Corso di Laurea in INFORMATICA

Algoritmi e Strutture Dati

a.a. 2011-2012

MODULO 1

L'Astrazione in programmazione: dall'algoritmo ai tipi di dati astratti

Presentazione del corso. Il ruolo delle tecniche di astrazione nel progetto di programmi

OBIETTIVI FORMATIVI

- **Viene introdotta una metodologia di progetto formale basata sulla astrazione dei dati come base per le tecniche di programmazione orientata ad oggetti.**
- **Oltre alla capacità di rappresentare in modo formale diversi tipi di problemi, saranno acquisiti i rudimenti della programmazione per classi attraverso la realizzazione di dati astratti in ambienti di programmazione orientati ad oggetti.**
- **Saranno acquisiti i principi della algoritmica, presentati in funzione del modo di utilizzo dello spazio di ricerca: le caratteristiche dei paradigmi selettivo e generativo verranno evidenziate attraverso diversi algoritmi fondamentali.**

OBIETTIVI PROFESSIONALIZZANTI

- **Capacità di integrare le tecniche di astrazione funzionale con quelle di astrazione dati nella progettazione di programmi per la soluzione di un problema, individuando le strutture dati più opportune, il metodo solutivo e la tecnica algoritmica appropriata, le tecniche di realizzazione più efficienti in un linguaggio di programmazione di riferimento, valutandone i costi ed i benefici in termini di complessità di calcolo.**
- **Capacità di implementare diverse realizzazioni degli operatori relativi a strutture dati non primitive in un linguaggio imperativo e in uno orientato ad oggetti.**

PROGRAMMA

1. L’astrazione in programmazione
2. Astrarre le strutture di dati: le Algebre di dati
3. Strutture lineari di dati: liste, pile e code
4. Cenni sulla analisi della complessità computazionale
5. Insiemi e Dizionari
6. Alberi binari
7. Code con priorità
8. Alberi n-ari
9. Grafi
10. Le tecniche algoritmiche
11. Esercitazioni su strutture e algoritmi

TESTI DI RIFERIMENTO

A. Bertossi, A. Montresor

***Algoritmi e strutture di dati*. CittàStudi, 2010**

M. Cadoli, M. Lenzerini, P. Naggar, A. Schaerf .

Fondamenti della progettazione dei programmi.
Città studi Edizioni, 1997.

C. Demetrescu, I. Finocchi, G. F. Italiano

Algoritmi e strutture dati 2/ed
Seconda edizione, McGraw-Hill, 2008.

P. Crescenzi, G. Gambosi, R. Grossi.

***Strutture di Dati e Algoritmi*, Addison-Wesley Pearson, 2006**

T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, C. Stein.

Introduzione agli algoritmi e strutture dati.
Seconda edizione, McGraw-Hill, 2005.

I PREREQUISITI A QUESTO CORSO

IL CORSO PREVEDE CHE SIANO GIA' ACQUISITI:

- ***I PRINCIPI DELLA PROGRAMMAZIONE STRUTTURATA E UN LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE IMPERATIVA;***

- ***IL CONCETTO DI TIPO DI DATI E I PRINCIPI DELLA PROGRAMMAZIONE MODULARE;***

- ***I PRINCIPI DELLA ASTRAZIONE FUNZIONALE (FUNZIONI E PROCEDURE) E I MECCANISMI DI PASSAGGIO DEI PARAMETRI.***

I PREREQUISITI A QUESTO CORSO

- ***I PRINCIPI DELLA PROGRAMMAZIONE STRUTTURATA E UN LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE IMPERATIVA;***

Linguaggi Imperativi
Un linguaggio imperativo è legato all'architettura della macchina di Von Neumann, ma ad un livello di astrazione vicino a quello dei diagrammi di flusso.
La principale attività del processore è assegnare valori a celle di memoria. Le operazioni che effettuano le istruzioni di un linguaggio imperativo si basano sul concetto di variabile.
Astrazione del concetto di locazione di memoria

I PREREQUISITI A QUESTO CORSO

- ***IL CONCETTO DI TIPO DI DATI E I PRINCIPI DELLA PROGRAMMAZIONE MODULARE;***

In programmazione un MODULO è caratterizzato da:

- la struttura interna, cioè l'insieme dei tipi, delle variabili e delle funzioni definiti nel modulo stesso;
- l'insieme dei servizi che esporta, ovvero che offre agli altri moduli;
- la modalita' con cui tali servizi possono essere utilizzati (interfaccia del modulo);
- l'insieme dei servizi che esso importa dagli altri moduli e che utilizza per le sue funzioni.

I PREREQUISITI A QUESTO CORSO

- ***I PRINCIPI DELLA ASTRAZIONE FUNZIONALE (FUNZIONI E PROCEDURE) E I MECCANISMI DI PASSAGGIO DEI PARAMETRI.***

L'ASTRAZIONE FUNZIONALE è la tecnica che permette di potenziare il linguaggio di programmazione disponibile introducendo ***NUOVI OPERATORI*** che fanno uso degli ***OPERATORI BASE***, già disponibili. La **INTESTAZIONE** del sottoprogramma/funzione introduce nome dell'operatore/funzione e argomenti mentre il **CORPO** ne descrive il comportamento.

VERRA' APPROFONDITO IL CONCETTO DI ALGORITMO COME STRUMENTO PER RISOLVERE UN BEN DEFINITO PROBLEMA DI CALCOLO.

SI INTRODURRA' IL CONCETTO DI ISTANZA DEL PROBLEMA SI STUDIERA' LA CONNESSIONE TRA ALGORITMO E ORGANIZZAZIONE DEI DATI, SI DESCRIVERANNO GLI ALGORITMI IN PSEUDOCODICE, SI INTRODURRANNO I CONCETTI DI ANALISI DEGLI ALGORITMI.

LA PROGRAMMAZIONE MODULARE IMPARATA NEL I° ANNO (PROGETTAZIONE ORIENTATA ALLE FUNZIONI), TOP-DOWN E BASATA SULLA DECOMPOSIZIONE DI PROBLEMI IN SOTTO-PROBLEMI, VERRA' SOSTITUITA DALLA PROGRAMMAIONE ORIENTATA AD OGGETTI.

SI UTILIZZERA' UNA DIVERSA METODOLOGIA DI PROGETTO PASSANDO ATTRAVERSO UNA TECNICA FORMALE BASATA SULLA ASTRAZIONE

NELLA PROGETTAZIONE DEI PROGRAMMI SI DEVE TENERE CONTO DI:

- ***PRINCIPI***,

  CIOE' LE LINEE GUIDA PER PRODURRE SOFTWARE DI QUALITA'

- ***TECNICHE***,

  CIOE' I METODI PER PRODURRE PROGRAMMI COERENTI CON I PRINCIPI

- ***STRUMENTI***,

  COME I LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE O, IN GENERE, GLI AIUTI DI VARIA NATURA UTILIZZATI NELLA PROGETTAZIONE

TRA I PRINCIPI DI PROGETTAZIONE RICORDIAMO LA

A S T R A Z I O N E

CHE DA' LUOGO A METODOLOGIE PER LA PRODUZIONE DI PROGRAMMI DEFINITE

TECNICHE DI ASTRAZIONE

(PROGRAMMAZIONE STRUTTURATA, MODULARIZZAZIONE, ASTRAZIONE DATI, etc.) CHE HANNO SEGNATO LA PROGRAMMAZIONE NEGLI ULTIMI 40 ANNI.

IN GENERALE LA ASTRAZIONE

E' la capacità di costruire teorie astratte a partire da dati empirici ed è una caratteristica fondamentale propria degli esseri umani.

In particolare il pensiero filosofico ha individuato nel tempo molte categorie astratte come per esempio il *bello*, il *bene*, il *vero*, il *giusto* etc.

Le categorie sono rappresentate e comunicate attraverso il linguaggio e lo sforzo è finalizzato al definire con precisione il significato di ciascuna categoria, disponendo di un alfabeto di simboli.

Il simbolo riassume in sé un intero insieme di conoscenze e riferimenti. La capacità di leggere e interpretare i simboli costituisce una potente modalità di ragionamento.

Costruire una astrazione significa costruire un modello

BARI
PLESSI UNIVERSITARI

FACOLTÀ E DIPARTIMENTI

1 PALAZZO ATENEO
- Facoltà di Lettere e Filosofia
- Facoltà di Scienze della Formazione

Piazza Umberto I, 1

2 Facoltà di Lingue e Letterature Straniere
Via Garruba, 6/B

3 Facoltà di Giurisprudenza
Piazza Cesare Battisti, 1

4 Dipartimento di Linguistica, Letteratura e Filologia Moderna
Via De Rossi, 233

5 Dipartimento di Scienze Storiche e Geografiche
Via Quintino Sella, 268

6 Dipartimento di Studi Classici e Cristiani
Strada Torretta, 6

7 POLICLINICO
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Piazza Giulio Cesare, 11
BUS nn. 20, 27 da Via Q. Sella

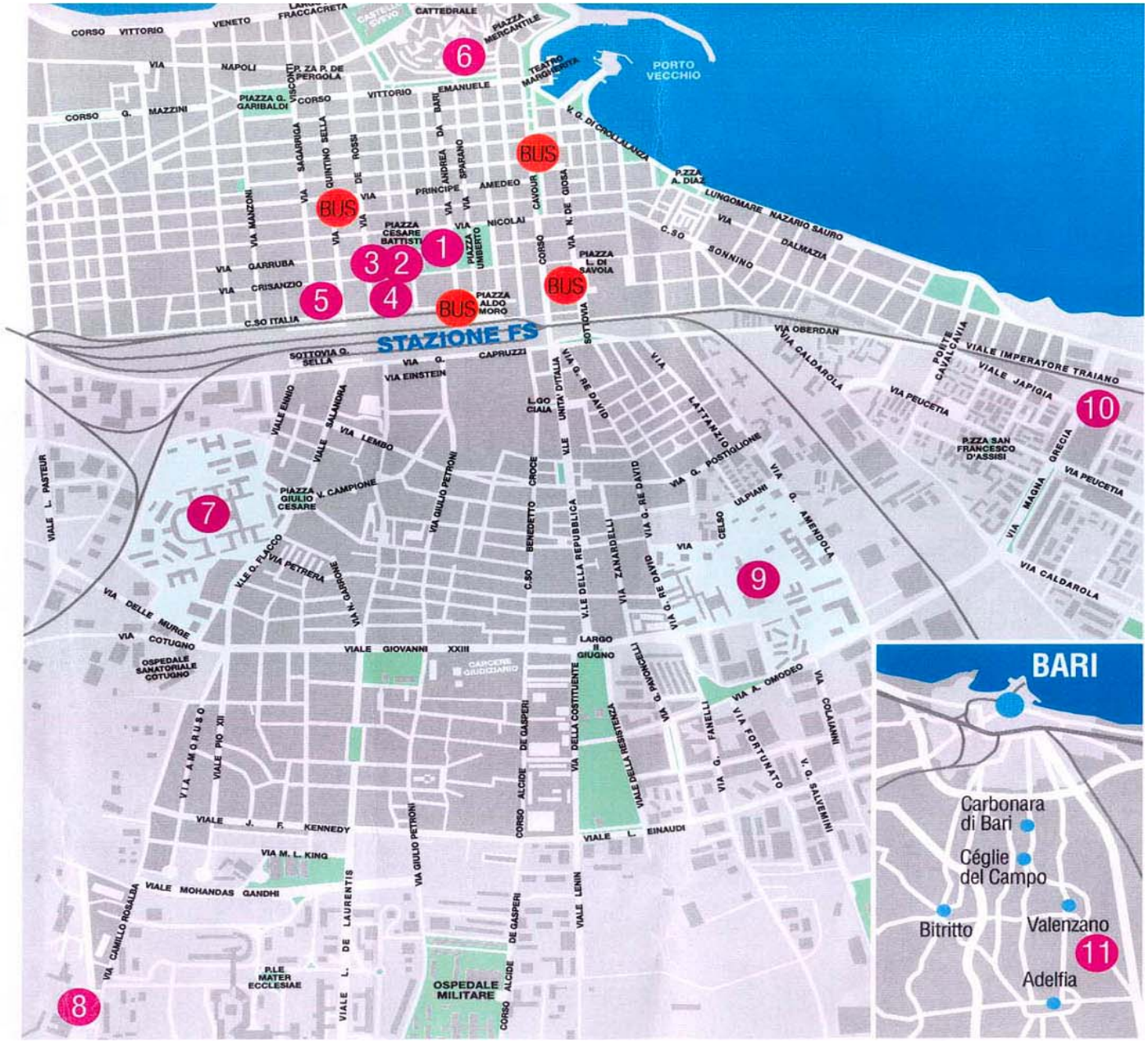
8 Facoltà di Economia
Via Camillo Rosalba, 53
BUS nn. 6, 27 da Via Q. Sella

9 CAMPUS
- Facoltà di Scienze MM. FF. NN.
Via Orabona, 4
- Facoltà di Agraria
Via Amendola, 165/A
- Facoltà di Farmacia
Via Amendola, 173
BUS n. 22 da P.zza A. Moro

10 Facoltà di Medicina Veterinaria
Istituti di:
- Anatomia Normale
- Anatomia Patologica
- Patologia Aviare

V. Caduti di tutte le guerre, 1
BUS n. 12/ da P.zza A. Moro
BUS n. 2/ da C.so Cavour

11 Facoltà di Medicina Veterinaria
Str.Prov. per Casamassima Km 3 (Valenzano)
BUS n. 4 da P.zza L. di Savoia



UN’ ASTRAZIONE CHE USIAMO QUOTIDIANAMENTE

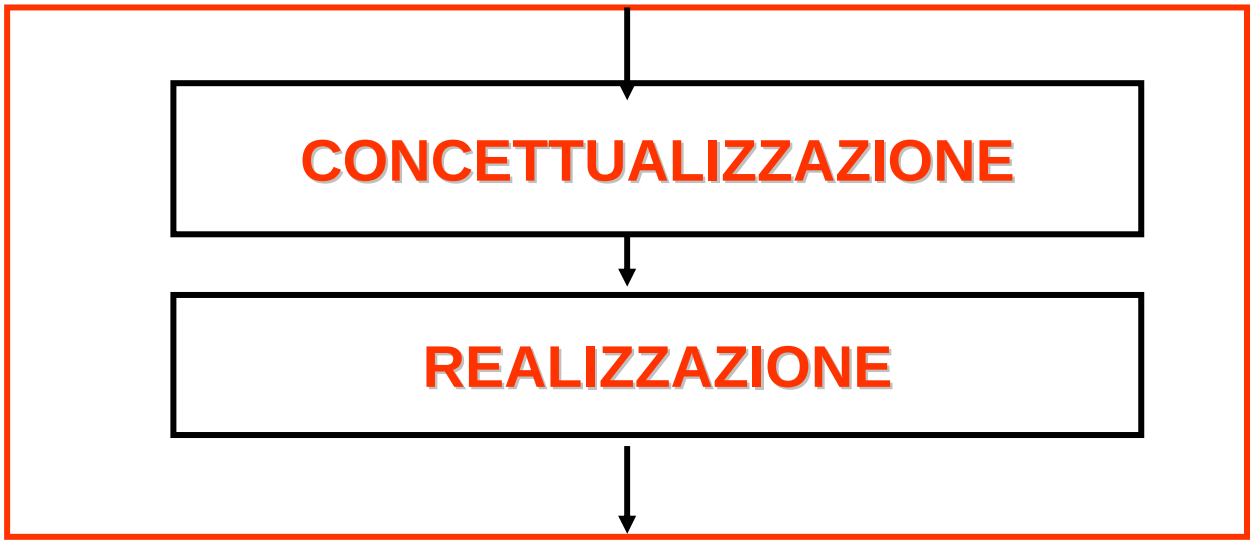
Astrazione

E’ il processo attraverso il quale ci si dimentica di una parte dell’informazione

- **effetto**
  - **cose che sono diverse diventano uguali**
- **perché?**
  - **perché si spera di semplificare l’analisi, separando gli attributi che si ritengono rilevanti da quelli che si ritiene possano essere trascurati**
  - **la rilevanza dipende dal contesto**

I PRINCIPI DI ASTRAZIONE NELLA PROGETTAZIONE DEI PROGRAMMI

DISTINZIONE TRA IL LIVELLO DI CONCETTUALIZZAZIONE E QUELLO DI REALIZZAZIONE



NELLA CONCETTUALIZZAZIONE SI ASTRAE PER DECOMPORRE, RAPPRESENTARE, GENERALIZZARE E SI ASTRAE SUI DATI E SULLE FUNZIONI

LE ATTIVITA' RELATIVE ALLA ALLA FASE DI

CONCETTUALIZZAZIONE

- INDIVIDUAZIONE DELLA SOLUZIONE AL PROBLEMA
- SPECIFICA DEGLI OGGETTI DA TRATTARE
- IDEAZIONE DELLE SCELTE ALGORITMICHE

IL RISULTATO E' LO "SCHEMA CONCETTUALE DI PROGETTO", OVVERO *la specifica* DI COSA DEVE FARE QUELLO CHE CI ACCINGIAMO A COSTRUIRE

LA FASE DI

REALIZZAZIONE

SI RIFERISCE A QUEL PROCESSO CHE, PARTENDO DALLO SCHEMA CONCETTUALE DI PROGETTO, PERMETTE DI OTTENERE QUANTO "REALIZZA" QUELLO CHE E' PREVISTO NELLO SCHEMA

(UNO SPECIFICO PROGRAMMA IN UN DEFINITO LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE).

L’astrazione nella concettualizzazione…

NELLA INDIVIDUAZIONE DELLA *STRATEGIA SOLUTIVA* DI UN PROBLEMA SI ASTRAE NEL MOMENTO IN CUI SI SCEGLIE UN METODO.
SI CERCA DI RENDERE GENERALE UN METODO SOLUTIVO MESSO A PUNTO PER UN PROBLEMA PARTICOLARE ATTRAVERSO UN PROCESSO DI GENERALIZZAZIONE
QUESTO IMPONE DI COMPRENDERE L’ESSENZA DEL METODO, PRESCINDENDO DALLA PECULIARITA’ DEL CASO PARTICOLARE.
SI TENDE AD INDIVIDUARE UN MODELLO UNICO CHE SI ADATTI A SITUAZIONI DIVERSE.

…L’astrazione nella concettualizzazione….

Primo passo nella concettualizzazione è la definizione del problema che va espresso in termini di obiettivo da raggiungere partendo da una situazione iniziale.

In termini più formali un

Problema computazionale

è la *relazione (formale)* che intercorre fra l'input e l'output desiderato

…L'astrazione nella concettualizzazione…

è poi fondamentale la definizione dell'Algoritmo

che significa:

- La *individuazione* di una *sequenza di azioni* che un esecutore deve compiere per giungere alla soluzione di un problema
- Il modo in cui *descrivere le azioni*, *rappresentare e organizzare* input, output e tutti i dati intermedi necessari per lo svolgimento

Esempio

Input: ingredienti Output: piatto cucinato

Algoritmo: ricetta Esecutore: cuoco

Problema computazionale: esempi

Minimo

Il minimo di un insieme *A* è l'elemento di *A* che è minore o uguale ad ogni elemento di *A*

$$min(A) = a \Leftrightarrow \forall b \in A : a \leq b$$

Ricerca

Sia $A=a_1,\ldots,a_n$ una sequenza di dati ordinati e distinti, $a_1 < a_2 < \cdots < a_n$. Eseguire una ricerca della posizione di un dato *v* in *A* consiste nel restituire l'indice corrispondente, se *v* è presente, oppure 0, se *v* non è presente

$$ricerca(A, v) = \begin{cases} i & \exists i \in \{1, \ldots, n\} : a_i = v \\ 0 & altrimenti \end{cases}$$

Possibili metodi solutivi (algoritmi)

Minimo

- Per trovare il minimo di un insieme, confronta ogni elemento con tutti gli altri; l'elemento che è minore di tutti è il minimo.

Ricerca

- Per trovare un valore *v* nella sequenza *A*, confronta *v* con tutti gli elementi di *A*, in ordine, e restituisci la posizione corrispondente; restituisci 0 se nessuno degli elementi corrisponde.

Algoritmi

Poiché il metodo solutivo non è unico si pone il problema della

Valutazione

Esistono algoritmi “migliori” per risolvere lo stesso problema?
Dobbiamo definire il concetto di migliore

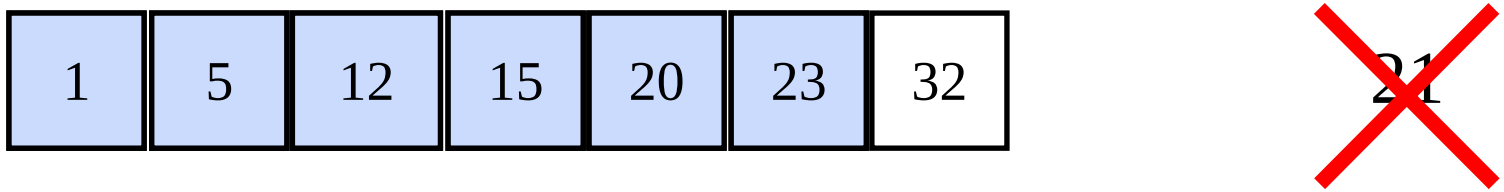
Ricerca in un array ordinato

Problema

- Dato un vettore *A* contenente *n* elementi, verificare se un certo elemento *v* è presente
- Esempi: elenco del telefono, dizionario

Una soluzione “banale”

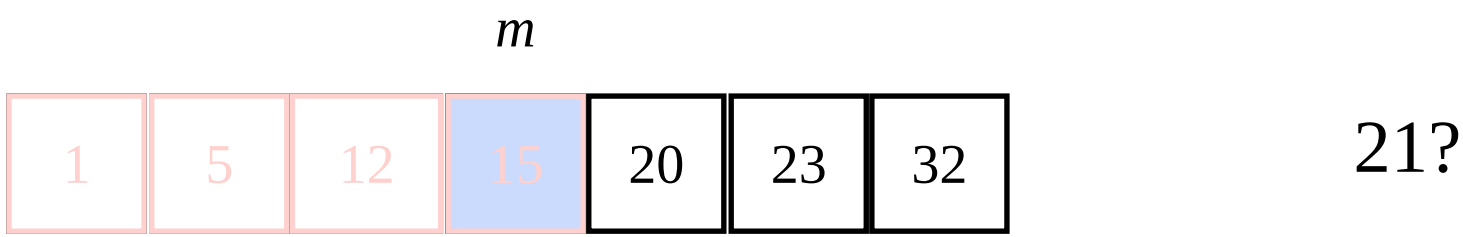
- Scorro gli elementi in ordine, finché non trovo un oggetto “maggiore o uguale” a *v*



Ricerca in un array ordinato

Una soluzione efficiente

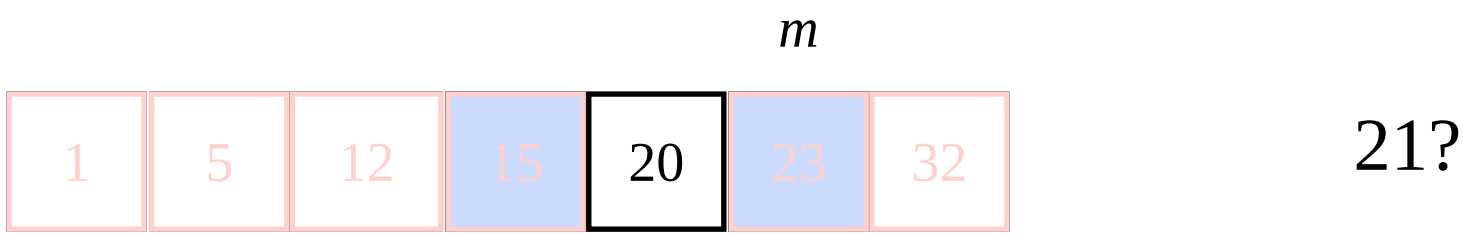
- Considero l'elemento centrale (indice *m*) del vettore
  - Se *A[m]* = *v*, ho finito
  - Se *v* < *A[m]*, cerco nella “metà di sinistra”
  - Se *A[m]* < *v*, cerco nella “metà di destra”



Ricerca in un array ordinato

Una soluzione efficiente

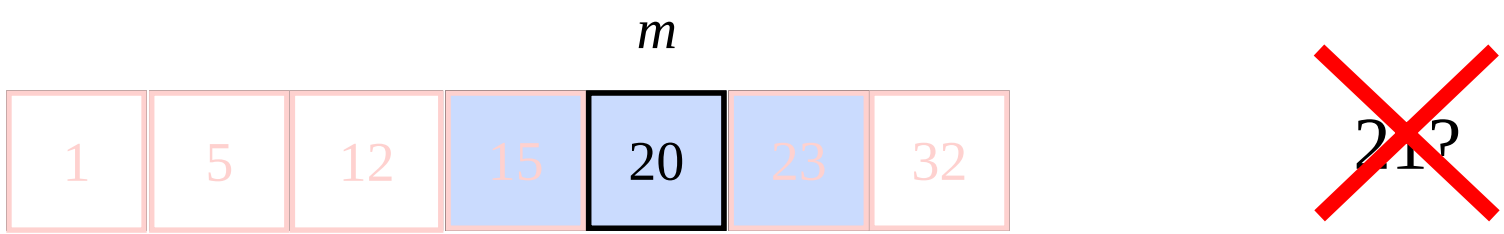
- Considero l'elemento centrale (indice *m*) del sottovettore che sto analizzando:
  - Se *A[m]=v*, ho finito
  - Se *v<A[m]*, cerco nella “metà di sinistra”
  - Se *A[m]<v*, cerco nella “metà di destra”



Ricerca in un array ordinato

Una soluzione efficiente

- Considero l'elemento centrale (indice *m*) del sottovettore che sto analizzando:
  - Se *A[m]=v*, ho finito
  - Se *v<A[m]*, cerco nella “metà di sinistra”
  - Se *A[m]<v*, cerco nella “metà di destra”



Come descrivere un algoritmo

Particolare attenzione va dedicata alla descrizione del metodo solutivo e al livello di dettaglio

- Da una ricetta di Pan di Spagna leggo: “...montare le chiare a neve...” “incorporate il composto col resto degli ingredienti”
- Cosa significa “montare le chiare a neve”? Cosa significa “incorporare il composto”?

E' necessario utilizzare una descrizione il più possibile formale, comprensibile e non ambigua.

La descrizione del metodo deve essere indipendente dal particolare linguaggio di programmazione che verrà scelto per la realizzazione, va, cioè, espressa in

“*Pseudo-codice*”

PSEUDOCODICE

CONVENZIONI

- **L'INDENTAZIONE (RIENTRO VERSO DESTRA DELLE RIGHE) SERVE AD INDICARE LA STRUTTURA A BLOCCHI DELLO PSEUDOCODICE.**
- **I COSTRUTTI ITERATIVI SONO *while*, *for* (E *repeat*)**
- **I COSTRUTTI CONDIZIONALI SONO *if*, E *if.. then.. else***
- **L'ASSEGNAZIONE E' INDICATA DA ←**
- **LE VARIABILI SONO DA INTENDERSI SEMPRE LOCALI A MENO DI ESPLICITA INDICAZIONE**
- **L'ELEMENTO DI UNA TABELLA INDICIZZATA E' INDICATO DA NOME SEGUITO DALL'INDICE IN PARENTESI**
- **GLI OPERATORI *and* E *or* SONO CORTOCIRCUITATI: SE SI VALUTA L'ESPRESSIONE *"x and y"* VA VALUTATO *x* E SE QUESTO E' FALSO NON VA VALUTATO *y***

PSEUDOCODICE

- $a \leftarrow b$
- $a \leftrightarrow b \quad \equiv \quad temp \leftarrow a; a \leftarrow b; b \leftarrow temp$
- **if** *condizione* **then** istruzione
- **if** *condizione* **then** istruzione1 **else** istruzione2
- **while** *condizione* **do** istruzione
- **for** *indice* $\leftarrow$ *estremoInferiore* **to** *estremoSuperiore* **do** istruzione
- **for** *indice* $\leftarrow$ *estremoSuperiore* **downto** *estremoInferiore* **do** istruzione

indice $\leftarrow$ *estremoInferiore*
while *indice* $\leq$ *estremoSuperiore* **do**
  istruzione
  indice $\leftarrow$ *indice* $+ 1$

indice $\leftarrow$ *estremoSuperiore*
while *indice* $\geq$ *estremoInferiore* **do**
  istruzione
  indice $\leftarrow$ *indice* $- 1$

- iif$(condizione, v_1, v_2)$
- **foreach** *elemento* $\in$ *insieme* **do** istruzione
- *% commento*
- **integer**, **real**, **boolean**
- **and**, **or**, **not**
- $+, -, \cdot, /, \lfloor x \rfloor, \lceil x \rceil, \log, x^2, \ldots$

Esempio: ricerca del minimo in un vettore

- **LE FUNZIONI, IDENTIFICATE DA UN NOME, SONO INDICATE SPECIFICANDO NOME E TIPO DEGLI ARGOMENTI**

```
ITEM min(ITEM[] A, integer n)
ITEM min ← A[1]                          % Minimo parziale
for integer i ← 2 to n do
    if A[i] < min then
        min ← A[i]                       % Nuovo minimo parziale
return min
```

Ricerca in un array ordinato

```
ITEM binarySearch(ITEM[] A, ITEM v, integer i, integer j)
if i > j then
    return 0
else
    integer m ← ⌊(i + j)/2⌋
    if A[m] = v then
        return m
    else if A[m] < v then
        return binarySearch(A, v, m + 1, j)
    else
        return binarySearch(A, v, i, m − 1)
```

Problemi aperti sugli Algoritmi

- Descrizione

  Passaggio dalla descrizione in linguaggio naturale, ad un linguaggio più formale

- Valutazione

  L'algoritmo è corretto? Esistono algoritmi "migliori" per risolvere lo stesso problema?

- Progettazione

  Problemi più complessi devono essere affrontati con opportune tecniche di programmazione

L’astrazione nella programmazione..

In **programmazione** un meccanismo di **astrazione** è l’utilizzazione di linguaggi ad alto livello (enorme semplificazione per il programmatore)

- Si usano direttamente i costrutti del linguaggio ad alto livello invece che una delle numerosissime sequenze di istruzioni in linguaggio macchina “equivalenti”

Più in generale nella **programmazione**, l’astrazione allude alla distinzione che si fa tra:

- **cosa** fa un pezzo di codice
- **come** esso è implementato

L’utente del codice è interessato a conoscere solo cosa fa il codice e non i dettagli della implementazione.

Astrazione e linguaggi...

Al fine di agevolare la progettazione, lo sviluppo e la manutenzione di sistemi software sempre più complessi, i linguaggi di programmazione offrono diverse tecniche di astrazione.

In linea di principio, un **linguaggio simbolico** è di per sé una astrazione della particolare macchina.

- Anni ‘50: introduzione di nomi mnemonici per le istruzioni e per l’accesso alla memoria (assembler)
- Anni ‘60: si inizia ad utilizzare l’astrazione come tecnica di organizzazione dei programmi: per es. tipi di dati predefiniti.

...Astrazione e linguaggi….

Alla fine degli anni ’60 si cominciò a pensare che ***è possibile costruire astrazioni su una qualsiasi classe sintattica che sottintendesse una computazione.***

1967: definizione di tipi di dati da parte del programmatore.

Espressioni → astrazione di funzioni
Comandi → astrazione di procedure
Rappresentazione → astrazione di tipo
Dichiarazione → astrazione generica

astrazione funzionale

Astrazione di dati

…Astrazione e linguaggi…

Livello di astrazione

Programmazione	Dati	Algoritmi
Linguaggio macchina	Bits	Bits
Assemblers	Symbolic Words	Op-code
Compilatori	Variables & Types	Statements
Linguaggi strutturati	Data structures	Subroutines
Ada (Modula)	Abstract Data Types	Packages (Modules)
Object Oriented	Objects	Objects

…Astrazione e linguaggi...

GLI ATTUALI LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE CONSENTONO DI:

ASTRARRE SUI DATI

LA ASTRAZIONE E' USATA PER COGLIERE GLI ASPETTI ESSENZIALI DI UNA SITUAZIONE DEL MONDO REALE ALLO SCOPO DI DEFINIRE OPPORTUNE STRUTTURE DI RAPPRESENTAZIONE CHE EVIDENZINO ALCUNI ASPETTI E NE TRASCURINO ALTRI. *(TABELLE, ELENCHI, ALBERI, MAPPE, GRAFI, IMMAGINI etc.).*

SI FA RIFERIMENTO A STRUTTURE ALGEBRICO-MATEMATICHE, CARATTERIZATE DA VALORI E DA OPERAZIONI SU TALI VALORI, PRESCINDENDO DAL MODO IN CUI QUESTE STRUTTURE SONO EFFETTIVAMENTE ORGANIZZATE E REALIZZATE.

…Astrazione e linguaggi...

I LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONECONSENTONO DI:

ASTRARRE SULLE FUNZIONI

CONCENTRANDO L'ATTENZIONE SU "COSA" FA UNA PARTICOLARE OPERAZIONE PIUTTOSTO CHE SUL "COME" E' FATTA.
SI ASTRAE DALLE MODALITA' DI REALIZZAZIONE, CI SI CONCENTRA SUL COMPITO O SULLE FUNZIONALITA'.

POICHE' LA DECOMPOSIZIONE DI UN PROBLEMA IN SOTTOPROBLEMI E' UN METODO SEMPLICE E INTUITIVO PER AFFRONTARE PROBLEMI COMPLESSI, CONSENTONO DI ASTRARRE DALLE CARATTERISTICHE PECULIARI DEI SOTTOPROBLEMI CONCENTRANDO L'ATTENZIONE SULLA LORO FUNZIONALITA' E SULLA LORO INTERAZIONE.

Decomposizione e astrazione

- **necessaria quando si devono sviluppare programmi abbastanza grandi**
  - **decomporre il problema in sotto-problemi**
  - **i moduli che risolvono i sotto-problemi devono riuscire a cooperare nella soluzione del problema originale**
- **persone diverse possono/devono essere coinvolte**
  - **si deve poter lavorare in modo indipendente (ma coerente) nello sviluppo dei diversi moduli**
  - **deve essere possibile eseguire "facilmente" (da parte di persone diverse da quelle coinvolte nello sviluppo) modifiche e aggiornamenti (manutenzione) a livello dei singoli moduli, senza influenzare il comportamento degli altri**
- **i programmi devono essere decomposti in moduli, in modo che sia facile capirne le interazioni**

Decomposizione e astrazione

- caratteristiche
  - i sotto-problemi devono avere lo stesso livello di dettaglio
  - ogni sotto-problema può essere risolto in modo indipendente
  - una combinazione delle soluzioni ai sotto-problemi risolve il problema originale
- la decomposizione può essere effettuata in modo produttivo ricorrendo all'astrazione
  - cambiamento del livello di dettaglio, nella descrizione di un problema, limitandosi a "considerare" solo alcune delle sue caratteristiche
  - si passa ad un problema più semplice
    - su questo si effettua la decomposizione in sotto-problemi
- il passo astrazione-decomposizione si può ripetere più volte finché non si arriva a sottoproblemi per cui si conosce una soluzione

Il più comune tipo di astrazione

- l'astrazione procedurale
  presente in tutti i linguaggi di programmazione
- la separazione tra "definizione" e "chiamata" rende disponibili nel linguaggio i due meccanismi fondamentali di astrazione
  - **l'astrazione attraverso parametrizzazione**
    - si astrae dall'identità di alcuni dati, rimpiazzandoli con parametri
    - si generalizza un modulo per poterlo usare in situazioni diverse
  - **l'astrazione attraverso specifica**
    - si astrae dai dettagli dell'implementazione del modulo, per limitarsi a considerare il comportamento che interessa a chi utilizza il modulo (ciò che fa, non come lo fa)
    - si rende ogni modulo indipendente dalle implementazioni dei moduli che usa

Astrazione via parametrizzazione

- l'introduzione dei parametri permette di descrivere un insieme (anche infinito) di computazioni diverse con un singolo programma che le astrae tutte

  x * x + y * y
  - descrive una computazione

  lx,y:int.(x * x + y * y)
  - descrive tutte le computazioni che si possono ottenere chiamando la procedura, cioè applicando la funzione ad una opportuna n-upla di valori

Astrazione via specifica

la procedura si presta a meccanismi di astrazione più potenti della parametrizzazione

- possiamo astrarre dalla specifica computazione descritta nel corpo della procedura, associando ad ogni procedura una specifica
  - semantica intesa della procedura
- e derivando la semantica della chiamata dalla specifica invece che dal corpo della procedura
- non è di solito supportata dal linguaggio di programmazione
  - se non in parte (vedi specifiche di tipo)
- si realizza con specifiche semi-formali
  - sintatticamente, commenti

Astrazione procedurale

STIMOLA GLI SFORZI PER EVIDENZIARE OPERAZIONI RICORRENTI O BEN CARATTERIZZATE ALL'INTERNO DELLA SOLUZIONE DI UN PROBLEMA.

CONSENTE, ATTRAVERSO L'USO DI *SOTTOPROGRAMMI,* DI POTENZIARE IL LINGUAGGIO DISPONIBILE INTRODUCENDO *NUOVI OPERATORI* CHE FANNO USO DEGLI *OPERATORI BASE*, GIÀ DISPONIBILI.

- fornita da tutti i linguaggi ad alto livello
- aggiunge nuove operazioni a quelle del linguaggio di programmazione (la macchina astratta)
- la specifica descrive le proprietà della nuova operazione
- oscura il "come" è ottenuto il risultato
- stabilisce le modalità di comunicazione tra l'unità di programma creata e il resto del programma

Astrazione procedurale

L'INTESTAZIONE DEL SOTTOPROGRAMMA INTRODUCE IL NOME E GLI ARGOMENTI DEL SOTTOPROGRAMMA MENTRE IL CORPO NE DESCRIVE LE REGOLE DI COMPORTAMENTO.

I COSTRUTTI LINGUISTICI PER REALIZZARE LA ASTRAZIONE PROCEDURALE CONSENTONO DI DEFINIRE UNA SPECIFICA E UNA REALIZZAZIONE

LA SPECIFICA DEFINISCE "COSA" CI SI ASPETTA DALLA FUNZIONE CIOÈ DEFINISCE *"LA RELAZIONE CHE CARATTERIZZA IL LEGAME TRA DATI DI INGRESSO E RISULTATI"*

LA REALIZZAZIONE DEFINISCE "COME" IL RISULTATO VIENE OTTENUTO.

AD ESEMPIO

CONSIDERIAMO LA FORMULA PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE BINOMIALE

$n , m \in n \qquad (n > m)$

$$\binom{n}{m} = n! / (m! (n - m)!)$$

CHE FORNISCE IL NUMERO DELLE POSSIBILI COMBINAZIONI DI N OGGETTI PRESI A GRUPPI DI M .

IL CALCOLO È IMMEDIATO SE SI SUPPONE DI AVERE UN OPERATORE FATT(K) CHE CALCOLA IL FATTORIALE K! PER UN GENERICO VALORE K

$$K! = K \bullet (K-1) \bullet (K-2) \bullet \ldots\ldots \bullet 3 \bullet 2 \bullet 1$$

SE FATT(K) NON È DISPONIBILE È NECESSARIO SCRIVERE UN SOTTOPROGRAMMA PER AMPLIARE IL REPERTORIO DEGLI OPERATORI.

PER IL CALCOLO DEL FATTORIALE LA SPECIFICA DIRA' CHE:

1. **L'INTESTAZIONE È UNA PAROLA RISERVATA PER INDICARE IL SOTTOPROGRAMMA SEGUITA DA UNA LISTA DI ARGOMENTI**

   FUNCTION FATT(K:INTEGER): INTEGER;

   L'INGRESSO K (argomento) E' UNA VARIABILE DI TIPO INTERO; IL RISULTATO E' ANCORA DI TIPO INTERO E SARA' ASSOCIATO ALLA VARIABILE DI NOME FATT

2. **LA FUNZIONE DA CALCOLARE E' DEFINITA COME**

   FATT(K)=K • (K-1) •……. •2 • 1 K > 1

LA REALIZZAZIONE DEFINISCE "COME" IL RISULTATO VIENE OTTENUTO.

ALLA STESSA SPECIFICA, INFATTI, POTRANNO CORRISPONDERE SCELTE DI REALIZZAZIONE DIVERSE.

LA FUNZIONE FATT POTREBBE ESSERE REALIZZATA CON UN METODO

ITERATIVO

```
FATT(intero k) → intero
  f ← 1
    for i ← 2 to k do
      f ← f * I
  return f
```

O RICORSIVO

```
FFATT(intero k) → intero
  if k = 1 then
    f ← 1 else
    f ←  k * FFATT(k-1)
  return f
```

Altri tipi di astrazione

Parametrizzazione e specifica permettono di definire vari tipi di astrazione

- **iterazione astratta**
  - permette di iterare su elementi di una collezione, senza sapere come questi vengono ottenuti
- **gerarchie di tipo**
  - permette di astrarre da specifici tipi di dato a famiglie di tipi correlati
- **tipi di dati astratti**
  - si aggiungono nuovi tipi di dato a quelli della macchina astratta del linguaggio di programmazione