



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

Architettura di base dei calcolatori. Macchine teoriche

Corso di programmazione I (A-E / O-Z) AA 2023/24

Corso di Laurea Triennale in Informatica

Fabrizio Messina

fabrizio.messina@unict.it

Dipartimento di Matematica e Informatica

1. Il calcolatore
2. Modelli teorici
3. Macchina di Turing
4. Architettura di Von Neumann

Il calcolatore

Un calcolatore elettronico è dotato di alcune componenti di base che permettono di :

- memorizzare dati
- elaborare dati
- trasferire dati dall'esterno / verso l'esterno

Un calcolatore elettronico:

- permette di eseguire del lavoro (la **computazione**) in modo automatico;
- il lavoro viene specificato in forma di **algoritmo**;
- **algoritmo** va specificato in un **linguaggio** “comprensibile” per il calcolatore;

Modelli teorici

La macchina di Turing rappresenta il primo modello di calcolo che sia stato definito e riveste ancora oggi enorme importanza.

La macchina di Turing rappresenta di fatto una formalizzazione del concetto di algoritmo.

È possibile definire un **algoritmo come una particolare macchina di Turing**.

La macchina di Von Neumann è importante perchè descrive il concetto di algoritmo in modo pratico.

L'architettura dei moderni calcolatori si basa sul modello di Von Neumann.

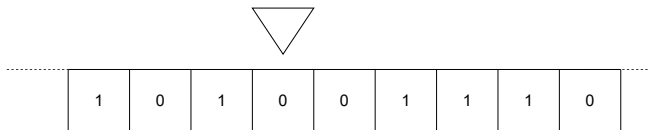
È possibile definire un algoritmo come un **programma della macchina di Von Neumann**.

Macchina di Turing

Alan Mathison Turing (1912–1954) sviluppò una macchina teorica (automa) per la quale dimostrò la possibilità di **eseguire qualsiasi algoritmo**.

La Macchina di Turing (MdT) permette di modellare il concetto di **Algoritmo**.

Macchina di Turing



Macchina di Turing (MdT) definita dai segg. elementi:

- un **nastro** di lunghezza infinita, suddiviso in celle
- il nastro contiene dei **simboli di un alfabeto finito**
- ogni cella del nastro contiene un simbolo oppure è vuota
- una **testina** si sposta lungo il nastro (dx o sx), la quale può leggere, scrivere o semplicemente cancellare il simbolo della singola cella

Comportamento della macchina di Turing.

Ad ogni singolo passo:

- la testina legge il simbolo sul nastro nella cella corrente (**input**)
- la macchina decide il suo prossimo **stato interno**
- la testina può modificare il contenuto della cella corrente sul nastro (**output**)
- la testina potrà muoversi a destra o sinistra sul nastro

In altre parole, il comportamento di una MdT può essere programmato come un insieme di regole o **quintuple** del tipo

$$(S, \alpha, S^*, \beta, \{<, >\})$$

S stato interno corrente, S^* Prossimo stato interno

α simbolo letto sulla cella del nastro, β simbolo da scrivere nella cella

$<$ significa sposta la testina a sx, $>$ significa sposta la testina a destra

Insieme degli stati interni deve includere *stato iniziale* e *stato finale*.

Il risultato della computazione sarà rappresentato *dal contenuto del nastro quando la MdT avrà raggiunto lo stato finale*.

Osservazioni:

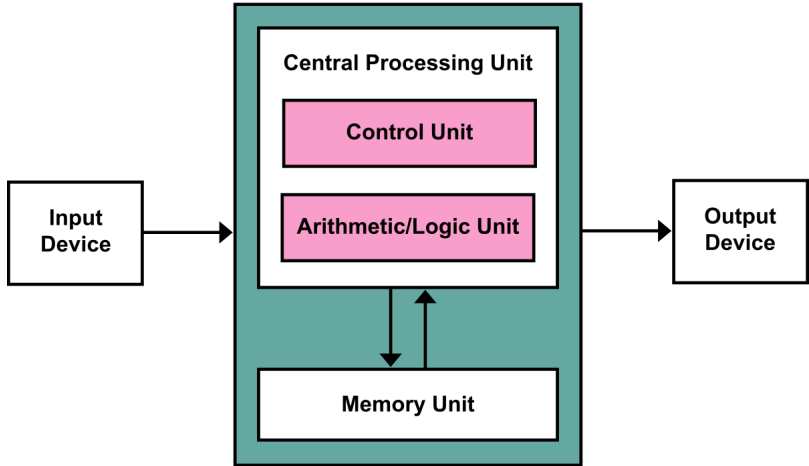
- La MdT è un dispositivo **ideale**, cioè indipendente da una sua possibile realizzazione fisica.
- Definire un insieme di regole o quintuple per definire una specifica MdT è equivalente a definire un **algoritmo per la risoluzione di un problema** (ad esempio sommare due numeri).
- Concetto di macchina di Turing universale: *MdT in grado di calcolare tutte le possibili funzioni calcolabili da ogni singola macchina di Turing.*
- Si riparerà delle caratteristiche di un algoritmo più avanti nel corso..

Architettura di Von Neumann

Von Neumann (1903 – 1957) contribuì, partendo dal progetto [ENIAC](#), alla realizzazione di un calcolatore con un'architettura adottata ancora oggi nei moderni calcolatori:

- Memoria centrale detta anche RAM (Random Access Memory)
- Processore

Architettura di Von Neumann



Una macchina di Von Neumann è definita formalmente come una terna $\{N, IS, P\}$:

- N è l'insieme dei numeri naturali (rappresenta l'alfabeto della macchina)
- IS è l'insieme delle istruzioni (Instruction Set) generiche della macchina
- P è una sequenza finita di istruzioni che operano su dati specifici (il programma).

Le istruzioni del programma P:

- vengono registrate in memoria centrale (RAM)
- eseguite secondo l'ordine specificato nel programma
- la loro esecuzione si arresta a seguito di una specifica istruzione di arresto.

Ad ogni cella in memoria è associato un indice detto anche indirizzo della locazione della memoria.

Il programma è registrato nella prima parte della memoria centrale, mentre i dati sono registrati nelle locazioni successive.

Processore:

- Program counter: una cella in memoria che contiene l'indirizzo della prossima istruzione da eseguire;
- registro delle istruzioni: locazione di memoria contenente l'istruzione da eseguire;
- unità logico-aritmetica;
- unità di controllo: sistema che si occupa dell'esecuzione dell'istruzione, controllando le altre componenti del processore;

Osservazione: una macchina che si basa sull'architettura di Von Neumann costituisce una **macchina di Turing universale!**

Questi argomenti saranno trattati in modo piú approfondito e formale durante il corso di Fondamenti di Informatica (Proff. F. Barbanera e M. Madonia)

[Dispense Pdf](#)