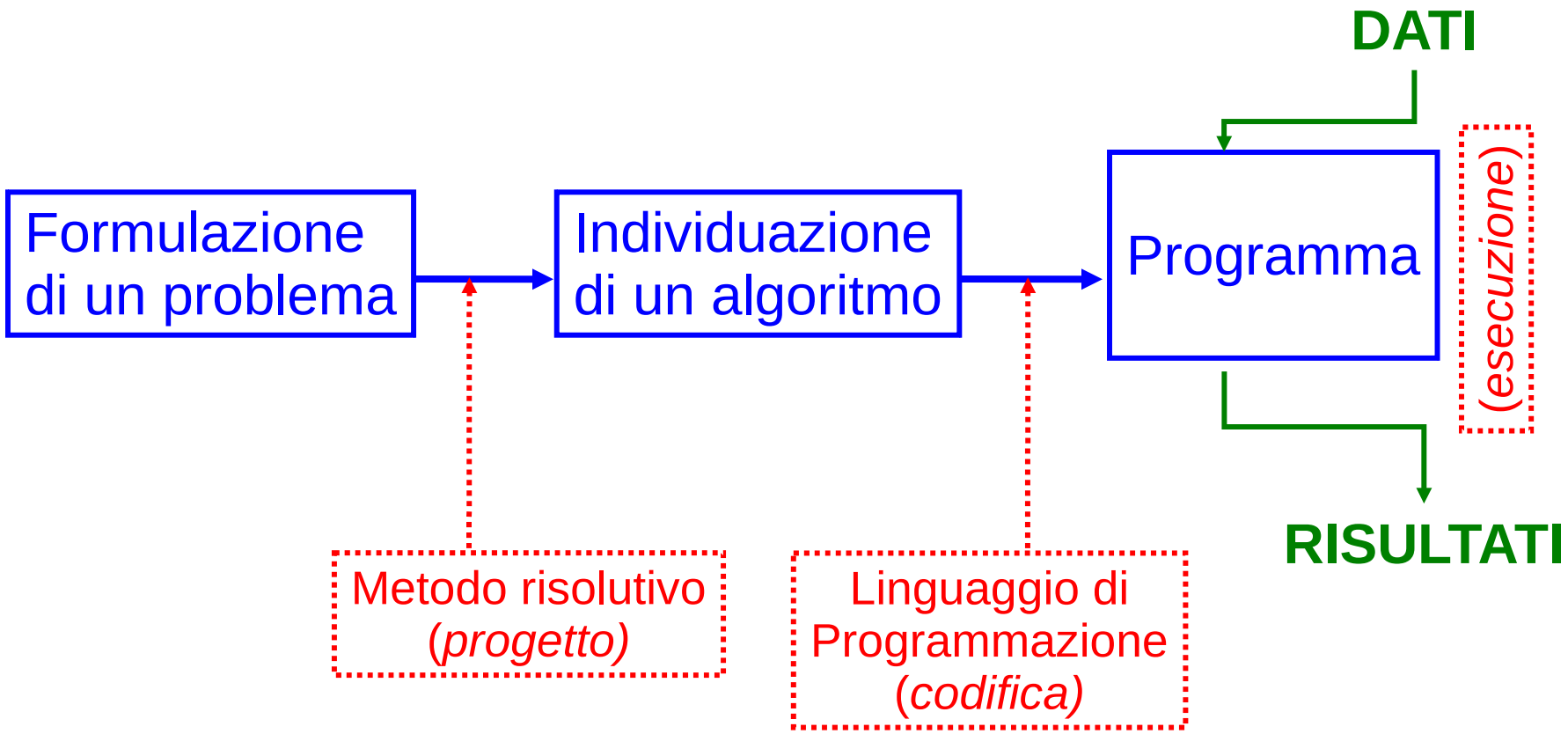
Lezione 19

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 !

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 ;
}
```

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

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
...		

Domanda

- Perché dopo un po' il costo del secondo algoritmo supera quello del primo?
  - Nonostante ciascun passo del secondo algoritmo costi di meno
  - Ossia nonostante le costanti in gioco nel secondo algoritmo siano più basse?

Pendenza

- Perché la **pendenza** del secondo algoritmo cresce, con *N*, più di quella del primo
  - E diventa via via sempre più grande di quella del primo
- Abbiamo proprio bisogno di una notazione che permetta di mettere in evidenza questo fatto
  - Che è il motivo fondamentale che rende il secondo algoritmo peggiore del primo al crescere di *N*
- Ossia una notazione che ci permetta di concentrarci sulla pendenza, indipendentemente dalle costanti in gioco

Ordine di costo 1/3

- Il concetto che ci serve è quello di ordine di costo
- Ne vediamo una definizione piuttosto informale ed incompleta
  - Perché più semplice
- Vedrete la definizione completa nel corso di Algoritmi e Strutture Dati

Ordine di costo 2/3

- Per semplificarne ulteriormente la comprensione, vediamone 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
    - esiste una costante *c* tale che
    - il numero di operazioni elementari effettuate dall'algoritmo cresce con una pendenza non maggiore di *c * N*

Ordine di costo 3/3

- La nostra definizione generale (semplificata) dell'ordine di costo di un algoritmo è la seguente:
  - Dato il numero di elementi *N* su cui un algoritmo lavora (dimensione del problema), si dice che l'algoritmo ha costo di **ordine *O(f(N))*** se
    - esiste una costante *c* tale che
    - il numero di operazioni elementari effettuate dall'algoritmo cresce con una pendenza non maggiore di *c * f(N)*

Ordini di costo notevoli 1/2

- Ordini di costo polinomiali
  - $O(N)$: l'algoritmo effettua un numero di passi proporzionale al numero di elementi su cui lavora
  - $O(N^2)$: l'algoritmo effettua un numero di passi pari al quadrato del numero di elementi su cui lavora
  - $O(N^i)$: forma generale per l'ordine di costo polinomiale, su problemi di grosse dimensioni ogni volta che i aumenta il tempo di esecuzione diviene enormemente più lungo

Ordini di costo notevoli 2/2

- Ordine di costo esponenziale
  - $O(a^N)$: 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:
  - Ordine di costo costante
    - $O(1)$: il numero di passi effettuati dall'algoritmo è **indipendente** dal numero di elementi su cui lavora

Confronto costo algoritmi 1/2

- 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
  - Se un algoritmo A ha un ordine di costo con una pendenza che cresce di più di quella dell'ordine di costo di un altro algoritmo B
    - Allora siamo sicuri che, al crescere di *N*, l'algoritmo A diventerà più costoso dell'algoritmo B

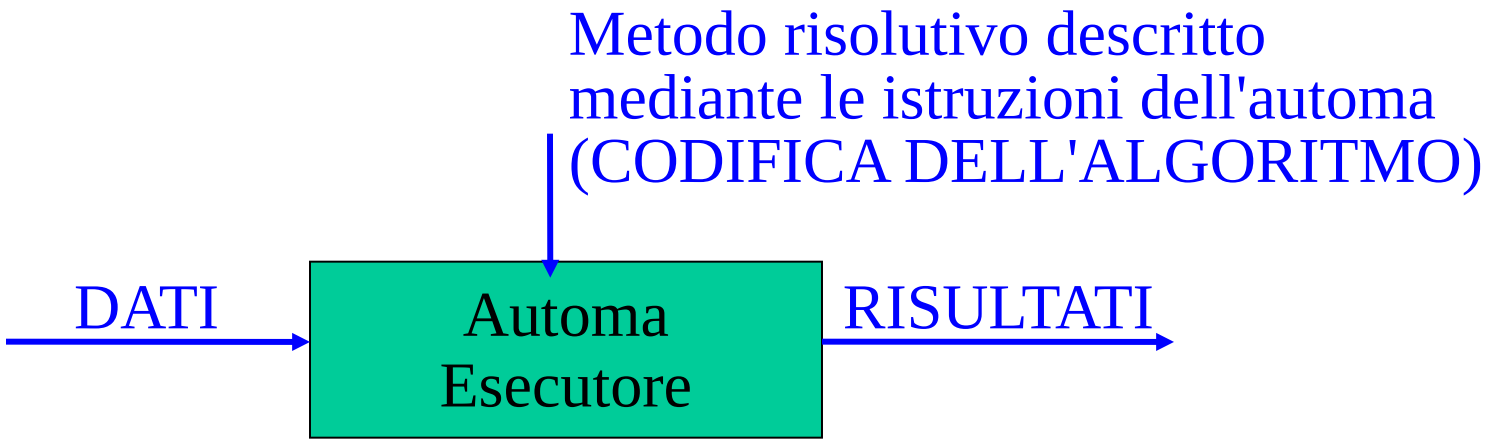
Confronto costo algoritmi 2/2

- Ma bisogna stare attenti
  - Se la dimensione *N* del problema da risolvere è sufficientemente piccola, allora un algoritmo A di ordine 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 1/2



- 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)
  - operazionale (Turing, 1912-1954)
  - sistemi di riscrittura (Post, Markov,...)

Automa esecutore 2/2

- Oppure, come sappiamo, con un dispositivo elettronico digitale
  - PC
  - Smartphone
  - Workstation
  - ...

Linguaggio di programmazione

- Un insieme di istruzioni con le precedenti caratteristiche costituisce come sappiamo un linguaggio di programmazione
- In definitiva, quando programmiamo 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++

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 dalla seconda lezione abbiamo già imparato che il processore presente in un elaboratore può eseguire solo azioni elementari, individuate mediante l'insieme di istruzioni macchina del processore stesso
  - Tale insieme è noto come linguaggio macchina del processore
  - Un programma in linguaggio macchina è una sequenza di numeri
- In linguaggio macchina non esistono i concetti di variabile, tipo di dato, programmazione strutturata e così via

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
```

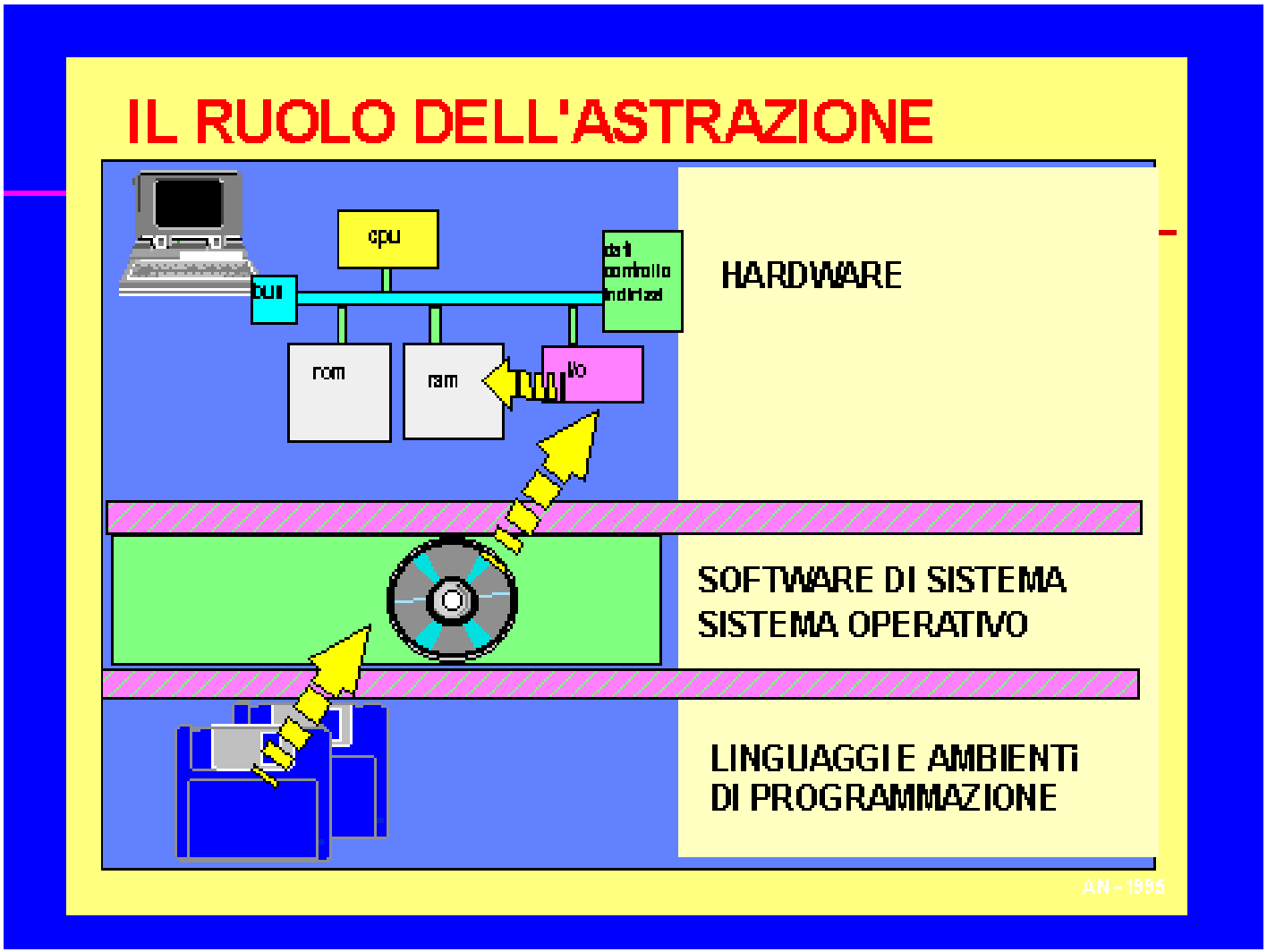
Eseguibilità e portabilità

- 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*

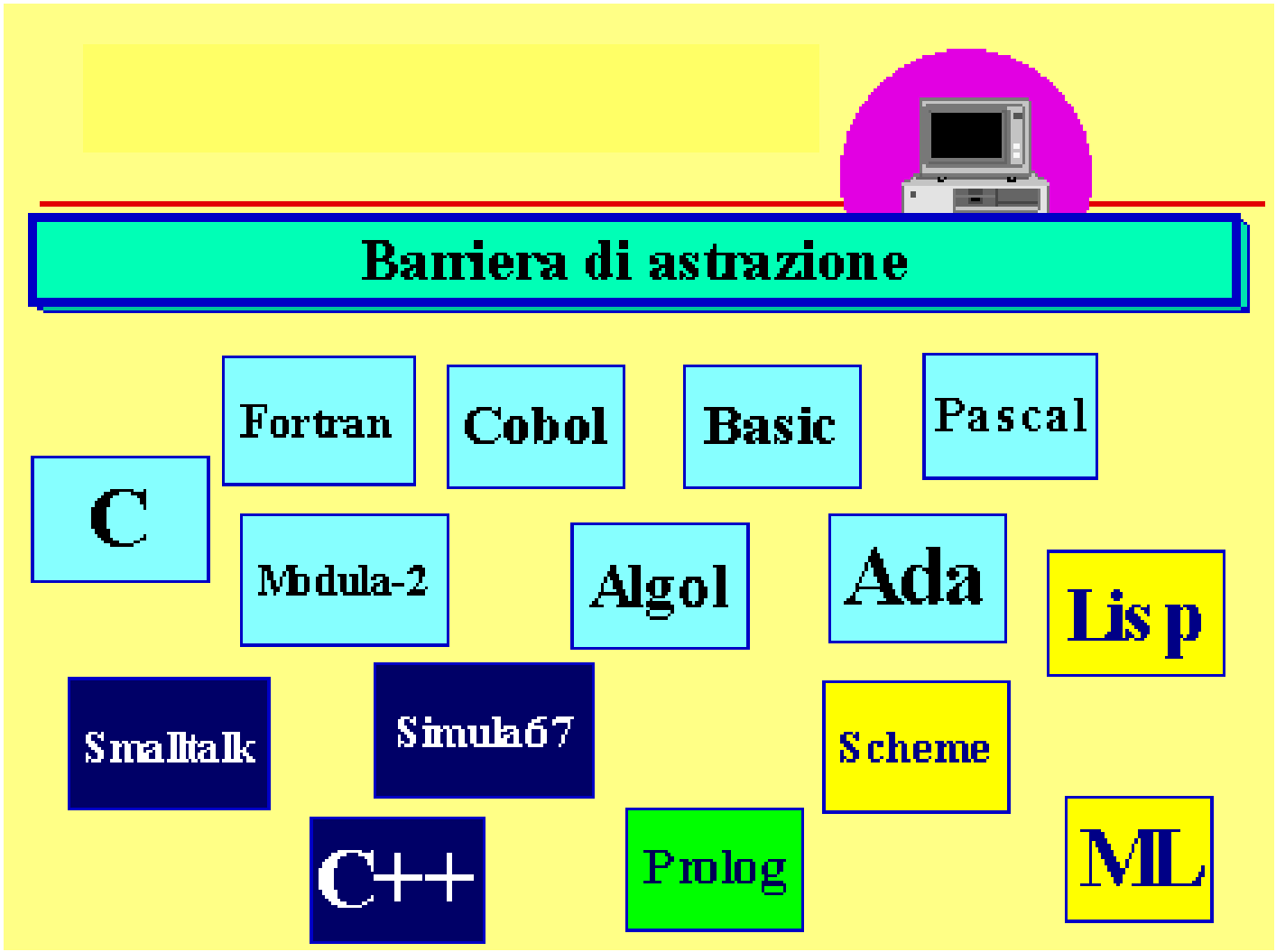
Astrazione di un elaboratore



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)

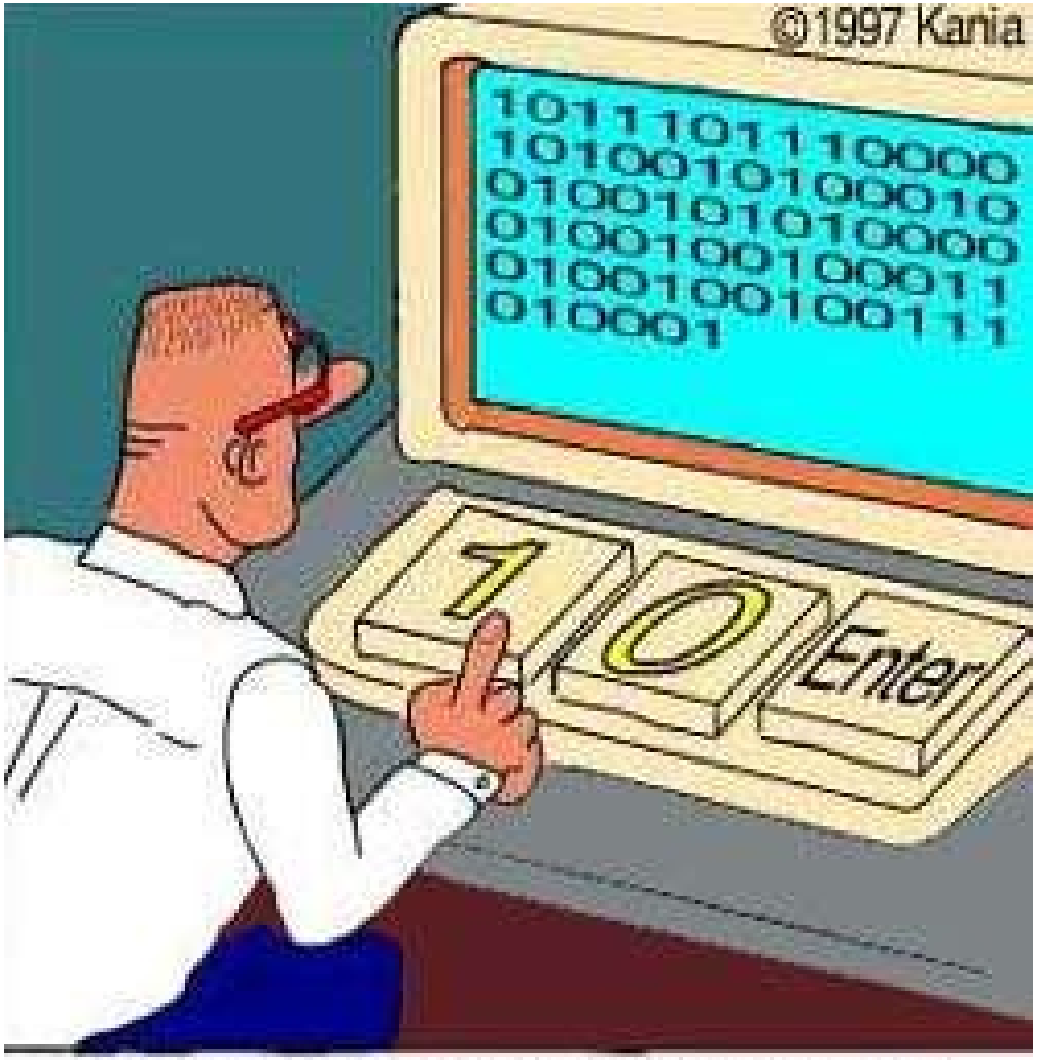
Linguaggi di alto livello 2/2



Nota conclusiva

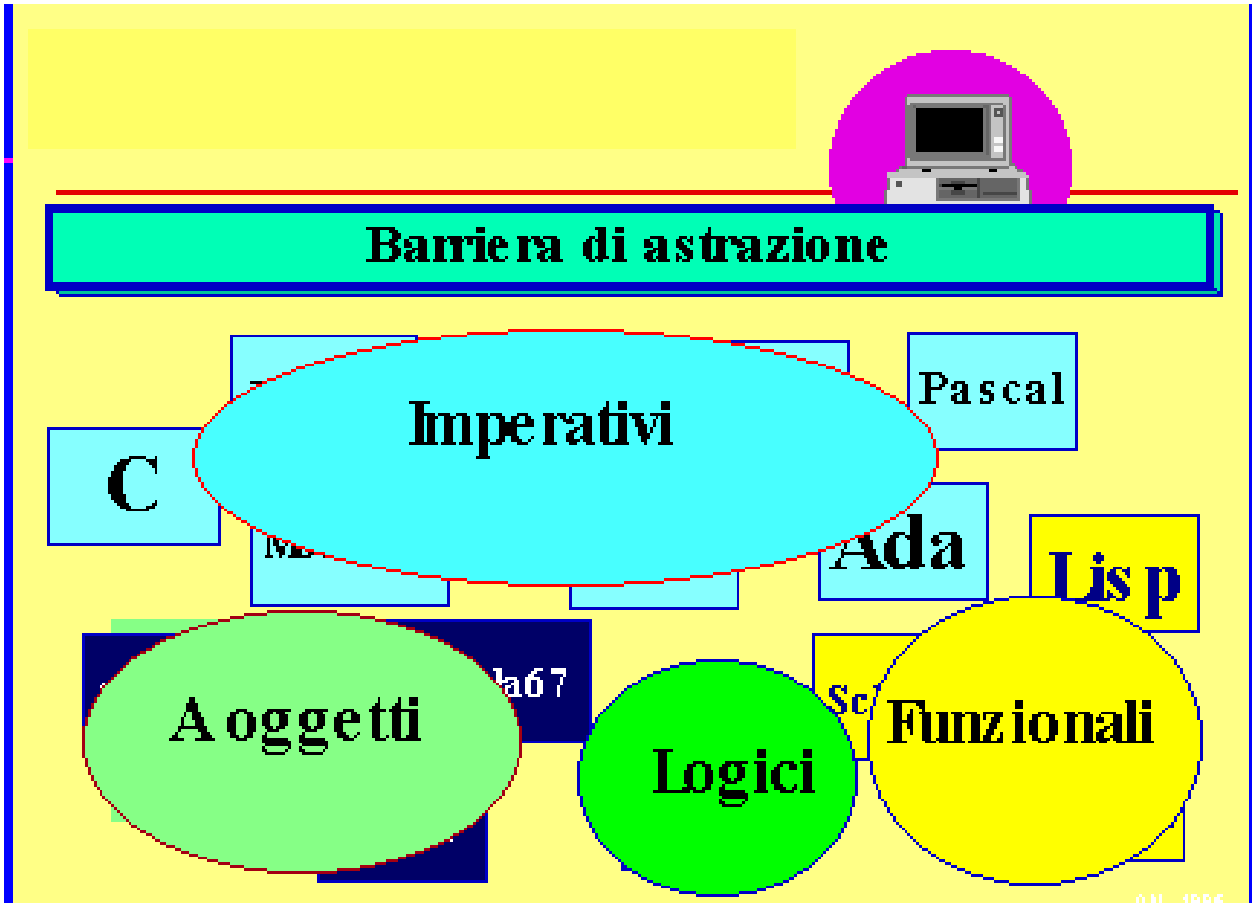
- Quindi, in generale un linguaggio di alto livello permette di codificare un algoritmo
  - con dei costrutti e delle strutture dati più vicine al dominio del problema
  - senza curarsi di quasi nessuno dei dettagli di basso livello del calcolatore su cui verrà eseguito il programma
  - ottenendo maggiore 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

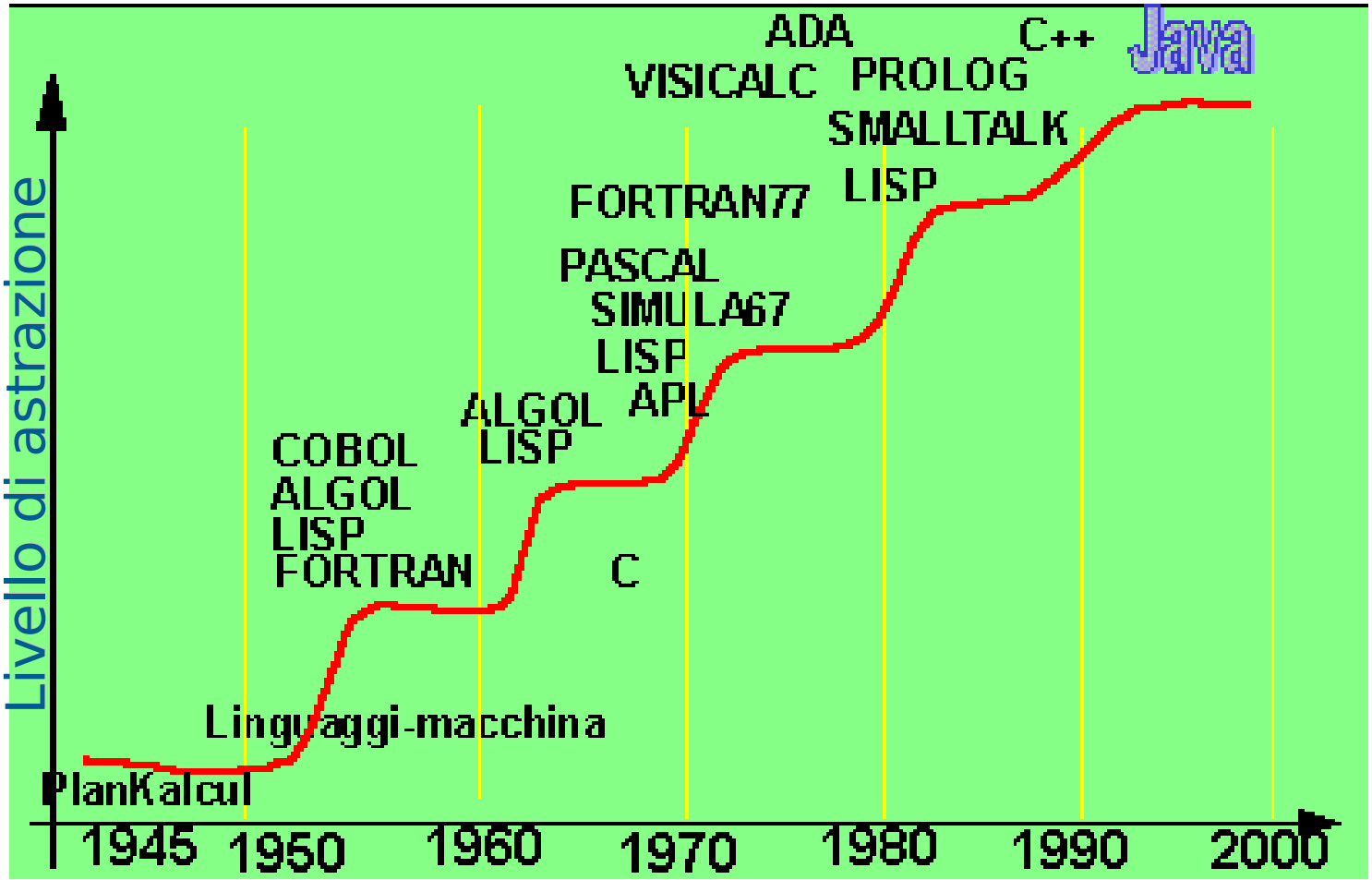


Real programmers code in binary.

Categorie


Barriera di astrazione
Imperativi
C
Pascal
Ada
Lisp
Aoggetti
Logici
Funzionali

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

- Come abbiamo visto, 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**

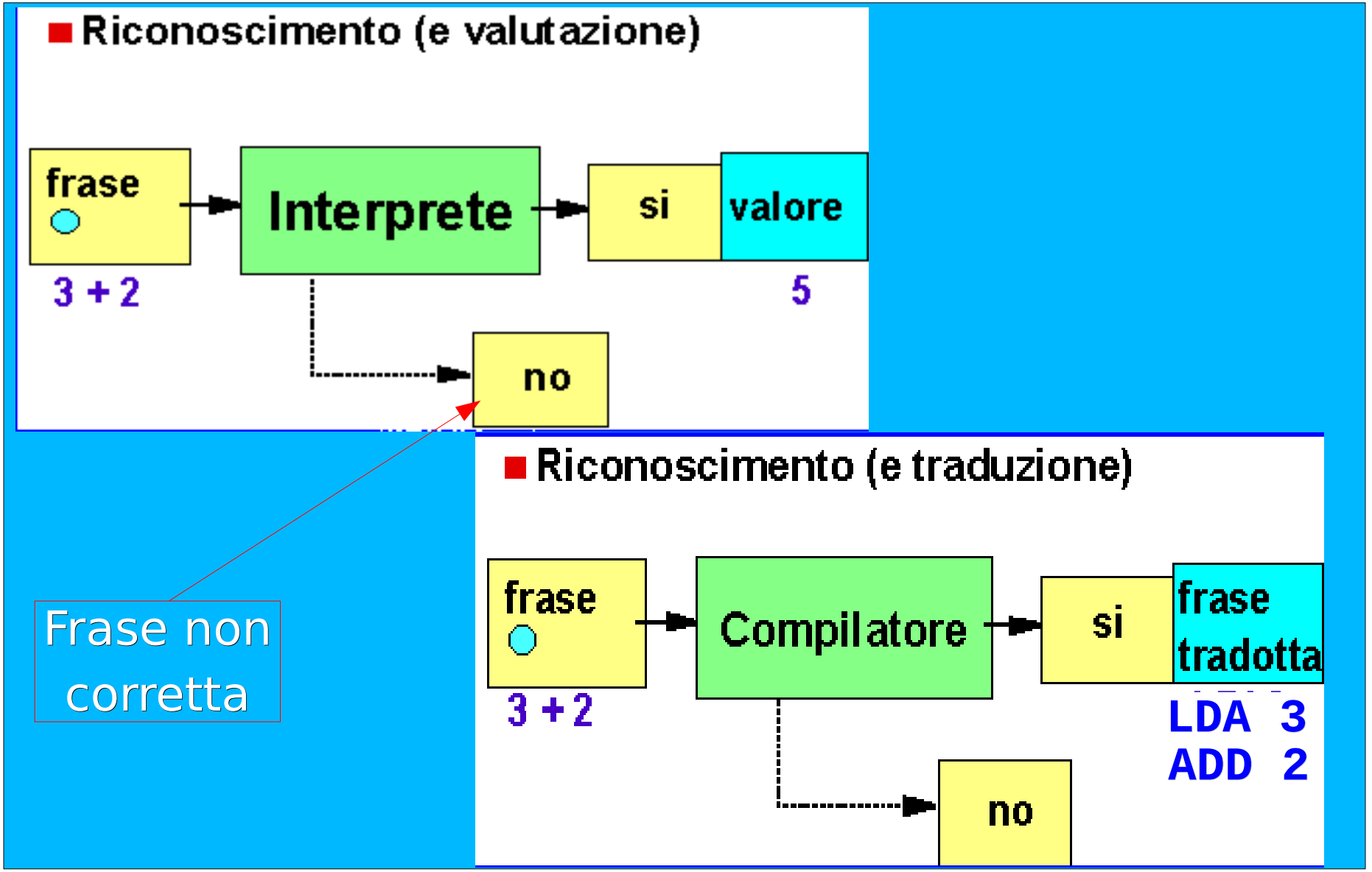
Tipi di traduttori 1/2

- 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



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`**

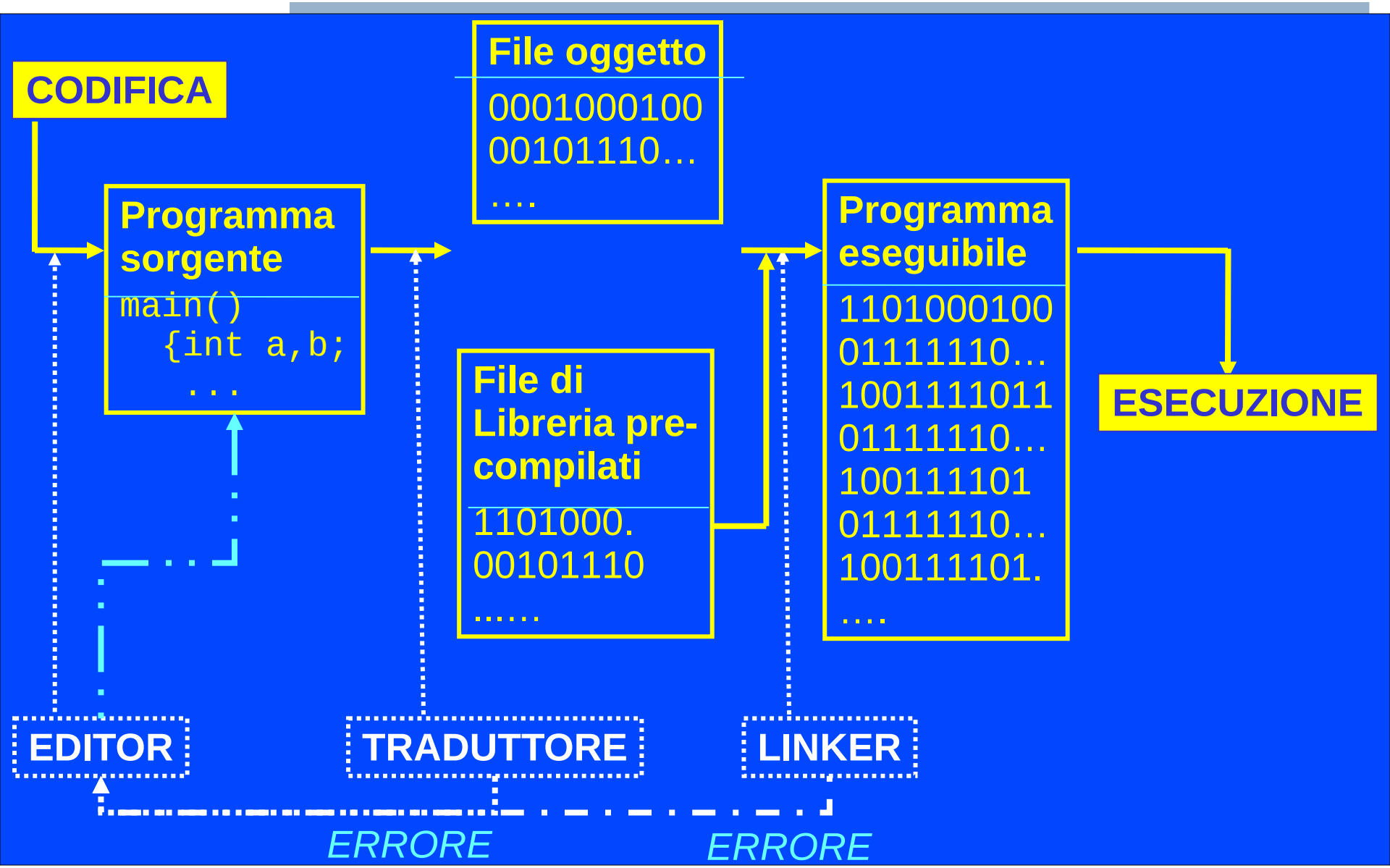
Fasi della compilazione 2/3

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 sviluppo

Quindi, per scrivere programmi in un dato linguaggio

- Bisogna conoscere almeno un **ambiente di programmazione** per tale linguaggio
- I componenti principali di un tale ambiente sono elencati nella prossima slide

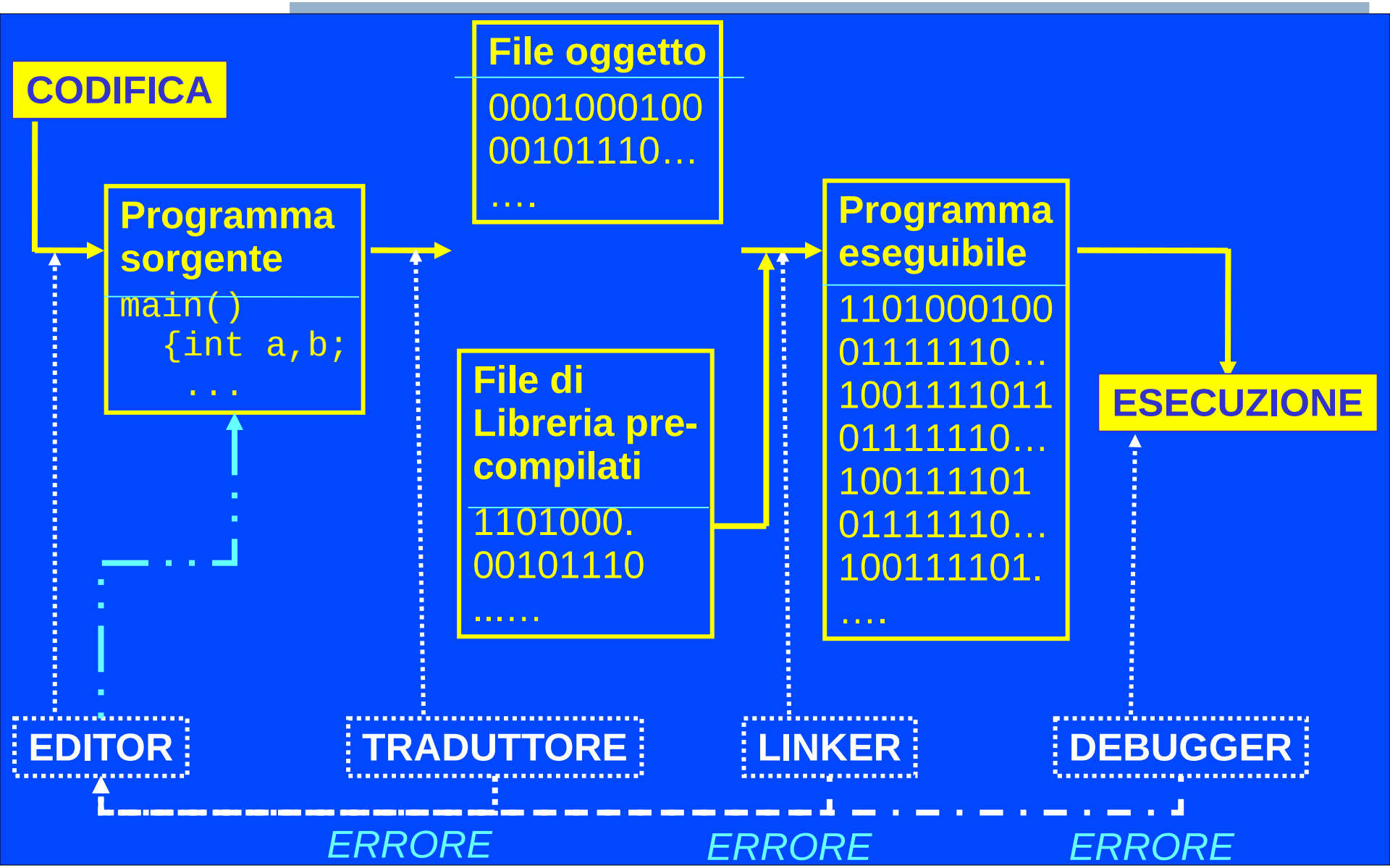
Ambiente di programmazione

- **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 fondamentalmente 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 fondamentalmente didattica)
  - Si ha maggiore indipendenza da ogni specifico strumento (si può usare/cambiare lo strumento preferito per ciascuna fase dello sviluppo)