

# Informatica e Bioinformatica anno 2013/2014

## Architettura degli Elaboratori

Mauro Conti

18 marzo 2014

Informatica = ~~Informazione~~ automatica

Informatica è la scienza della rappresentazione e dell'elaborazione dell'informazione.

- In inglese si utilizza il termine Computer Science (scienza dei calcolatori): tutto ciò che è relativo a studio, progettazione, fabbricazione e impiego degli elaboratori.
- Un dato è un' informazione codificata in forma adatta per essere trattata da un elaboratore

Dato + Interpretazione = Informazione

## Algoritmo

Una procedura per risolvere, in un numero finito di passi, un problema.

## Programma

Traduzione di un algoritmo in una serie di istruzioni eseguibili da un computer.

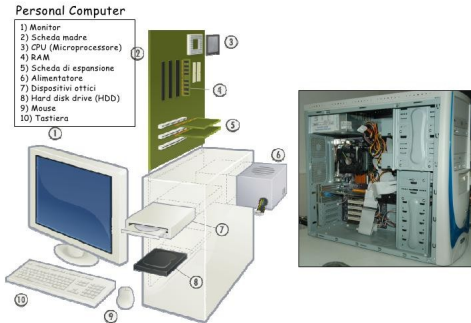
## Linguaggio di programmazione

Linguaggio rigoroso che permette la formalizzazione di un algoritmo in un programma.

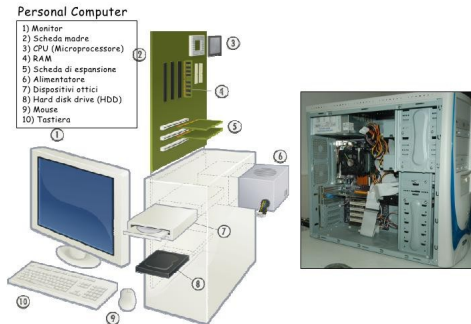
- Calcolatore: macchina digitale, elettronica ed automatica capace di effettuare trasformazioni sui dati.



- Calcolatore: macchina digitale, elettronica ed automatica capace di effettuare trasformazioni sui dati.



- Calcolatore: macchina digitale, elettronica ed automatica capace di effettuare trasformazioni sui dati.



- L'elaboratore è una macchina universale: cambiando il programma residente in memoria, è in grado di risolvere problemi di natura diversa

- Gli elaboratori sono costruiti assemblando componenti elettronici elementari per memorizzare dati ed eseguire programmi
- Informazioni inserite tramite sequenze di cifre 0, 1:
  - 0: assenza di tensione elettrica
  - 1: presenza di tensione elettrica
- un bit (~~binary digit~~), che può valere 0 o 1, è la più piccola quantità di informazione che può essere riferita.
- un byte è una sequenza di 8 bit (es. 11001010)

- Il bit è la più piccola unità di misura per i dati
- Un'altra misura di cui parleremo è la frequenza, in termini di numero di eventi al secondo: 1 evento al secondo corrisponde ad un hertz (Hz).
- Ad entrambe le misure possono essere applicati i prefissi della tabella.

Prefisso	Simbolo	Valore
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
kilo	k	$10^3$
milli	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$

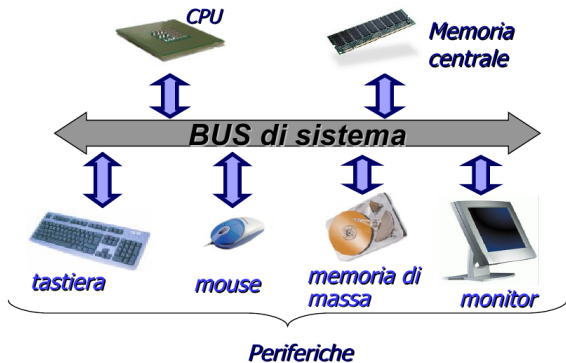


- La capacità dell'elaboratore di eseguire successioni di operazioni in modo automatico è determinata dalla presenza di un dispositivo di memoria contenente
  - i dati
  - le operazioni da eseguire su di essi (i programmi)
- Il programma viene interpretato da una unità di processamento centrale

# Architettura dell'Elaboratore-2

L'architettura di base del calcolatore è rimasta fondamentalemente la stessa: si tratta della cosiddetta architettura di Von Neumann. La sua caratteristica fondamentale è che dati e programmi risiedono nella stessa area di memoria

- Bus
- CPU
- Memoria
- Periferiche di input/output



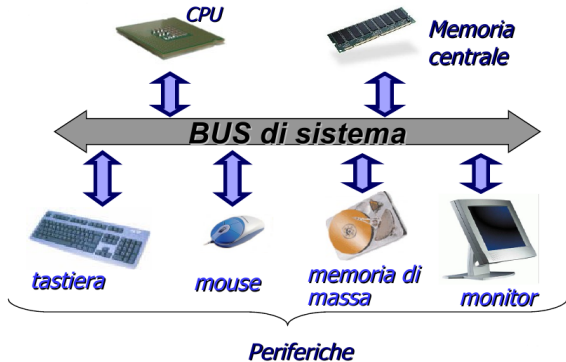
- L'architettura più consolidata per il calcolatore prevede che la CPU, la memoria e le periferiche siano collegate attraverso un unico canale di comunicazione, il bus.
- Il bus è fisicamente realizzato mediante un insieme di connettori elettrici.
- Una delle caratteristiche del Bus è il numero di bit che riesce a trasportare contemporaneamente.
- In ogni transazione sul bus:
  - Un dispositivo prende il controllo del bus

- L'architettura più consolidata per il calcolatore prevede che la CPU, la memoria e le periferiche siano collegate attraverso un unico canale di comunicazione, il bus.
- Il bus è fisicamente realizzato mediante un insieme di connettori elettrici.
- Una delle caratteristiche del Bus è il numero di bit che riesce a trasportare contemporaneamente.
- In ogni transazione sul bus:
  - Un dispositivo prende il controllo del bus
  - Invia una richiesta ad un secondo dispositivo

- L'architettura più consolidata per il calcolatore prevede che la CPU, la memoria e le periferiche siano collegate attraverso un unico canale di comunicazione, il bus.
- Il bus è fisicamente realizzato mediante un insieme di connettori elettrici.
- Una delle caratteristiche del Bus è il numero di bit che riesce a trasportare contemporaneamente.
- In ogni transazione sul bus:
  - Un dispositivo prende il controllo del bus
  - Invia una richiesta ad un secondo dispositivo
  - Svoltata la richiesta, il bus viene liberato per un'altra comunicazione.

# Architettura dell'Elaboratore

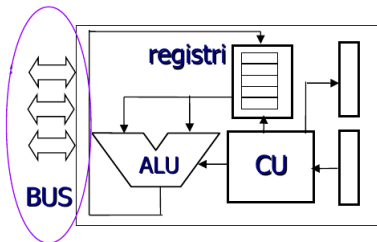
- Bus
- CPU
- Memoria
- Periferiche di input/output



La CPU (Central Processing Unit) è in grado di eseguire dei programmi, cioè sequenze di istruzioni elementari

È costituita da:

- Un'unità aritmetico-logica (ALU) per l'elaborazione dati.
- Registri: piccole celle di memoria temporanea, servono per memorizzare gli operandi per le istruzioni di calcolo dell'ALU. Si suddividono in
  - Generici: utilizzati per gli operandi di un'operazione logica/aritmetica, e il risultato
  - Speciali: per operazioni particolari (mantenere l'istruzione corrente da eseguire ecc..)
- Unità di controllo (CU): coordina le attività



- L'ALU è l'unità aritmetico-logica che esegue le istruzioni e gestisce i registri della CPU
- È un circuito in grado di eseguire operazioni aritmetiche e logiche su 2 operandi, rappresentati su  $n$  bit (es. 32/64 bit); oltre al risultato dell'operazione può produrre informazioni ulteriori (il risultato è zero, si è verificato un overflow, etc.)
- Il tipo di operazione selezionata, in un dato istante, dipende dallo stato della CU.
- Alcune delle operazioni possibili: aritmetiche, logiche, di confronto, lettura/scrittura della memoria



- I registri sono dispositivi di memorizzazione che consentono un accesso molto veloce ai dati che contengono; hanno dimensioni prefissate (es. 32/64 bit). Nella maggior parte delle architetture, le operazioni della ALU si possono effettuare solo fra dati presenti nei registri.
- I registri generici hanno lo scopo di memorizzare gli operandi per le istruzioni della ALU ed il risultato
- Alcuni registri hanno funzioni specifiche:
  - Instruction Register (IR): contiene l'istruzione da eseguire
  - program counter (PC): contiene l'indirizzo in memoria della prossima istruzione da eseguire

- Preleva dalla memoria l'istruzione da eseguire (tale istruzione è determinata dal registro PC) e salvarla nel registro IR.
- Legge l'istruzione e capisce cosa deve essere fatto: che tipo di circuito della ALU deve essere attivato, dove reperire gli eventuali operandi ecc..
- Attiva la ALU e gestisce il risultato.

- Il processore esegue le istruzioni di un programma una alla volta in sequenza: estrae le istruzioni dalla memoria, le interpreta e le esegue una dopo l'altra
- Il processore esegue ogni istruzione mediante una sequenza ben definita di operazioni detta ciclo di accesso, decodifica, esecuzione (Fetch, Decode Execute, FDE) in  $10^{-9}$  secondi.
- Fetch:
  - Lettura del contenuto della cella di memoria il cui indirizzo è il valore del registro PC
  - Copia di tale contenuto nel registro IR.
  - Incremento del valore di PC
- Decode:
  - Analizza il codice dell'istruzione: seleziona il corrispondente circuito della ALU, trova gli eventuali operandi dell'istruzione.
  - se l'istruzione è di salto, modifica il valore del registro PC
- Execute:
  - Attiva i circuiti della ALU.

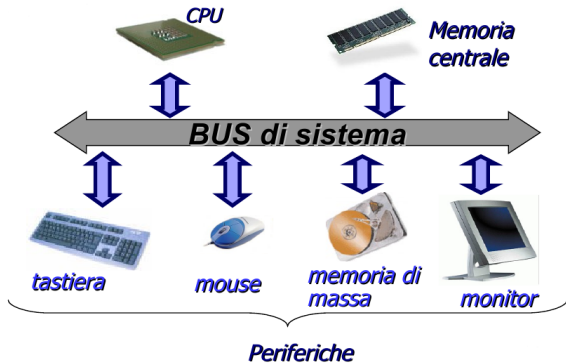
Supponiamo do dover eseguire la seguente istruzione: “somma il contenuto dei registri R1 e R3 e metti il risultato nel registro R4”. Inizialmente supponiamo di avere nel registro PC l’indirizzo dell’istruzione sopra ( $x$ )

- Fase di reperimento dell’istruzione (fetch):
  - Lettura del contenuto della cella di memoria numero  $x$
  - Copia di tale contenuto nel registro IR.
  - Incremento del valore di PC:  $PC=x + 1$
- Fase di decodifica (Decode):
  - Selezionare il circuito della somma della ALU; selezionare i registri R1 e R3 come input ed il registro R4 come output
- Fase di Esecuzione (Execute):
  - Attivare il circuito somma della ALU;

- Il processore esegue ogni istruzione mediante una sequenza ben definita di operazioni detta ciclo FDE
- L'orologio di sistema (Clock) invia impulsi ad intervalli regolari predefiniti alle altre componenti del sistema.
- La CPU utilizza gli impulsi del clock per sincronizzare le sue attività.
- La velocità del clock, ovvero Il numero di impulsi al secondo inviati dal clock, si misura in Hz.

- Il processore esegue ogni istruzione mediante una sequenza ben definita di operazioni detta ciclo FDE
- L'orologio di sistema (Clock) invia impulsi ad intervalli regolari predefiniti alle altre componenti del sistema.
- La CPU utilizza gli impulsi del clock per sincronizzare le sue attività.
- La velocità del clock, ovvero Il numero di impulsi al secondo inviati dal clock, si misura in Hz.
- Maggiore è la velocità di clock, maggiore è la velocità della CPU (Attenzione però che non è l'unico fattore per determinare la velocità di tutto il calcolatore)
- Attualmente, il clock di una CPU di un PC è sull'ordine dei gigahertz (GHz), miliardi di cicli al secondo.

- Bus
- CPU
- Memoria
- Periferiche di input/output



- Nelle memorie, come in ogni altra componente di un computer, le informazioni sono sempre rappresentate digitalmente tramite sequenze di 0 e di 1.
- Una memoria quindi memorizza numeri binari:
  - un bit può contenere o 0 o 1
  - un byte è una sequenza di 8 bit (es. 11001010)
  - una parola è una sequenza di 4/8 byte = 32/64 bit (generalmente è la dimensione dei registri nella CPU)



- Le memorie sono dispositivi per l'immagazzinamento delle informazioni
- Ogni memoria è costituita da celle, a cui si accede tramite un indirizzo. L'indirizzo massimo di memoria a cui si può accedere è indicato dalla dimensione della parola.
- Generalmente un elaboratore vi sono tre tipi di memorie:
  - Registri: contengono informazioni necessarie alla elaborazione della singola istruzione
  - Memoria centrale: contiene dati e istruzioni attualmente elaborati dal processore
  - Memorie di massa: contengono dati e programmi che non sono oggetto di elaborazione immediata

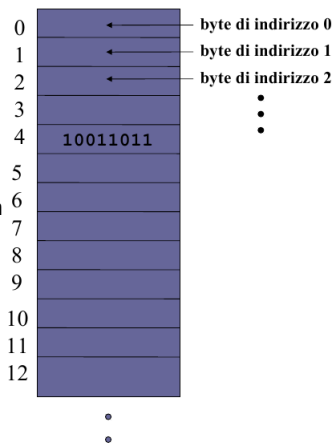
I parametri fondamentali che definiscono una memoria sono:

- Dimensione della parola (locazione di memoria)
- Modalità di accesso (diretto o sequenziale)
- Permanenza o volatilità dei dati
- Capacità (numero di locazioni disponibili), espressa in KB, MB, GB, etc.
- Tempo di accesso, necessario per accedere ad una locazione di memoria per un'operazione di lettura o scrittura, espresso in nanosec, millisec, sec

La memoria centrale o memoria principale, detta anche RAM (Random Access Memory, ovvero memoria ad accesso casuale, perchè qualsiasi cella può essere letta/scritta in un tempo, mediamente, costante), è la memoria in linea con il processore, che contiene i dati e i programmi che sono attualmente utilizzati/in esecuzione

- Un programma, quando non è oggetto di elaborazione, è memorizzato su memoria di massa (dischi)
- Quando deve essere eseguito, viene caricato tutto o in parte, in memoria centrale

- La RAM può essere considerata come una sequenza di celle
  - ciascuna cella ha la dimensione di un byte (8 bit)
  - Ogni bit è presente come stato (alto o basso) di tensione e viene rappresentato con le cifre binarie 0/1
- Ciascun byte nella memoria è individuato da un indirizzo che lo distingue da tutti gli altri, costituito da un numero variabile da 0 a  $2^N - 1$ , dove  $N$  è la dimensione in bit della parola (ovvero dei registri del processore).

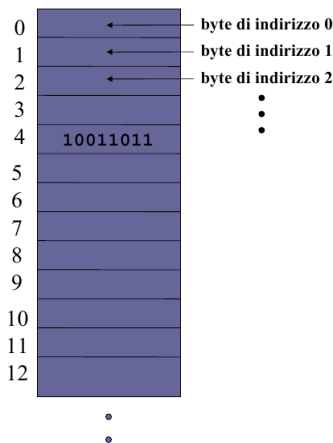


Le operazioni che si effettuano sulla memoria sono operazioni di lettura e scrittura

- Entrambe presuppongono l'utilizzo di un indirizzo che identifica univocamente la cella interessata all'operazione
- L'operazione di scrittura è distruttiva, cioè cancella l'informazione precedentemente contenuta nella cella.
- L'operazione di lettura preserva il contenuto della cella indirizzata: all'esterno della memoria centrale viene trasferita copia dell'informazione

Le caratteristiche fondamentali della memoria centrale sono:

- accesso diretto ad ogni cella (indipendentemente dal suo indirizzo)
- velocità elevata (circa  $10^{-7}$  secondi per un accesso)
- volatilità: quando il computer viene spento, i dati e i programmi presenti nella RAM vengono cancellati



Le unità di misura utilizzate per una memoria sono le seguenti:

- Kilobyte (KB) =  $2^{10}$  byte = 1024 byte
- Megabyte (MB) =  $2^{20}$  byte = 1024 KB, circa 1.000.000 byte
- Gigabyte (GB) =  $2^{30}$  byte = 1024 MB, circa 1.000.000.000 byte
- Terabyte (TB) =  $2^{40}$  byte = 1024 GB, circa 1.000.000.000.000 byte

Un moderno personal computer ha in genere da 1 a 8 Gigabyte di memoria RAM.

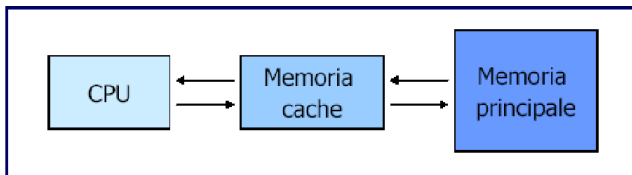
La connessione tra memoria e processore rappresenta un limite dell'architettura di Von Neumann

- Limite architetturale: il bus permette l'accesso ad una sola informazione per volta (“collo di bottiglia”)
  - Allargamento del bus dati, in modo da poter estrarre più istruzioni e/o dati per volta
- Limite tecnologico: la velocità con cui il processore ottiene le informazioni dalla memoria centrale (velocità di accesso della RAM) è inferiore alla velocità con cui è in grado di elaborarle.
  - Superamento del limite tecnologico mediante introduzione di una memoria intermedia tra memoria centrale e processore che approssimi la velocità del processore: Cache



Piccola RAM molto veloce, interposta tra CPU e memoria principale, per migliorare le prestazioni del sistema

- Quando viene indirizzata una parola, quella parola e alcune di quelle vicine vengono trasferite dalla RAM nella più piccola e veloce memoria cache, in modo che la parola richiesta di seguito sia sperabilmente accessibile più velocemente



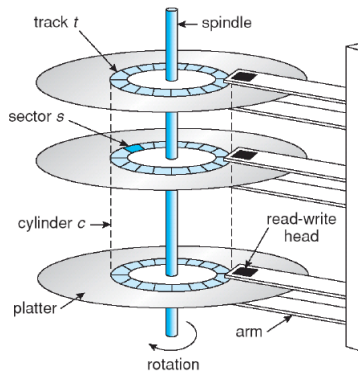
Una parte della memoria centrale è la ROM (Read Only Memory), una memoria a sola lettura, destinata a contenere informazioni non variabili

- Caratteristiche delle memorie ROM:
  - accesso casuale alle informazioni
  - velocità elevata (ma inferiore alle RAM)
- La ROM viene scritta in modo permanente in fase costruttiva: le celle della ROM non possono essere riscritte
- La ROM contiene il software e i dati necessari a far funzionare i dispositivi periferici e ad inizializzare il computer
  - All'avvio del computer, effettuano un rapido controllo di affidabilità, per accertare che tutte le componenti hardware siano perfettamente funzionanti
  - Caricano il sistema operativo dal disco
- All'accensione del computer, il registro PC contiene l'indirizzo della prima istruzione del programma della ROM

- Esistono diversi dispositivi di memoria secondaria: dischi magnetici (hard disk), dischi ottici (CD, DVD), dispositivi USB, memorie flash
- Memoria non volatile ad alta capacità
- Il disco fisso è costituito da uno o più piatti metallici ricoperti di materiale magnetico su entrambe le facce
- Ciascuna superficie è associata ad una o più testine di lettura/scrittura che si muovono radialmente per leggere/scrivere l'informazione organizzata in tracce concentriche



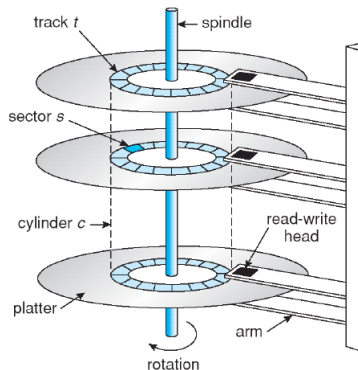
- L'informazione è disposta sul disco in tracce, ovvero in cerchi concentrici.
- Per leggere (o scrivere) sul disco, la testina si deve posizionare sulla traccia che contiene il dato ed attendere che il dato passi sotto di essa
- Le operazioni di lettura/scrittura si basano sulla proprietà del campo magnetico di indurre/essere indotto il/dal passaggio di corrente in una bobina



# Memoria Secondaria

## La memoria secondaria

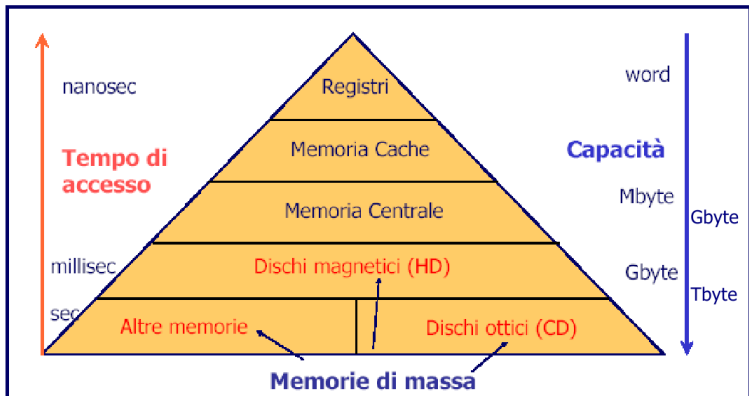
- È permanente: contiene tutto quello che si vuole salvare anche dopo lo spegnimento
- È sequenziale (il tempo di lettura/scrittura varia a seconda dell'accesso precedente)
- È adatta per leggere/scrivere grandi quantità di dati (in posizioni contigue)
- Essendo composta da parti meccaniche è sottoposta ad usura e quindi meno affidabile della RAM



I parametri fondamentali che definiscono una memoria sono:

- Dimensione della parola (locazione di memoria)
- Modalità di accesso (diretto o sequenziale)
- Permanenza o volatilità dei dati
- **Capacità** (numero di locazioni disponibili), espressa in KB, MB, GB, etc.
- **Tempo di accesso**, necessario per accedere ad una locazione di memoria per un'operazione di lettura o scrittura, espresso in nanosec, millisec, sec
- In base agli ultimi due parametri, è possibile definire una gerarchia di memorie, che va da memorie più capaci ma più lente (memorie di massa) a memorie piccole e veloci (registri)

# Gerarchia di Memorie



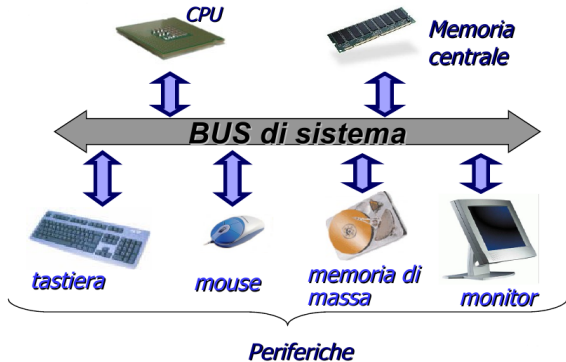
## Classificazione delle memorie in base al tempo di utilizzo dei dati

- Registri: dati in utilizzo
- Cache e RAM: dati di utilizzo in un futuro immediato
- ROM: dati permanenti (programmi) utilizzati all'avvio del calcolatore
- Memoria Secondaria: dati di utilizzo non immediato



# Architettura dell'Elaboratore

- Bus
- CPU
- Memoria
- Periferiche di input/output



Sono i dispositivi di comunicazione ed interazione tra utente e computer: consentono l'acquisizione di dati (input), la loro archiviazione (storage) e la loro presentazione verso il mondo esterno (output)

Si possono classificare in base a tre diverse caratteristiche

- Comportamento: Input (read once), output (write only), memoria (rilettura/riscrittura)
- Partner: uomo o macchina
- Velocità del flusso dei dati: quantità di dati trasferiti nell'unità di tempo da o verso la CPU o la memoria centrale

- Comportamento: Input (read once), output (write only), memoria (rilettura/riscrittura)
- Partner: uomo o macchina
- Velocità del flusso dei dati: quantità di dati trasferiti nell'unità di tempo da o verso la CPU o la memoria centrale

## Esempi:

Periferica	Comportamento	Partner	Velocità
Tastiera	Input	Uomo	lenta
Mouse	Input	Uomo	lento
Video	Output	Macchina	veloce
Scheda di Rete	I/O	Macchina	veloce