

IL PENSIERO COMPUTAZIONALE: DAI CONCETTI GENERALI ALLA PROGRAMMAZIONE SOFTWARE

Prof. Marco Bernardo

Università di Urbino
Dipartimento di Scienze Pure e Applicate
Sezione di Scienze e Tecnologie dell'Informazione
Corso di Laurea in Informatica Applicata

© Febbraio 2016

Come Nasce il Pensiero Computazionale?

- Introdotto dalla docente universitaria statunitense Jeannette Wing nel 2006 nel suo articolo “**Computational Thinking**” pubblicato sulle *Communications of the ACM* (volume 49, numero 3, pagine 33–35).
- Attività intellettuale attraverso cui si definiscono delle **procedure** che vengono poi attuate da un **esecutore**, che opera nell’ambito di un contesto specifico per raggiungere degli obiettivi prefissati.
- Locuzione che caratterizza in modo sintetico il **contributo culturale** apportato dall’informatica nella società contemporanea.
- Declinazione del pensiero astratto tipico della matematica.

Cos'è il Pensiero Computazionale?

- Processo mentale finalizzato alla **risoluzione di problemi**.
- Costituito dalla combinazione di:
 - metodi caratteristici dell'informatica:
 - analisi algoritmica dei problemi;
 - rappresentazione digitale dei dati;
 - automazione delle soluzioni;
 - capacità intellettuali generali:
 - gestione della complessità;
 - confronto delle alternative.

- Non solo **tecnologie** per il trattamento automatico delle informazioni e **metodologie** per la progettazione e lo sviluppo del software.
- È la **scienza** che, per i problemi di natura computazionale, studia:
 - la loro decidibilità, cioè la loro risolvibilità in tempo finito per ogni loro istanza dei dati di ingresso;
 - le possibili soluzioni algoritmiche, in caso di decidibilità;
 - i relativi costi in termini di risorse computazionali fondamentali quali tempo, spazio e comunicazione.
- Esistono davvero dei problemi indecidibili? Sì (Gödel, Turing, Church, ...).
- Aree dell'informatica intesa come scienza:
 - teoria della calcolabilità;
 - teoria della complessità;
 - algoritmica;
 - teoria dei linguaggi formali;
 - teoria degli automi.

- Insieme di dispositivi elettromeccanici **programmabili** per l'immissione, la memorizzazione, l'elaborazione e l'emissione di informazioni.
- **Macchina programmabile** capace di svolgere infinite funzioni.
- Veicoli, elettrodomestici, ... svolgono un numero *limitato* di funzioni.
- **Hardware**: processore, memoria, tastiera, schermo (consistenza fisica).
- **Software**: sistema operativo, browser, applicazioni (intangibili, immateriali).
- Babbage, 1834: Analytical Engine (computer meccanico a schede perforate).
Turing, 1936: macchina di Turing universale (modello teorico fondazionale).
ENIAC, 1946: stanza di 9 x 15 metri, 30 tonnellate, interruttori e cavi.
Von Neumann, 1952: computer a programma memorizzato.
- Evoluzione tecnologica: tubi a vuoto → transistor (Elea 9003 Olivetti, CEP)
→ circuiti integrati → personal computer tipo desktop (P101 Olivetti)
→ personal computer tipo laptop → tablet → smartphone → ...

Algoritmo

- Sequenza **finita** di passi **interpretabili** da un **esecutore**.
- Descrizione dell'algoritmo vs. esecuzione dell'algoritmo.
- Sebbene il numero di passi elencato sia finito, l'esecuzione di tutti quei passi potrebbe richiedere un tempo non necessariamente finito.
- Nessuna specifica sulla natura dell'esecutore.
- Sebbene di norma si pensi che l'esecutore sia un computer, l'esecutore potrebbe anche essere un sistema biologico.
- Esempi: cuoco che prepara una pietanza seguendo una ricetta, ragazzo che costruisce un modellino guardando le istruzioni.
- Il termine algoritmo deriva dal nome del matematico persiano Muhammad **al-Khwarizmi** (IX secolo), autore dell'antico trattato di **al-Jabr** in cui vengono descritte procedure per risolvere equazioni.
- Concetto formalizzato per la prima volta tramite **macchina di Turing**.

Programma

- Un algoritmo viene di solito scritto in un misto tra linguaggio naturale e notazione matematica, quindi *non* è interpretabile da un computer.
- Per renderlo interpretabile, bisogna in primo luogo trascriverlo in un **linguaggio di programmazione**, ottenendo così il **programma sorgente**.
- Vocabolario e sintassi di un linguaggio di programmazione sono molto più limitati rispetto ad un linguaggio naturale (italiano, inglese, ...).
- In secondo luogo, il programma sorgente deve essere tradotto in un **programma eseguibile** equivalente, cioè una sequenza di 0 e 1 direttamente interpretabili dal computer.
- Questa operazione viene effettuata dal **compilatore** del linguaggio.
- Il programma eseguibile viene generato solo se il compilatore *non* rileva errori lessicali, sintattici o semantici nel programma sorgente.
- Ogni programma lavora su dei **dati** attraverso le proprie **istruzioni**.

- Ogni dato è caratterizzato da tre elementi.
- Un **identificatore**, che individua univocamente il dato all'interno del programma sorgente.
- Un **tipo**, che stabilisce l'insieme dei valori che il dato può assumere e quindi l'insieme delle operazioni in cui il dato può essere coinvolto nelle istruzioni del programma.
- Un **valore**, che risulta essere attribuito al dato durante un certo periodo dell'esecuzione del programma e che può eventualmente cambiare durante l'esecuzione stessa.
- I primi due elementi sono sempre specificati nella **dichiarazione** del dato, il terzo solo in caso di contestuale inizializzazione:

⟨tipo⟩ ⟨identificatore⟩;

⟨tipo⟩ ⟨identificatore⟩ = ⟨valore iniziale⟩;

Dati Costanti / Variabili

- Ogni dato può essere classificato in due diversi modi a seconda della *forma della sua dichiarazione*.
- Una **costante**, quando il valore del dato viene assegnato una volta per tutte in fase di dichiarazione e non può cambiare durante l'esecuzione:

```
const int ALTEZZA_MARCO = 182;  
#define  ALTEZZA_MARCO  182
```

- Ogni occorrenza dell'identificatore della costante nelle istruzioni del programma può essere sostituita dal valore della costante stessa.
- Una **variabile**, quando il valore del dato può essere modificato in ogni momento dell'esecuzione del programma:

```
int altezza;
```

- Una variabile funge da contenitore di un valore mutevole, perciò ad essa è associata dal compilatore una locazione di memoria la cui ampiezza dipende dal tipo specificato nella dichiarazione.

Dati Semplici / Strutturati

- Ogni dato può essere classificato in due diversi modi a seconda della *forma del suo valore*.
- Dato **semplice**, quando il suo valore non è decomponibile:
 - tipo **int** per i numeri interi;
 - tipo **double** per i numeri reali;
 - tipo **boolean** per i valori logici;
 - tipo **char** per i caratteri.
- Dato **strutturato**, quando il suo valore è composto da più sottovalori:
 - **array** o **string** quando i sottovalori sono tutti dello stesso tipo:
`int altezze[25];`
 - **record** quando i sottovalori possono essere di tipi diversi:

```
record {  
    char nome[9];  
    int lune;  
    double diametro, tempo_rotazione, tempo_orbita;  
} pianeta;
```

Istruzioni

- Un programma sorgente è composto da una **sequenza di istruzioni** che vengono eseguite, una alla volta, nell'ordine in cui sono scritte.
- Ad ogni istruzione di un linguaggio di programmazione corrisponde una sequenza di comandi direttamente interpretabili dal computer, nei quali l'istruzione stessa viene tradotta dal **compilatore**.
- Le istruzioni acquisiscono dati, li rielaborano e producono risultati.
- Nel paradigma di programmazione imperativo (procedurale o ad oggetti), le istruzioni si dividono in:
 - **istruzioni di assegnamento**;
 - **istruzioni di selezione**;
 - **istruzioni di ripetizione**.
- Le istruzioni finalizzate a svolgere un certo compito possono essere raccolte e organizzate una volta per tutte in un **sottoprogramma** che viene poi richiamato tutte le volte che serve.

Istruzioni di Assegnamento

- Sintassi:

⟨identificatore di variabile⟩ = ⟨espressione⟩;

- Semantica:

procedendo da destra a sinistra, per prima cosa viene valutata l'espressione, poi il suo valore viene memorizzato nella variabile, la quale perde quindi il valore che conteneva in precedenza.

- Esempio:

$x = (y + 2 * z) / 0.5;$

Se y vale 5 e z vale 3 subito prima dell'esecuzione dell'istruzione, x varrà 22 al termine dell'esecuzione dell'istruzione.

- Nelle espressioni si possono usare tutti gli operatori dell'aritmetica, ai quali si applicano le consuete regole di precedenza e associatività.
- Si possono inoltre utilizzare tante altre funzioni matematiche come elevamento a potenza, radice, logaritmo, ...

Istruzioni di Selezione

- Sintassi:

```
if (<espressione logica>
    <istruzione 1>
else
    <istruzione 2>
```

- Semantica:

per prima cosa viene valutata l'espressione; se il suo valore è vero, allora viene eseguita la prima istruzione, altrimenti viene eseguita la seconda istruzione.

- Esempio:

```
if (x <= y)
    z = x;
else
    z = y;
```

A **z** viene assegnato il minimo tra i due valori contenuti in **x** ed **y**.

Istruzioni di Ripetizione: while, do-while

- Sintassi:

```
while (<espressione logica>)  
    <istruzione>
```

- Semantica:

per prima cosa viene valutata l'espressione, poi viene eseguita l'istruzione fintantoché l'espressione si mantiene vera.

- L'espressione logica funge da *condizione di continuazione*; se essa è inizialmente falsa, l'istruzione non viene eseguita nemmeno una volta.

- Sintassi alternativa:

```
do  
    <istruzione>  
while (<espressione logica>);
```

- Semantica per traduzione:

```
<istruzione>  
while (<espressione logica>)  
    <istruzione>
```

Istruzioni di Ripetizione: for

- Sintassi:

```
for (<espressione di inizializzazione>;  
    <espressione logica>;  
    <espressione di aggiornamento>)  
    <istruzione>
```

- Semantica per traduzione:

```
<espressione di inizializzazione>;  
while (<espressione logica>)  
{  
    <istruzione>  
    <espressione di aggiornamento>;  
}
```

- Sia l'espressione di inizializzazione che l'espressione di aggiornamento riguardano le variabili su cui si basa la condizione di continuazione.

Sottoprogrammi

- Vengono chiamati *subroutine*, *procedure*, *funzioni* o *metodi* a seconda dello specifico linguaggio di programmazione.
- Insieme di istruzioni finalizzate a svolgere un certo compito:
 - definite una volta per tutte all'interno del programma sorgente tramite **parametri formali** (variabili di interfaccia);
 - richiamate ogni volta che serve su **parametri effettivi** (espressioni) che possono essere diversi da invocazione a invocazione e vengono sostituiti ai corrispondenti parametri formali.

- Definizione di una funzione:

```
⟨tipo risultato⟩ ⟨id. funzione⟩(⟨dich. param. formali⟩)
{
    ⟨dichiarazione dati locali⟩
    ⟨istruzioni della funzione⟩
}
```

- Invocazione di una funzione (come istruzione singola o dentro un'espressione):

```
⟨id. funzione⟩(⟨param. effettivi⟩)
```


Esempio di Sottoprogramma

- Calcolare l'altezza media in centimetri degli studenti di una classe:

```
int calcola_altezza_media(int altezze[],  
                           int numero_studenti)  
{  
    int somma_altezze = 0,  
        altezza_media,  
        i;  
  
    for (i = 0;  
         i < numero_studenti;  
         i = i + 1)  
        somma_altezze = somma_altezze + altezze[i];  
    altezza_media = somma_altezze / numero_studenti;  
    return(altezza_media);  
}
```

Variante dell'Esempio

- Calcolare l'altezza media in centimetri degli studenti di una classe *scartando le altezze che si trovano al di fuori di un certo intervallo*:

```
int calcola_altezza_media(int altezze[],
                          int numero_studenti)
{
    int somma_altezze = 0,
        numero_scarti = 0,
        altezza_media,
        i;

    for (i = 0; i < numero_studenti; i = i + 1)
        if (altezze[i] >= 150 && altezze[i] <= 180)
            somma_altezze = somma_altezze + altezze[i];
        else
            numero_scarti = numero_scarti + 1;
    numero_studenti = numero_studenti - numero_scarti;
    altezza_media = somma_altezze / numero_studenti;
    return(altezza_media);
}
```

- Diversi ambienti basati su linguaggi di programmazione visuali pensati per avvicinare bambini e ragazzi al *coding*.
- I più famosi sono *Logo* e *Scratch*.
- Non siate meri fruitori passivi delle tecnologie informatiche!
- Liberate il vostro pensiero computazionale!
- Divertitevi a sviluppare soluzioni algoritmiche ai problemi!