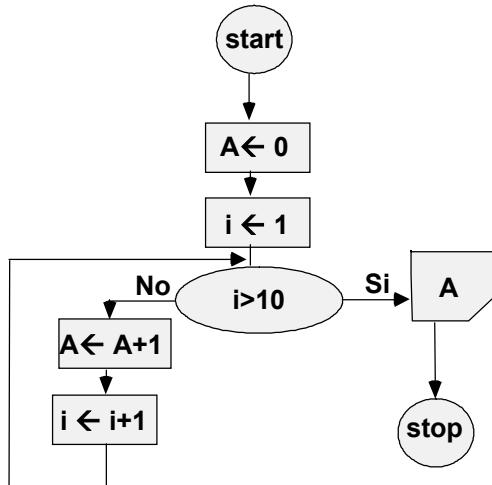
E' un formalismo che consente di rappresentare graficamente gli algoritmi.

- un **diagramma di flusso** descrive le azioni da eseguire ed il loro ordine di esecuzione.
- ad ogni tipo di **azione** corrisponde un simbolo grafico (**blocco**) diverso.
- ogni blocco ha un ramo in ingresso ed uno o piu' rami in uscita; collegando tra loro i vari blocchi attraverso i rami, si ottiene un diagramma di flusso
- un diagramma di flusso appare, quindi, come un insieme di blocchi, collegati fra loro da linee orientate che specificano la sequenza in cui i blocchi devono essere eseguiti (flusso del controllo di esecuzione).

Fondamenti di Informatica L- A

1

Esempio



Fondamenti di Informatica L- A

1

Diagrammi di Flusso

- **Dati:**

- **Variabile:** Rappresenta un dato ed è individuata da un nome simbolico cui è assegnato un valore che può cambiare durante l'esecuzione dell'algoritmo.
- **Costante:** è una grandezza nota a priori, il cui valore non cambia durante l'esecuzione.

- **Blocco (o istruzione):** rappresenta una operazione mediante un simbolo grafico

- **Blocco semplice:** esecuzione di una singola operazione elementare sui dati
- **Blocco condizione:** in base al verificarsi di una condizione, permette di differenziare il comportamento dell'algoritmo, mediante la scelta tra due alternative.

Fondamenti di Informatica L- A

1

Diagrammi di Flusso

- **Espressioni:** sequenze di variabili e costanti combinate fra loro mediante **operatori**
 - operatori aritmetici: ad esempio {+, -, *, /}:
 $s + 5 \rightarrow$ producono un risultato *aritmetico*
 - operatori logici e relazionali: ad esempio {and, or, not} e {<, >, =, ≤, ≥, ≠}
 $\text{not}(C > B) \rightarrow$ producono un risultato *logico* {*vero*, *falso*}

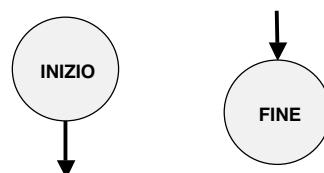
Fondamenti di Informatica L- A

1

Blocchi semplici

Inizio e fine esecuzione (start e stop)

- Marcano inizio e fine di un algoritmo
- Inizio è il blocco da cui deve iniziare l'esecuzione (uno solo per ogni algoritmo).
- Il blocco fine fa terminare l'esecuzione dell'algoritmo (almeno uno).



Fondamenti di Informatica L- A

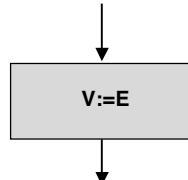
1

Blocchi semplici

Assegnamento

calcola il valore dell'espressione a destra del simbolo “:=“ (o “ \leftarrow “) e lo si attribuisce (lo si assegna) alla variabile indicata a sinistra del simbolo (con eventuale perdita del valore precedente di V)

Esempio:



dove V è il nome di una variabile, E è una espressione.

Significato: "Calcola il valore dell'espressione E e assegnalo alla variabile V."

N.B. Il valore di V viene, in generale, **modificato**.

Fondamenti di Informatica L- A

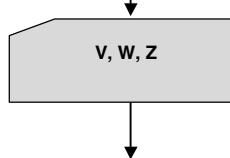
1

Blocchi semplici

Ingresso (lettura, read, input):

Si ricevono dal dispositivo di ingresso (per esempio, la tastiera) tanti valori quante sono le variabili specificate all'interno del blocco (separate da virgole), e si attribuiscono (si assegnano) nello stesso ordine alle variabili.

Ad esempio:



Significato: "leggi i tre valori dati in ingresso, ed assegnali rispettivamente alle variabili V, W, e Z."

Quindi: durante l'esecuzione, se vengono digitati dalla tastiera i valori: 5, 7, 9, allora la variabile V assumerà il valore 5, W il valore 7 e Z il valore 9.

Fondamenti di Informatica L- A

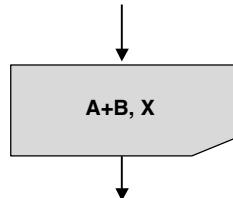
1

Blocchi semplici

Uscita (stampa, print, output):

i valori delle espressioni specificati all'interno del blocco vengono calcolati e successivamente trasmessi al dispositivo di uscita (per esempio, il video).

Ad esempio:



Significato: "calcola il valore dell'espressione $A+B$ e di X e trasmettili in uscita."

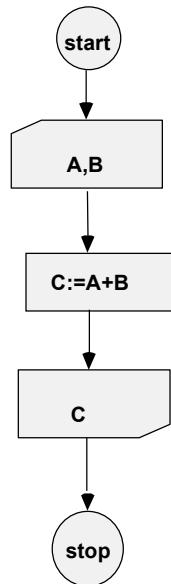
Quindi: se A vale 10, B vale 7 e X vale -25, l'esecuzione del blocco causerà la stampa dei 2 valori: 17 e -25.

NB: I valori di A, B e X non vengono alterati dall'esecuzione del blocco.

Fondamenti di Informatica L- A

1

Esempio



Fondamenti di Informatica L- A

1

Blocco Condizione

Condizione:

Si valuta la condizione specificata all'interno del blocco: se è verificata, si prosegue con la linea di flusso contrassegnata da "SI" (o *ok*, *vero*, *true*...), altrimenti (se non è verificata) si prosegue per il ramo etichettato con "NO" (*falso*, *false*...).

Esempio:



dove E è un'espressione relazionale (o logica): ritorna valore vero, oppure falso.

Significato: "*Calcola il valore dell'espressione E: se è vero, prosegui per il ramo SI, altrimenti prosegui per il ramo NO*".

NB. Il blocco condizione è l'elemento di base per realizzare alternative e ripetizioni.

Fondamenti di Informatica L- A

1

Strutture di controllo

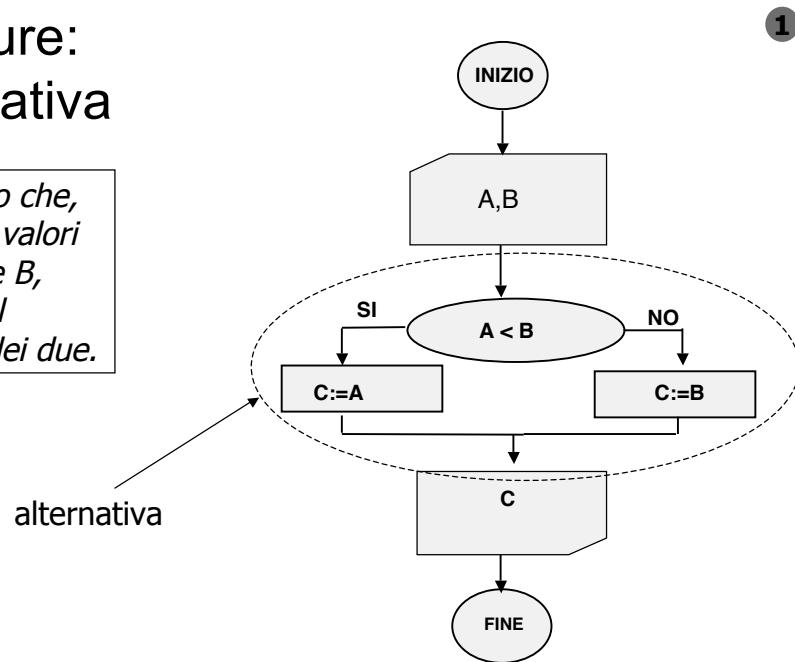
Mediante i blocchi fondamentali finora visti, è possibile costruire delle strutture da utilizzare per il controllo del flusso di esecuzione dell'algoritmo:

- **Alternativa:** esprime la **scelta tra due possibili azioni** (o sequenze di azioni) mutuamente esclusive.
- **Ripetizione:** esprime la **ripetizione di una sequenza di istruzioni**.

Fondamenti di Informatica L- A

Strutture: Alternativa

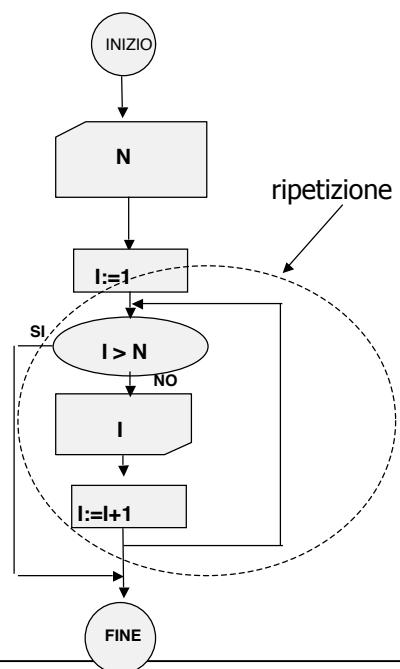
*algoritmo che,
dati due valori
intei A e B,
stampa il
minore dei due.*



Fondamenti di Informatica L- A

Strutture: ripetizione

*algoritmo che,
dato un valore
intero positivo
N, stampa tutti
gli interi >0 e
<= N.*



Fondamenti di Informatica L- A

1

Strutture: Ripetizione (o *iterazione*)

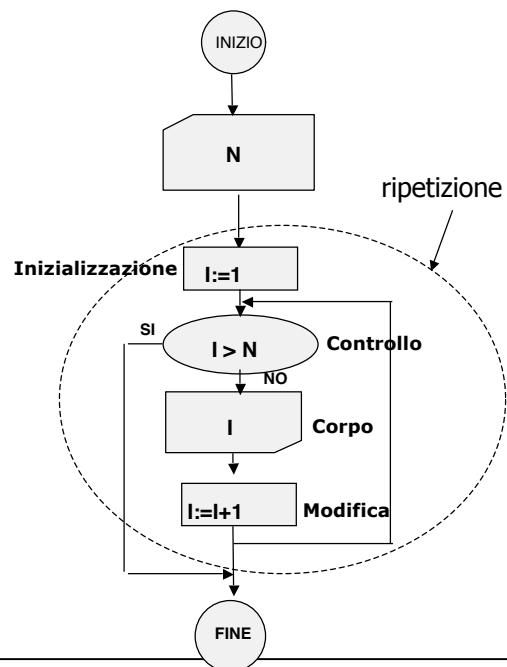
Nel caso piu` generale, e` costituita da 4 elementi:

- **Inizializzazione**: assegnazione dei valori iniziali alle variabili caratteristiche del ciclo (viene eseguita una sola volta);
- **Corpo**: esecuzione delle istruzioni fondamentali del ciclo che devono essere eseguite in modo ripetitivo;
- **Modifica**: modifica dei valori delle variabili che controllano l'esecuzione del ciclo (eseguito ad ogni iterazione);
- **Controllo**: determina, in base al valore delle variabili che controllano l'esecuzione del ciclo se il ciclo deve essere ripetuto o meno.

Fondamenti di Informatica L- A

1

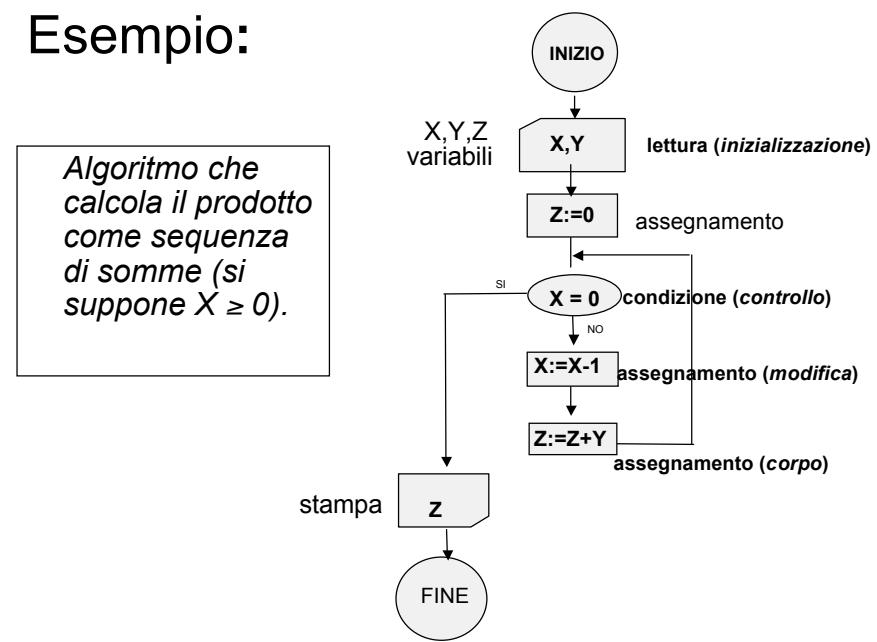
Ripetizione



Fondamenti di Informatica L- A

Esempio:

Algoritmo che calcola il prodotto come sequenza di somme (si suppone $X \geq 0$).



Fondamenti di Informatica L- A