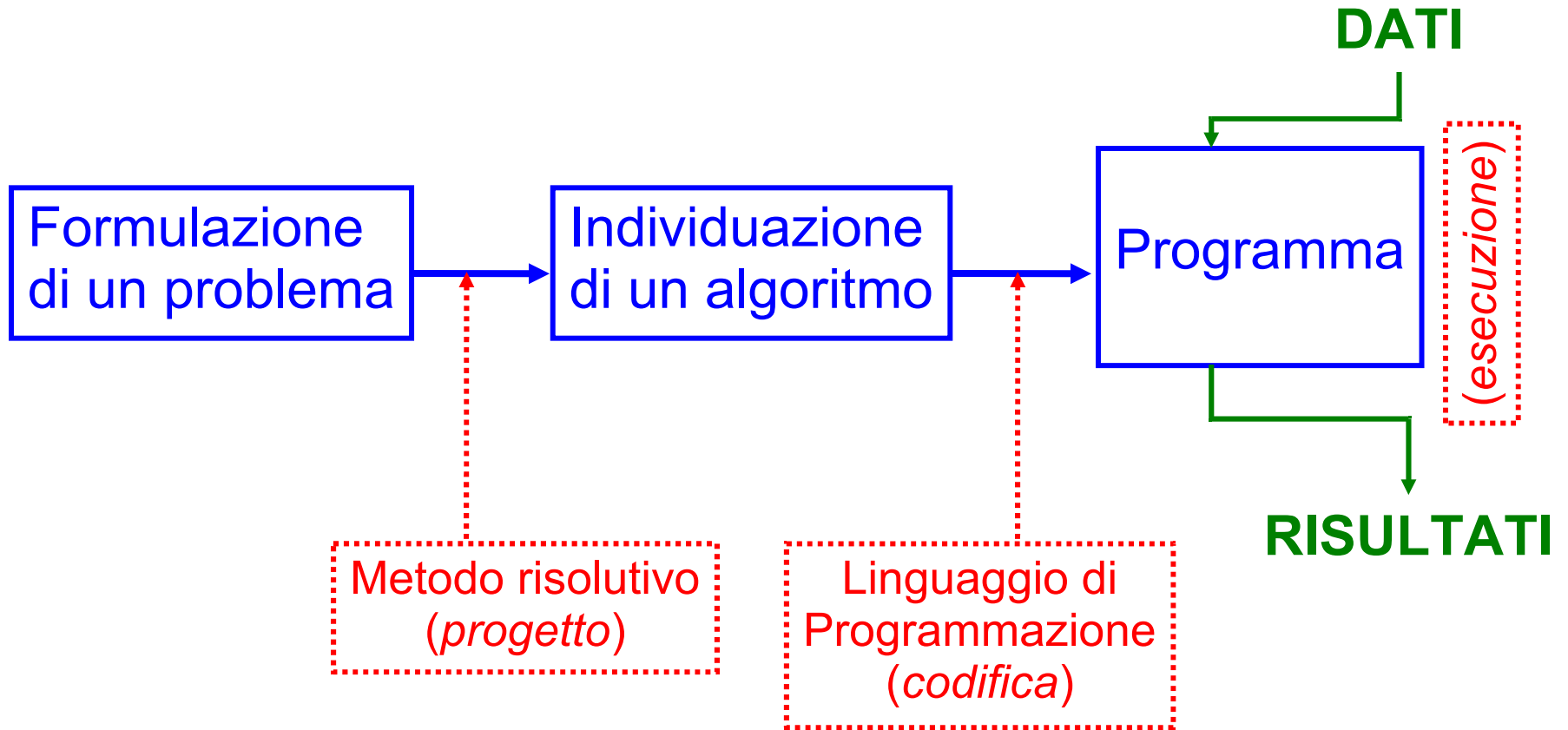


# Lezione 16

---

Algoritmi e programmi,  
traduttori e compilatori,  
ambienti di sviluppo

# Dal problema al programma



# Proprietà di un algoritmo 1/3

---

- **Eseguibilità:** ogni azione deve essere *eseguibile* da parte dell'esecutore dell'algoritmo in un tempo finito
- **Non-ambiguità:** ogni azione deve essere *univocamente interpretabile* dall'esecutore
- **Terminazione:** il numero totale di azioni da eseguire, per ogni insieme di dati di ingresso, deve essere finito

# Proprietà di un algoritmo 2/3

---

- Altre proprietà o modi di esprimere quelle già viste:
  - Un algoritmo deve
    - essere *applicabile a qualsiasi insieme di dati di ingresso* appartenenti al dominio di definizione dell'algoritmo stesso
    - essere costituito da operazioni
      - appartenenti ad un determinato insieme di operazioni fondamentali
      - non ambigue, ossia interpretabili in modo univoco qualunque sia l'esecutore (persona o "macchina") che le legge

# Proprietà di un algoritmo 3/3

---

- ALTRE PROPRIETA'
  - Efficienza (proprietà desiderabile)
    - Misurata tipicamente in numero di passi da effettuare o in occupazione di memoria
  - Determinismo
    - Esistono anche algoritmi volutamente non deterministici
      - Allo scopo di raggiungere una maggiore efficienza

# Algoritmi equivalenti

---

- Due algoritmi si dicono equivalenti quando:
  - hanno lo stesso dominio di ingresso
  - hanno lo stesso 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
  - ma possono avere **diversa efficienza** (numero di passi da effettuare, quantità di memoria occupata)
  - e possono essere profondamente diversi !

# Costo computazionale

---

- L'efficienza in termini di tempo di esecuzione di un algoritmo si può misurare mediante il suo **costo computazionale**, ossia dal numero di passi che deve effettuare per ottenere l'obiettivo per cui è stato definito
  - Spesso chiamato un po' impropriamente anche *complessità* dell'algoritmo

# Problema

---

- Purtroppo il numero esatto di passi elementari effettuati da un algoritmo per risolvere un dato problema può variare
  - in base all'insieme di valori di ingresso
    - Magari fino ad una certa dimensione del problema (numero  $N$  di elementi su cui si lavora) c'è un certo costo, poi il costo cambia
    - Tipicamente il tempo di esecuzione di un algoritmo può diventare un problema pratico solo quando il numero di elementi su cui l'algoritmo lavora è molto grande
  - ed in funzione di come si è definito l'insieme delle azioni elementari che si possono eseguire
    - Magari per ogni elemento su cui lavora l'algoritmo si effettua concettualmente sempre un solo passo base, ma a seconda di come si realizza il passo base, cambia il numero totale di operazioni



# Possibile soluzione 1/2

---

- Per rendere la cosa esplicita abbiamo bisogno di una notazione che ci permetta di scrivere appunto quanti passi l'algoritmo esegue per ogni elemento, indipendentemente da quante operazioni costituiscono tale passo
- Ad esempio, un algoritmo che fa un passo per ogni elemento, ossia  $N$  passi per lavorare su  $N$  elementi, ha sicuramente un costo molto conveniente all'aumentare di  $N$  !!!
  - Infatti, quasi sempre gli  $N$  elementi vanno perlomeno letti in input, quindi  $N$  passi sono il numero minimo di passi necessari già solo per leggere i valori in ingresso!

# Possibile soluzione 2/2

---

- Quindi, se avessimo una notazione che ci permetta di scrivere esplicitamente che l'algoritmo fa solo  $N$  passi, questo ci permetterebbe di distinguerlo bene, per esempio
  - da un algoritmo che invece deve effettuare  $N^2$  passi in totale
    - Anche se il singolo passo necessario a questo secondo algoritmo fosse costituito da meno operazioni, al crescere di  $N$  il primo finirebbe comunque molto probabilmente per rivelarsi più efficiente
    - Capiamo meglio questo fatto con un esempio pratico

# Esempio 1/2

---

- Supponiamo che, dato un certo problema di dimensione  $N$ , ossia in cui si deve lavorare su  $N$  elementi
  - Un algoritmo lo risolve in  $N$  passi, con ogni passo costituito da 20 operazioni elementari
  - Un altro algoritmo lo risolve in  $N^2$  passi, ma con ogni passo costituito solo da 2 operazioni elementari
- Quale algoritmo è più veloce se  $N$  è molto grande?
  - Ossia nei casi in cui la velocità di esecuzione diventa una questione importante
- Per rispondere, consideriamo valori crescenti di  $N$

# Esempio 2/2

$N$	Numero operazioni algoritmo A	Numero operazioni algoritmo B
2	$2 * 20 = 40$	$4 * 2 = 8$
5	$5 * 20 = 100$	$25 * 2 = 50$
10	$10 * 20 = 200$	$100 * 2 = 200$
20	$20 * 20 = 400$	$400 * 2 = 800$
100	$100 * 20 = 2000$	$10000 * 2 = 20000$
...		

- Abbiamo proprio bisogno di una notazione che permetta di mettere in evidenza il motivo fondamentale che rende il secondo algoritmo peggiore del primo al crescere di  $N$

# Ordine di costo 1/3

---

- Per misurare il costo di un algoritmo per alti valori di  $N$ , ed indipendentemente dal numero di operazioni compiute ad ogni passo (o dal tempo necessario per eseguire ogni passo) si utilizza il concetto di ordine di costo
  - Per semplificarne la comprensione, vediamo la definizione prima per un caso particolare
  - Dato il numero di elementi  $N$  su cui un algoritmo lavora (dimensione del problema), si dice che l'algoritmo ha costo di **ordine  $O(N)$**  se esistono un valore  $N_{min}$  ed una costante  $c$  tali che, per tutti i valori di  $N$  maggiori di  $N_{min}$ , il numero di operazioni elementari effettuate dall'algoritmo non è mai maggiore di  $c * N$

# Ordine di costo 2/3

---

- Nella notazione  $O(N)$  ci sono proprio:
  - Il concetto che ci interessa cosa succede quando  $N$  è grande (cioè a partire dal momento in cui supera un certo valore minimo  $N_{min}$ )
  - La costante  $c$  che ci permette di astrarre dal dettaglio di quante operazioni elementari servono per ogni passo
    - Più è alto tale numero di tali operazioni e più scegliamo alto il valore di tale costante
    - Una volta scelto un valore sufficientemente alto di  $c$ , il numero totale di operazioni effettuate dall'algoritmo rimane sempre inferiore a  $c * N$ 
      - E quindi possiamo continuare a dire che l'algoritmo è  $O(N)$

# Ordine di costo 2/3

---

- La definizione generale dell'ordine di costo di un algoritmo è la seguente:
  - Dato il numero di elementi  $N$  su cui un algoritmo lavora (dimensione del problema), l'algoritmo ha costo di ordine  $O(f(N))$  se esistono un valore  $N_{min}$  ed una costante  $c$  tali che, per tutti i valori di  $N$  maggiori di  $N_{min}$ , il numero di passi effettuati dall'algoritmo non è mai maggiore di  $c * f(N)$
- Al di là dei dettagli tecnici (che vedrete nel corso di **Algoritmi e Strutture Dati**), possiamo fare le seguenti importanti considerazioni su alcuni ordini di costo
  - $O(N)$ : l'algoritmo effettua un numero di passi proporzionale al numero di elementi su cui lavora

# Costo computazionale 3/3

---

- $O(N^2)$ : l'algoritmo effettua un numero di passi pari al quadrato del numero di elementi su cui lavora
- $O(N^i)$ : ordine di costo polinomiale, su problemi di grosse dimensioni ogni volta che  $i$  aumenta il tempo di esecuzione diviene enormemente più lungo
- $O(a^N)$ : ordine di costo esponenziale, al crescere di  $N$  il tempo di esecuzione dell'algoritmo diviene rapidamente così lungo da renderne impossibile il completamento in tempi ragionevoli
- All'estremo opposto abbiamo:
  - $O(1)$ : ordine di costo costante, il numero di passi effettuati dall'algoritmo è **indipendente** dal numero di elementi su cui lavora



# Confronto costo algoritmi

---

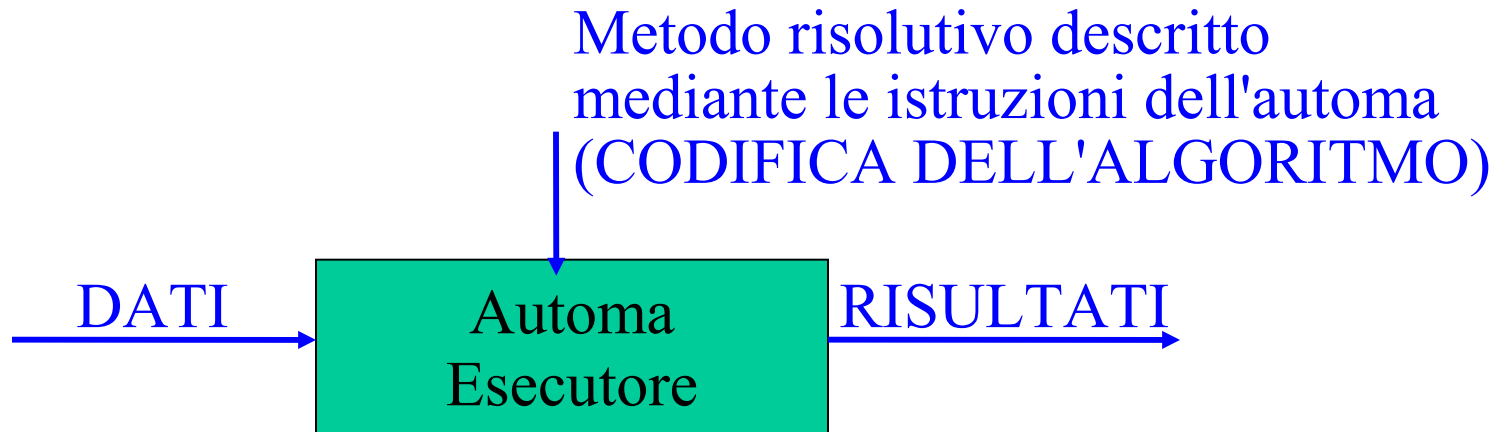
- Ora disponiamo di una misura molto efficace per confrontare il costo computazionale, e quindi l'efficienza degli algoritmi
  - L'ordine di costo permette di astrarre da dettagli che possono nascondere il vero stato delle cose
- Ma bisogna stare attenti
  - Se la dimensione  $N$  del problema da risolvere è sufficientemente bassa, allora un algoritmo A di costo computazionale maggiore di un altro algoritmo B, può comunque avere un tempo di esecuzione minore dell'algoritmo B
    - Ad esempio, considerate di nuovo l'esempio pratico precedentemente visto tra due algoritmi di costo  $O(N)$  ed  $O(N^2)$  rispettivamente

# Esecutore ed istruzioni

---

- Un algoritmo è di una qualche utilità se esiste un esecutore in grado di eseguirlo
- Un esecutore, spesso chiamato **automa esecutore**, può essere istruito in modo molto efficace per eseguire un algoritmo se
  - 1) Può essere programmato mediante un insieme di istruzioni (che è in grado di eseguire)
  - 2) Tale insieme di istruzioni ha le seguenti caratteristiche:
    - Le istruzioni sono sufficienti per eseguire i passi dell'algoritmo che si vuol fare eseguire a tale esecutore
    - La sintassi e la semantica delle istruzioni sono complete e non ambigue

# Automa esecutore



- Come realizzare l'automa?
  - mediante congegni meccanici
  - macchina aritmetica (1649) di Blaise Pascal
  - macchina analitica di Charles Babbage (1792-1871)
- Mediante un modello matematico (automa astratto)
  - funzionale (Hilbert, (1842-1943), Church, Kleene)
  - operativa (Turing, 1912-1954)
  - sistemi di riscrittura (Post, Markov,...)

# Linguaggio di programmazione

---

- Un insieme di istruzioni con le precedenti caratteristiche costituisce come sappiamo un linguaggio di programmazione
- In definitiva, quando programiamo per esempio in linguaggio C/C++, presumiamo la presenza di un esecutore in grado di eseguire appunto le istruzioni di un programma in linguaggio C/C++

# Per codificare un algoritmo ...

---

... in un dato linguaggio di programmazione

- Bisogna conoscere la **sintassi** del linguaggio
- Bisogna conoscere la **semantica** del linguaggio
- Bisogna conoscere almeno un **ambiente di programmazione** per tale linguaggio
  - Editor, compilatore, ...

# Algoritmo e programma

---

- Ovviamente al variare del linguaggio di programmazione, lo stesso algoritmo sarà codificato mediante un diverso programma
- Consideriamo per esempio il seguente algoritmo
  - Leggi due numeri interi e stampane la somma
- Il relativo programma sarà diverso a seconda che si usi il C++ o il C

# Programma in C++

---

```
#include <iostream>
using namespace std ;

int main()
{
    int A, B, ris;
    cout<<"Immettere due numeri: ";
    cin>>A;
    cin>>B;
    ris=A+B;
    cout<<"Somma:"<<ris<<endl;
    return 0 ;
}
```

# Programma in C

---

```
#include <stdio.h>
```

```
int main()
```

```
{
```

```
    int A, B, ris;
```

```
    printf("Immettere due numeri: ");
```

```
    scanf("%d", &A);
```

```
    scanf("%d", &B);
```

```
    ris=A+B;
```

```
    printf("Somma: %d\n", ris);
```

```
    return 0 ;
```

```
}
```



# Macchina virtuale

---

- Concentrandoci ora sull'esecuzione di un programma in C/C++, in effetti noi assumiamo che esista un automa esecutore in grado di
  - eseguire le istruzioni (definizioni, dichiarazioni, istruzioni condizionali e cicliche, ...) del linguaggio C/C++
  - supportare il concetto di variabile, costante con nome, tipo di dato, funzione
- Chiamiamo **macchina virtuale** tale automa esecutore
  - Definiamo virtuale tale macchina perché, come stiamo per vedere, non esiste praticamente nessuna macchina reale (fisica) che abbia tali caratteristiche

# Macchina reale: elaboratore

---

- Dal punto di vista reale invece, abbiamo eseguito i nostri programmi su degli elaboratori elettronici
- Ma, in accordo a quanto detto nella precedente slide, cominciamo dall'indagare sul fatto che un tipico elaboratore possa o meno eseguire direttamente un programma scritto in linguaggio C/C++
- Le azioni elementari che un elaboratore può effettuare si chiamano tipicamente **istruzioni macchina**
- Il componente di un elaboratore che si occupa dell'esecuzione di tali istruzioni è tipicamente chiamato **(micro)processore**

# Linguaggio macchina 1/2

---

- L'insieme delle istruzioni di un processore, nonché la loro sintassi e semantica determinano il **linguaggio macchina** di quel processore
- Le istruzioni di un processore lavorano tipicamente su celle o insiemi di celle di memoria, ed eseguono operazioni elementari come somme, moltiplicazioni, copie di celle di memoria e simili
- In un tipico linguaggio macchina non esistono i concetti di variabile, tipo di dato, programmazione strutturata e così via

# Linguaggio macchina 2/2

---

- I programmi in linguaggio macchina non sono in generale codificati in formato testo
- Ogni istruzione è invece individuata da una data configurazione di bit che si estende su uno o più byte (ossia da un valore numerico)
- Anche gli operandi su cui lavora sono a loro volta individuati in qualche modo mediante delle sequenze di byte
- In definitiva, un programma in linguaggio macchina non è altro che una sequenza di byte, ossia di numeri

# Linguaggio assembly

---

- Per poter rappresentare in modo leggibile per un essere umano un programma in linguaggio macchina si utilizza tipicamente un linguaggio chiamato *assembly*
- Dato un linguaggio assembly corrispondente ad un dato linguaggio macchina
  - Per ogni istruzione del linguaggio macchina esiste una corrispondente istruzione nel linguaggio assembly
  - In assembly tale istruzione non è più individuata da un numero, ma da una stringa
    - tipicamente un nome abbreviato che ricorda lo scopo dell'istruzione stessa

# Registri

---

- Prima di vedere un semplicissimo frammento di codice assembly, ci occorre sapere cosa sono i **registri** di cui è tipicamente dotato un processore
  - Un registro è una speciale cella di memoria (tipicamente di dimensioni maggiori di un byte) interna al processore
- Uno degli scopi di tali registri è contenere gli operandi delle istruzioni aritmetiche
  - Infatti tali istruzioni tipicamente non possono utilizzare direttamente le celle della memoria principale dell'elaboratore come operandi
  - E' quindi spesso necessario copiare prima gli operandi all'interno dei registri

# Esempio

---

- Il seguente frammento di codice scritto in un ipotetico linguaggio assembly semplificato (per un ipotetico processore) realizza le operazioni necessarie per calcolare il risultato dell'espressione aritmetica  $2+3$  e memorizzarlo in un registro del processore stesso

```
LDA 3      # memorizza il valore 3
           # nel registro AX
ADD 2      # somma 2 al valore memorizzato nel
           # registro AX
```

# Eseguibilità e portabilità

---

- Il linguaggio macchina è **il** linguaggio di **un** processore
- Il linguaggio macchina di un dato processore è direttamente eseguibile da un elaboratore basato su quel processore, senza alcuna intermediazione
- Processori differenti hanno linguaggi macchina differenti
- Pertanto, un programma scritto nel linguaggio macchina di un processore non è eseguibile su di un altro processore caratterizzato da un diverso linguaggio macchina!
  - Si dice che non è portabile (ossia non può essere eseguito su piattaforme diverse)



# Scelta linguaggio macchina

---

- Dato l'elaboratore su cui si intende eseguire un certo algoritmo, è una buona idea codificare direttamente nel linguaggio macchina del suo processore tale algoritmo?
  - **SI**, se
    - l'algoritmo è tale da poter essere implementato in tale linguaggio con sufficiente semplicità ed in modo molto efficiente, ed il problema necessita di tale elevata efficienza
    - la portabilità è un obiettivo secondario
  - **NO**, se non ci si trova nella precedente situazione
- Nel secondo caso è molto più efficace lavorare ad un più alto *livello di ASTRAZIONE*

# Astrazione

---

- Ricordiamo che una definizione formale di processo di astrazione è
  - Attività di aggregazione di informazioni e dati, e di definizione di modelli concettuali che ne enucleano le proprietà rilevanti escludendo i dettagli inessenziali

# Esempio

---

- Ad esempio la definizione dei numeri `int` del linguaggio C/C++ è il risultato di un processo di astrazione delle celle di memoria in cui
  - Si definisce il modello concettuale di (sottoinsieme dei) numeri interi con le relative operazioni aritmetiche
  - Tale modello
    - enuclea la proprietà delle celle di memoria di memorizzare numeri interi con delle configurazioni di bit che possono essere opportunamente manipolate per realizzare anche le operazioni aritmetiche
    - Esclude dettagli inessenziali quali il modo esatto in cui un numero di tipo `int` è memorizzato su più celle di memoria o l'algoritmo con cui vanno manipolate le configurazioni di bit memorizzate nelle celle di memoria per effettuare le operazioni

# Livello di astrazione

---

- Il livello di astrazione di un concetto/oggetto o di un linguaggio di programmazione è il livello a cui si trova tale concetto/oggetto o linguaggio di programmazione nell'ambito del processo di astrazione precedentemente definito
- Ossia quanto astrae dai dettagli dell'architettura di partenza

# Astrazione di un elaboratore

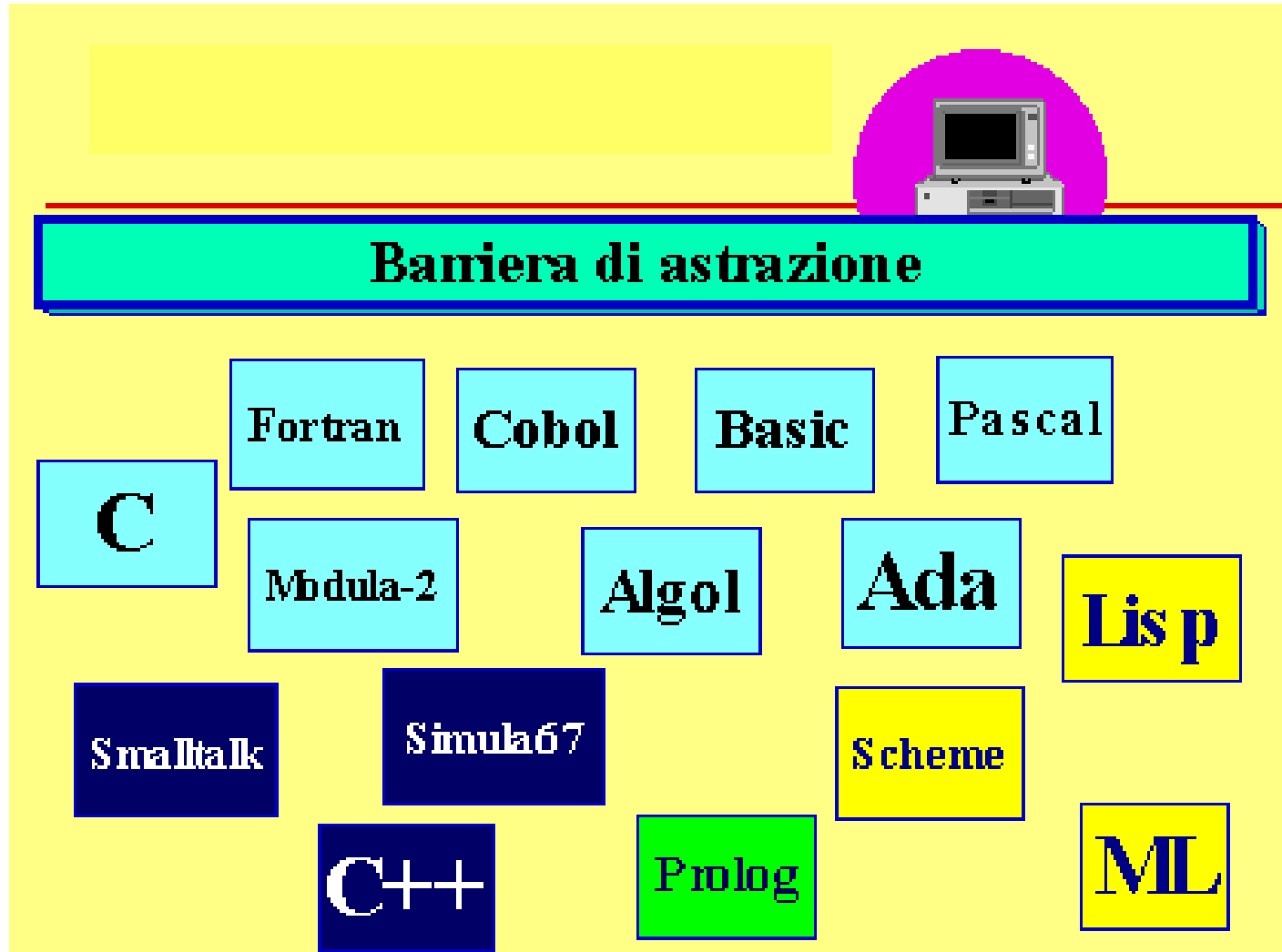


# Linguaggi di alto livello 1/2

---

- Si basano su un ipotetico elaboratore dotato di un processore le cui istruzioni non sono quelle di un tipico processore reale, ma quelle del linguaggio stesso
  - Ciò che abbiamo chiamato *macchina virtuale*
- Supportano concetti ed astrazioni  
Esempio: variabili, tipo di dato, funzioni
- Promuovono metodologie per agevolare lo sviluppo del software da parte del programmatore  
Esempio: programmazione strutturata e/o ad oggetti
- Hanno capacità espressive molto superiori rispetto a quelle del linguaggio macchina  
Esempio: costrutti iterativi complessi
- Esistono centinaia di linguaggi di programmazione di alto livello di astrazione! (anche se pochi sono ampiamente utilizzati)

# Linguaggi di alto livello 2/2



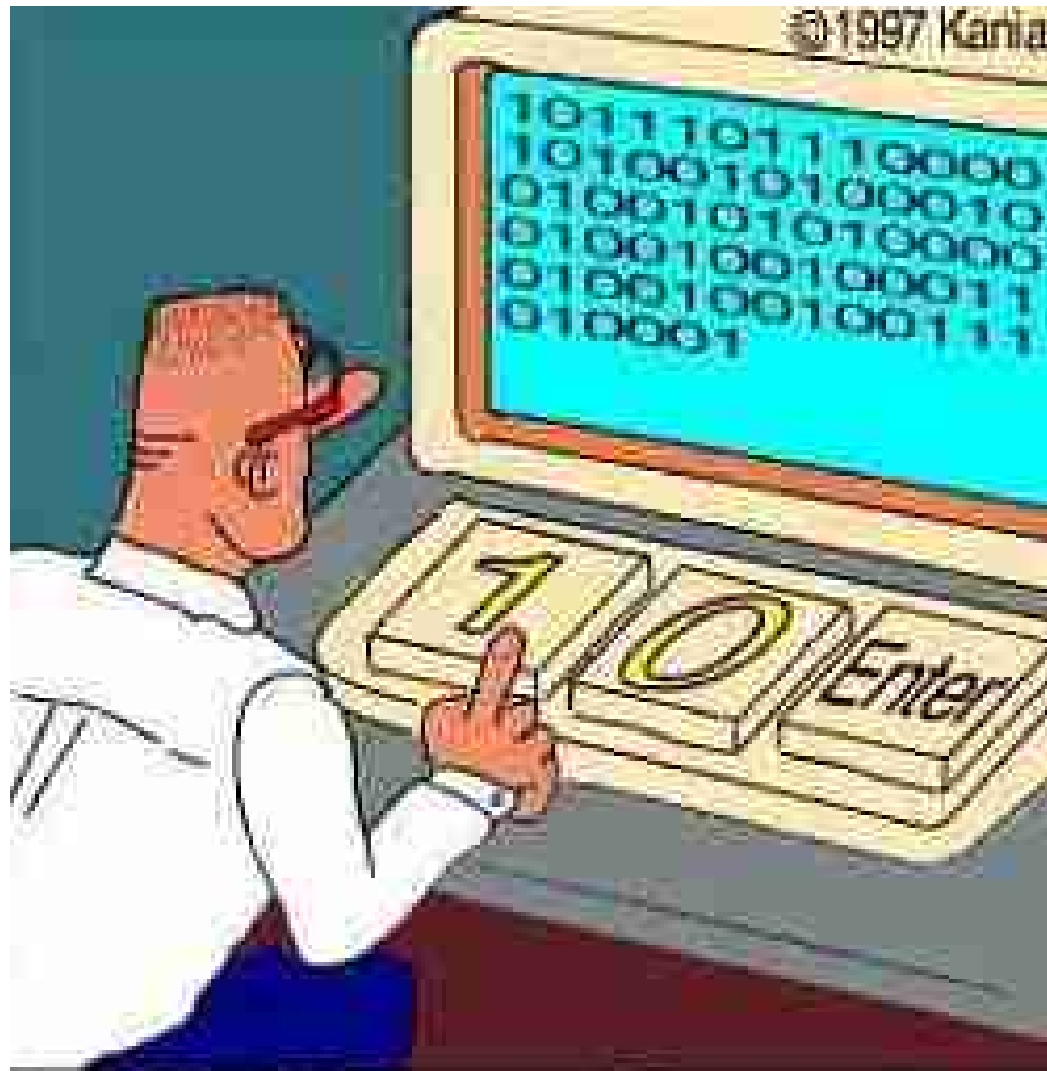
# Nota conclusiva

---

- Quindi, in generale un linguaggio di alto livello permette di codificare un algoritmo
  - con dei costrutti e delle strutture dati più vicine al dominio del problema
  - senza curarsi di quasi nessuno dei dettagli di basso livello del calcolatore su cui verrà eseguito il programma
  - ottenendo maggiore portabilità del linguaggio assembly
- Quindi il linguaggio assembly rimane la scelta migliore solo nei casi riportati precedentemente
- Ovviamente poi la scelta è obbligata se non si resiste al richiamo della seguente verità ...

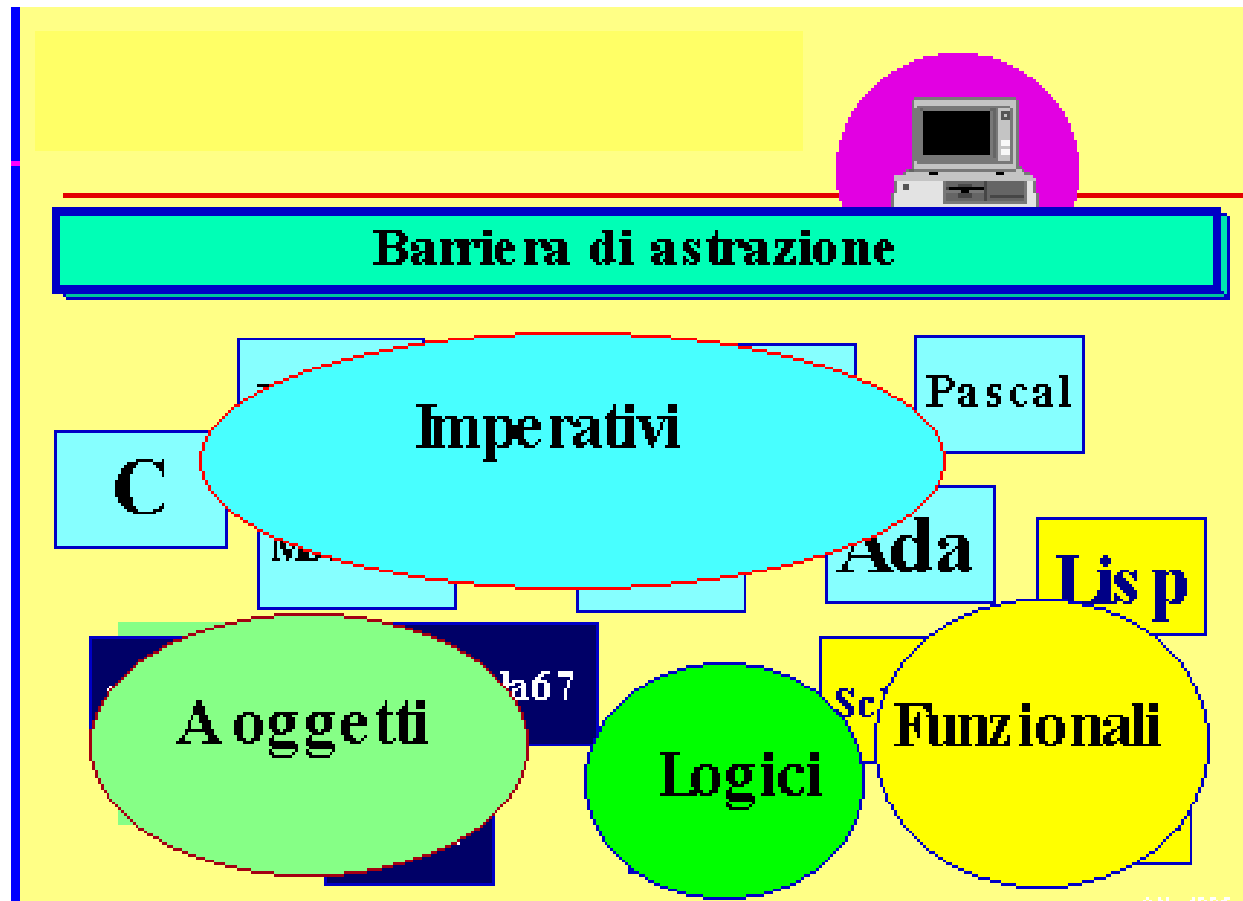


# I veri programmatori

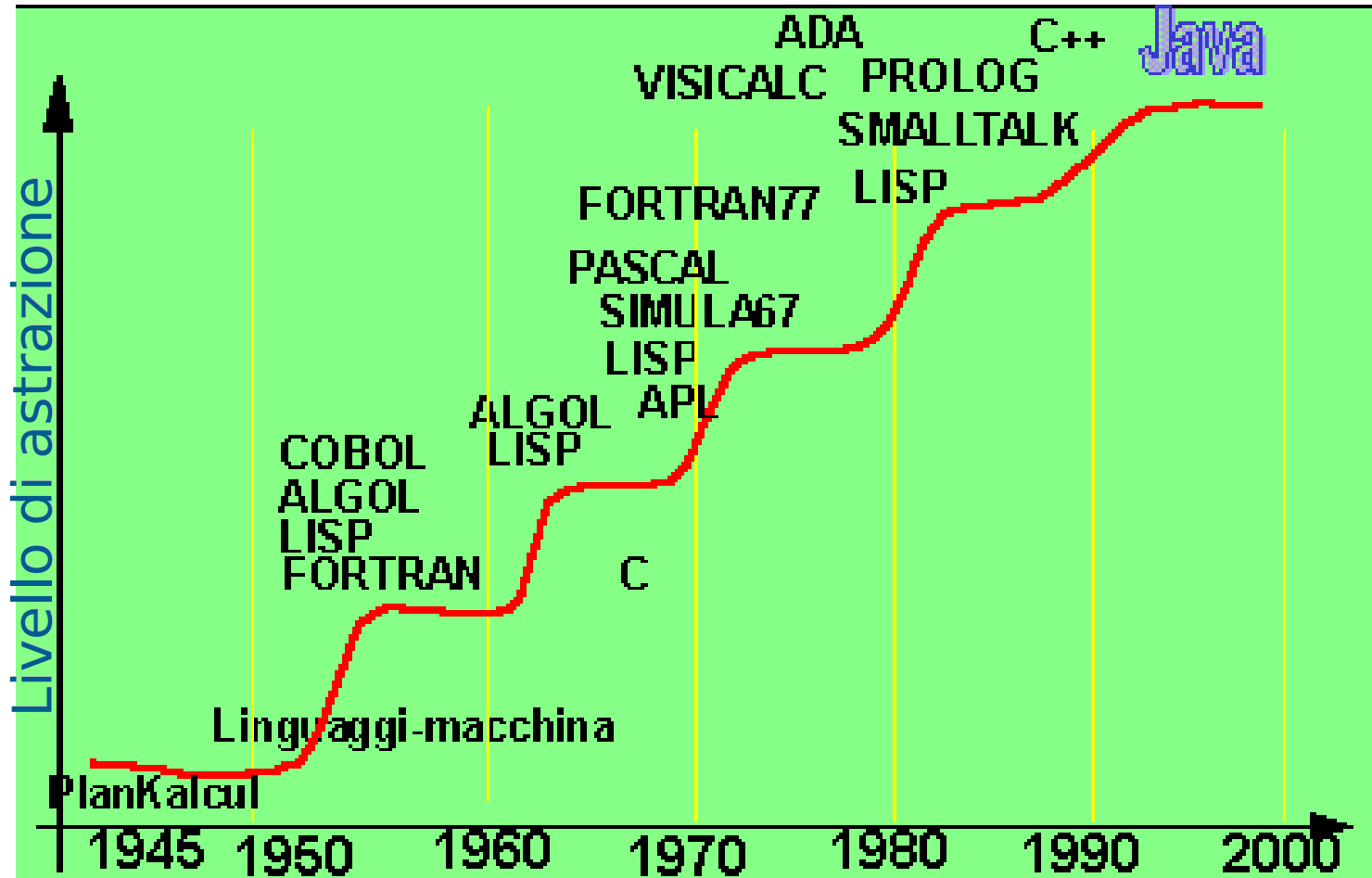


Real programmers code in binary.

# Categorie



# Evoluzione dei linguaggi



# Perché esistono tanti linguaggi

---

- Uno dei motivi fondamentali è che tendono ad esistere diversi insiemi di linguaggi per ogni contesto applicativo, ad esempio:
  - Scientifico: Fortran
  - Gestionale: Cobol
  - Sistemi Operativi: C
  - Applicazioni (non di rete): C++, Java
  - Applicazioni di rete: Java

# Problema

---

- Praticamente non esistono processori il cui linguaggio macchina raggiunga un livello di astrazione confrontabile con quello di un linguaggio di programmazione di alto livello
- Pertanto, non esistono processori in grado di eseguire più o meno direttamente programmi scritti in linguaggi ad alto livello

# Traduzione

---

- Affinché un programma scritto in un qualsiasi linguaggio di programmazione ad alto livello sia eseguibile su un dato elaboratore,
  - occorre **tradurlo** dal linguaggio di programmazione originario al linguaggio macchina del processore montato su tale elaboratore
- Questa operazione viene normalmente svolta da speciali programmi, detti **traduttori**

# Processo di traduzione

---

Programma originario

```
main()  
{ int A;  
  ...  
  A=A+1;  
  if ...
```

Programma tradotto

```
00100101  
  ...  
11001..  
1011100 ...
```

- I traduttori convertono il testo dei programmi scritti in un particolare linguaggio di programmazione, **programmi sorgenti**, nella corrispondente rappresentazione in linguaggio macchina, **programmi eseguibili**

# Tipi di traduttori 1/2

---

- Due categorie di traduttori:
  - **Compilatori:** traducono l'intero programma, **senza eseguirlo!**, e producono in uscita il programma convertito in linguaggio macchina
    - Cosiddetto file eseguibile
  - **Interpreti:** traducono ed **eseguono immediatamente** ogni istruzione del programma sorgente, l'una dopo l'altra (tipicamente non viene prodotto alcun file)



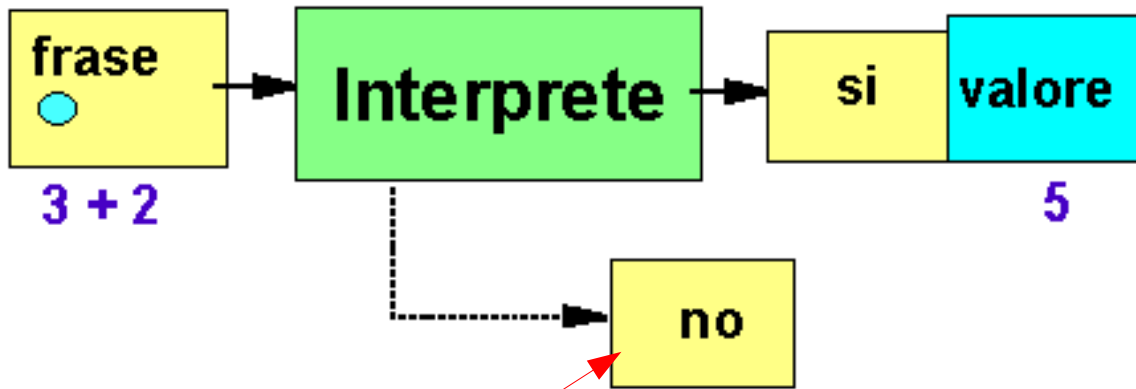
# Tipi di traduttori 2/2

---

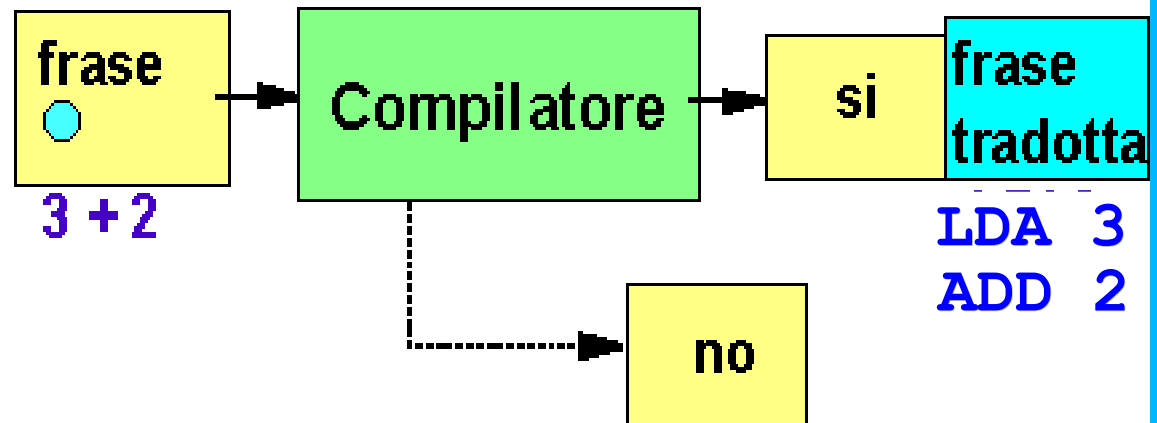
- Quindi
  - **Nel caso del compilatore**, lo schema traduzione-esecuzione viene percorso una volta sola prima dell'esecuzione, e porta alla creazione del file eseguibile che sarà poi eseguito senza altri interventi
  - **Nel caso dell'interprete**, lo schema traduzione-esecuzione viene ripetuto tante volte quante sono le istruzioni del programma che saranno eseguite
    - Ad ogni attivazione dell'interprete su di una particolare istruzione segue l'esecuzione dell'istruzione stessa

# Compilatore ed interprete 1/3

## ■ Riconoscimento (e valutazione)



## ■ Riconoscimento (e traduzione)



Frases non  
corrette

# Compilatore ed interprete 2/3

---

- Sebbene in linea di principio un qualsiasi linguaggio possa essere tradotto sia mediante compilatori sia mediante interpreti, nella pratica si tende verso una differenziazione già a livello di linguaggio:
  - Tipici linguaggi interpretati: Basic, Javascript, Perl, ...
  - Tipici linguaggi compilati: C/C++, Fortran, Pascal, ADA, ...
  - Java costituisce un caso particolare: si effettua prima una pre-compilazione per ottenere un codice intermedio tra l'alto livello ed il linguaggio macchina, poi l'interprete esegue tale codice intermedio

# Compilatore ed interprete 3/3

---

- L'esecuzione di un programma compilato è tipicamente più veloce dell'esecuzione di un programma interpretato
  - Siccome la traduzione è effettuata una sola volta prima dell'esecuzione, di fatto poi si va ad eseguire direttamente il programma in linguaggio macchina
  - Grazie ai nuovi compilatori-interpreti i programmi Java sono eseguibili praticamente alla velocità di un programma compilato
- Un programma sorgente da interpretare è tipicamente più portabile di un programma da compilare

# Header e file pre-compilati

---

- Gli header file contengono spesso solo delle dichiarazioni
- Come sappiamo, le dichiarazioni ci permettono di utilizzare degli oggetti
- Occorre però che poi questi oggetti siano definiti da qualche parte!
- In effetti le funzioni e gli oggetti di una libreria sono definiti in ancora altri file
  - Tali file sono tipicamente pre-compilati nel caso di linguaggi compilati
- In pratica, per fornire una certa libreria vengono forniti tanto gli header file, quanto dei file pre-compilati contenenti il codice macchina delle funzioni e degli oggetti messi a disposizione dalla libreria

# Collegamento delle librerie 1/2

---

- Quindi, se in un programma includiamo correttamente gli header file di una certa libreria e ne usiamo le funzioni o gli oggetti, il tutto funziona se
  - Il compilatore **collega** il nostro programma ai file pre-compilati contenenti il codice macchina necessario
- E' per esempio quello che è accaduto automaticamente per la libreria di ingresso/uscita
  - Trattandosi di una libreria utilizzata molto spesso, i compilatori sono tipicamente pre-configurati per collegare il programma ai file pre-compilati di tale libreria

# Collegamento delle librerie 2/2

---

- A volte però il compilatore può non essere già predisposto a collegare il nostro programma ai file pre-compilati di determinate librerie non utilizzate spesso
- In quel caso dobbiamo istruirlo noi, passando ad esempio opzioni aggiuntive
  - Lo abbiamo fatto quando abbiamo aggiunto l'opzione `-lm` per far collegare il nostro programma ai file pre-compilati della libreria matematica

# Fasi della compilazione 1/3

---

- Tipicamente un compilatore ottiene un programma eseguibile da un programma sorgente attraverso varie fasi di compilazione

**1) Preprocessing:** il testo del programma sorgente viene modificato in base a delle semplici direttive.

Ne abbiamo già visto esempi in C/C++ con le direttive **#include** e **#define**



# Fasi della compilazione 2/3

---

- 2) Traduzione** (spesso chiamata compilazione, come vedete c'è spesso confusione con i termini): genera un programma in linguaggio macchina a partire dal programma in linguaggio sorgente
- Il componente di un compilatore che realizza questa fase è tipicamente chiamato traduttore
  - Il programma generato nella fase di traduzione non è però tipicamente eseguibile, perché manca fondamentalmente il codice delle funzioni e degli oggetti non definiti nel programma stesso
  - Un programma in linguaggio macchina di questo tipo è tipicamente chiamato **file oggetto**

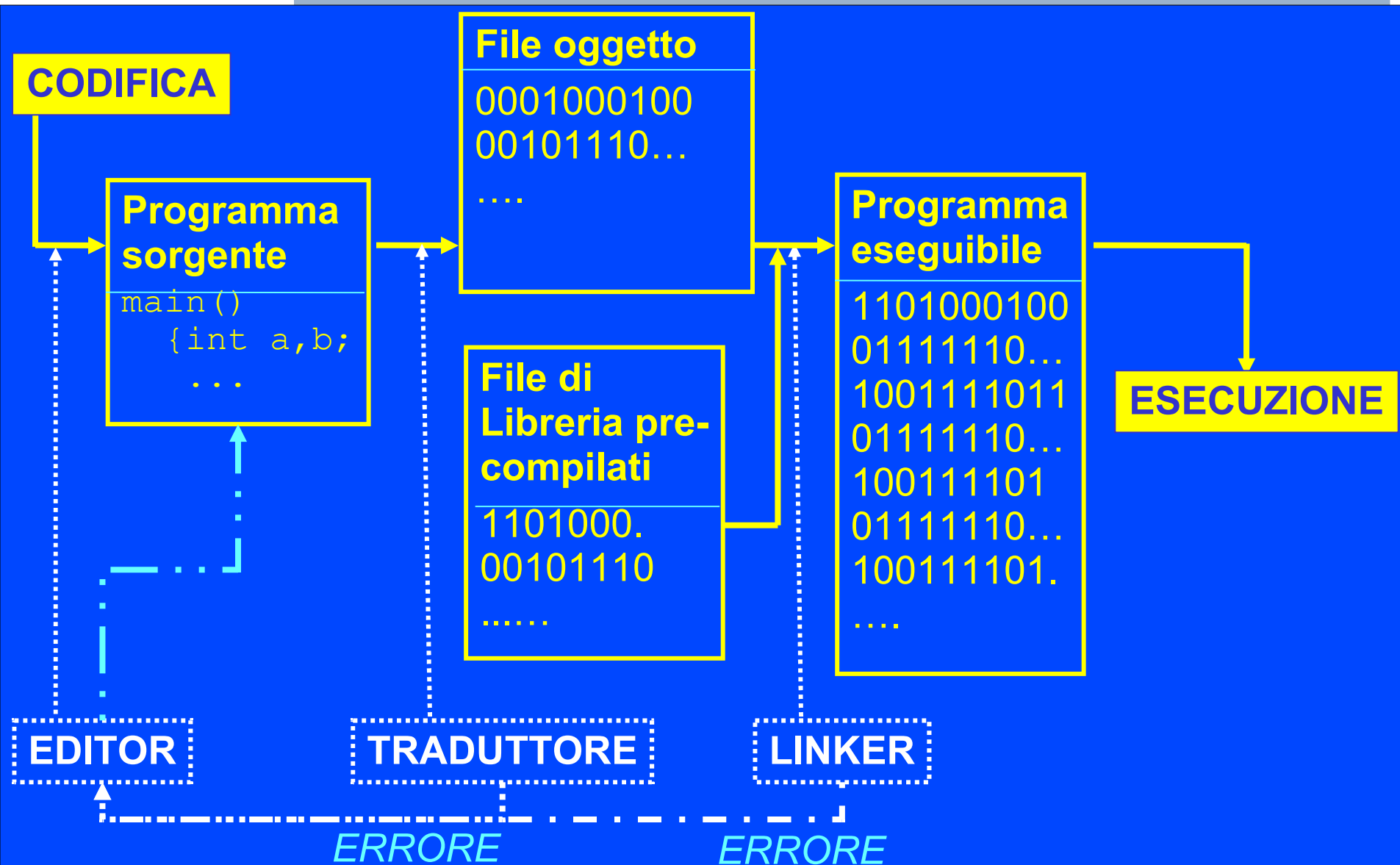
# Fasi della compilazione 3/3

---

**3) Collegamento:** si unisce il file oggetto con i file pre-compilati delle librerie (ed eventualmente con altri file oggetto nel caso di programmi sviluppati su più file sorgente)

- Il risultato è il programma (file) eseguibile
- Il componente di un compilatore che realizza questa fase è tipicamente chiamato collegatore o linker

# Schema riassuntivo (parziale)



# Fasi dello sviluppo

---

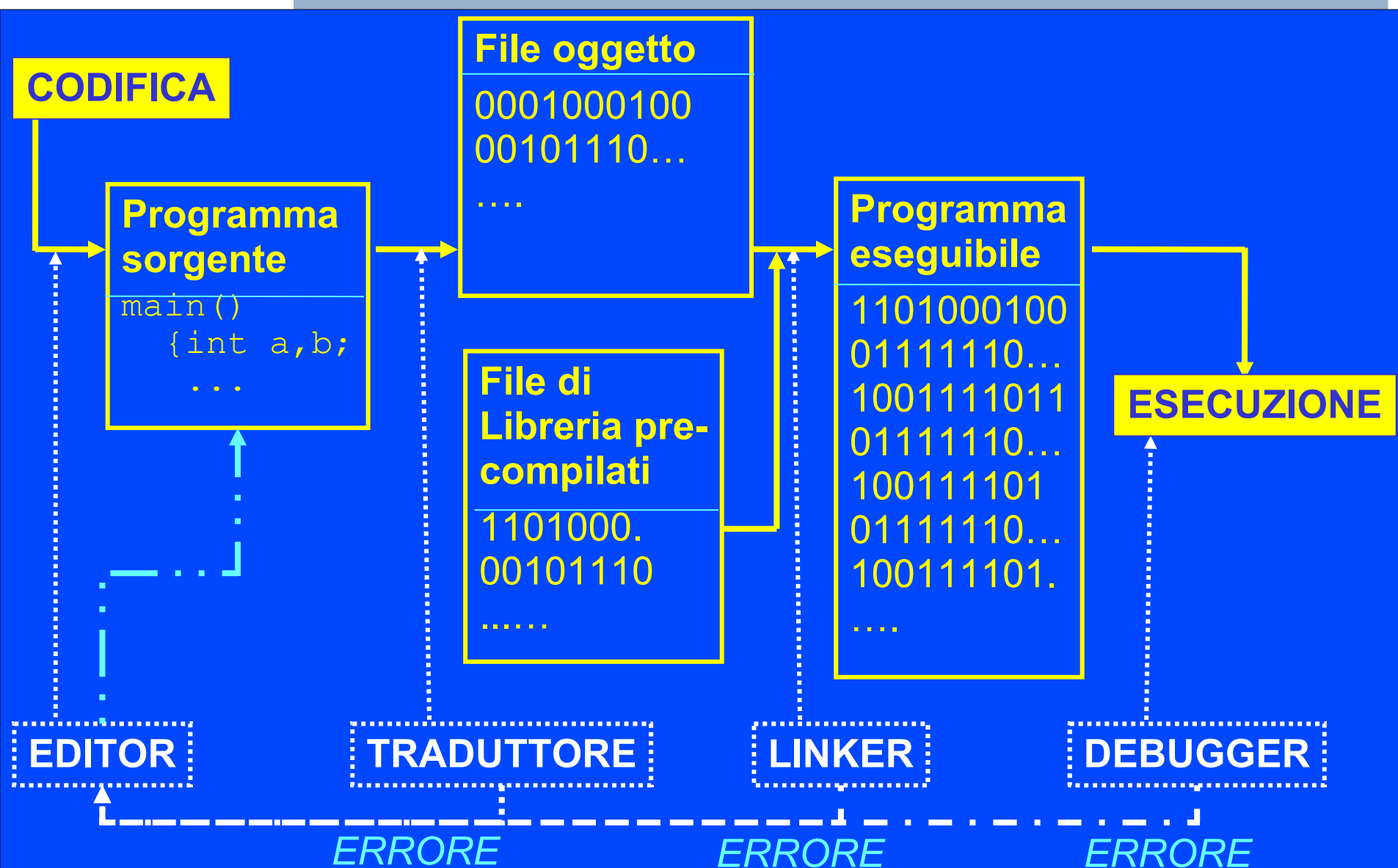
- Lo sviluppo di un programma passa attraverso varie *fasi*:
  - Progettazione
  - Scrittura (codifica)
  - Compilazione (per i linguaggi compilati)
  - Esecuzione
  - Collaudo (testing)
  - Ricerca ed eliminazione degli errori (debugging)
  - ...
- Si chiama tipicamente **ambiente di programmazione** (o di sviluppo) per un dato linguaggio o insieme di linguaggi, l'insieme degli strumenti (*tool*) di supporto alle varie fasi di sviluppo dei programmi scritti con tali linguaggi

# Ambiente di programmazione

---

- **Editor:** serve per creare file di testo. In particolare, l'editor consente di scrivere il programma sorgente.
- **Traduttore** (spesso chiamato anche compilatore): opera la traduzione di un programma sorgente scritto in un linguaggio ad alto livello in un programma oggetto.
- **Linker** ("collegatore"): nel caso in cui la costruzione del programma eseguibile richieda l'unione di più moduli (compilati separatamente), provvede a collegarli per formare un unico file eseguibile.
  - Spesso traduttore e linker (e pre-processore) sono componenti di uno stesso compilatore
- **Interprete:** traduce ed esegue direttamente ciascuna istruzione del programma sorgente, istruzione per istruzione. È alternativo al compilatore.
- **Debugger:** consente di eseguire passo-passo un programma, controllando via via quel che succede, al fine di scoprire ed eliminare errori.

# Schema riassuntivo



# Tipi di ambienti di sviluppo 1/2

---

- Si possono considerare fundamentalmente due tipologie di ambienti di sviluppo
  - 1) Ambienti dati dalla somma di componenti più o meno indipendenti
    - Un programma per l'editing, un programma per la compilazione, un programma per il debugging, ...
    - I sistemi operativi UNIX costituiscono spesso dei veri e propri ambienti di sviluppo di questo genere
      - sono dei sistemi in cui è possibile avere molta scelta per i singoli strumenti di sviluppo

# Tipi di ambienti di sviluppo 2/2

---

## 2) Ambienti di sviluppo integrati

(Integrated Development Environment, IDE)

- Ambienti in cui i singoli strumenti sono integrati gli uni con gli altri e si dispone di un'unica interfaccia per gestire tutte le fasi (editing, compilazione, esecuzione, debugging, ...)



# Confronto tra i tipi di ambiente

---

- Il vantaggio principale degli IDE è probabilmente la praticità e semplicità d'uso
  - Uso di una interfaccia comune (tipicamente grafica)
  - Possibilità di salvare, compilare ed eseguire premendo un solo bottone
  - Posizionamento automatico nei punti del programma in cui si trovano gli errori
- Vantaggi dei sistemi non IDE
  - Si distinguono perfettamente le varie fasi dello sviluppo (utilità fondamentale didattica)
  - Si ha maggiore indipendenza da ogni specifico strumento (si può usare/cambiare lo strumento preferito per ciascuna fase dello sviluppo)