

Componenti di un elaboratore elettronico – hardware

Introduzione “che cosa è l’INFORMATICA?”

Esistono varie definizioni del termine "informatica":

- Scienza che studia l’elaborazione delle informazioni e le sue applicazioni; più precisamente si occupa della rappresentazione, dell’organizzazione e del trattamento automatico della informazione. Il termine deriva dal fr. **informatique** (composto di **INFORMATI**on e automat**IQUE**, «informazione automatica») coniato da P. Dreyfus nel 1962.(Treccani)
- Scienza applicata che studia le modalità di raccolta, di trattamento e di trasmissione delle informazioni mediante elaboratori elettronici.(CdS)
- Scienza che studia l'informazione e, più specificamente, l'elaborazione dei dati e il loro trattamento automatico per mezzo di computer.(Garzanti)

Un **sistema informatico** è l'insieme di molte parti che cooperano per memorizzare e manipolare l'**informazione**.

L'**informazione** è tutto ciò che può essere rappresentato mediante varie tipologie di dati come:

- Numeri
- Caratteri, parole e testi
- Immagini
- Suoni
- Filmati
- Comandi (istruzioni) e sequenze di comandi (programmi) da eseguire per ottenere informazioni dai dati

Le modalità di rappresentazione dipendono dalle caratteristiche del **sistema informatico** utilizzato.

Nella storia l'uomo ha usato vari strumenti di elaborazione come:



- **L'abaco**

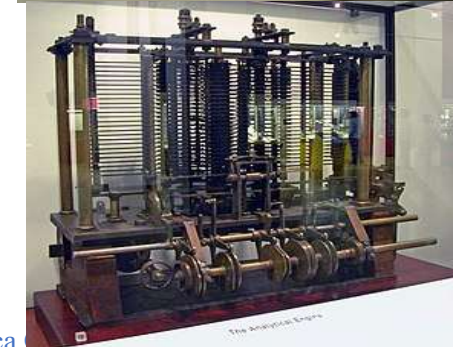
- **La macchina di Anticitera**, o meccanismo di **Antikythera**, il più antico calcolatore meccanico conosciuto



- **La Pascalina**, un dispositivo meccanico costruito dal matematico francese **Blaise Pascal**



- **L'Analytical Engine** di Babbage,



Gli elaboratori elettronici

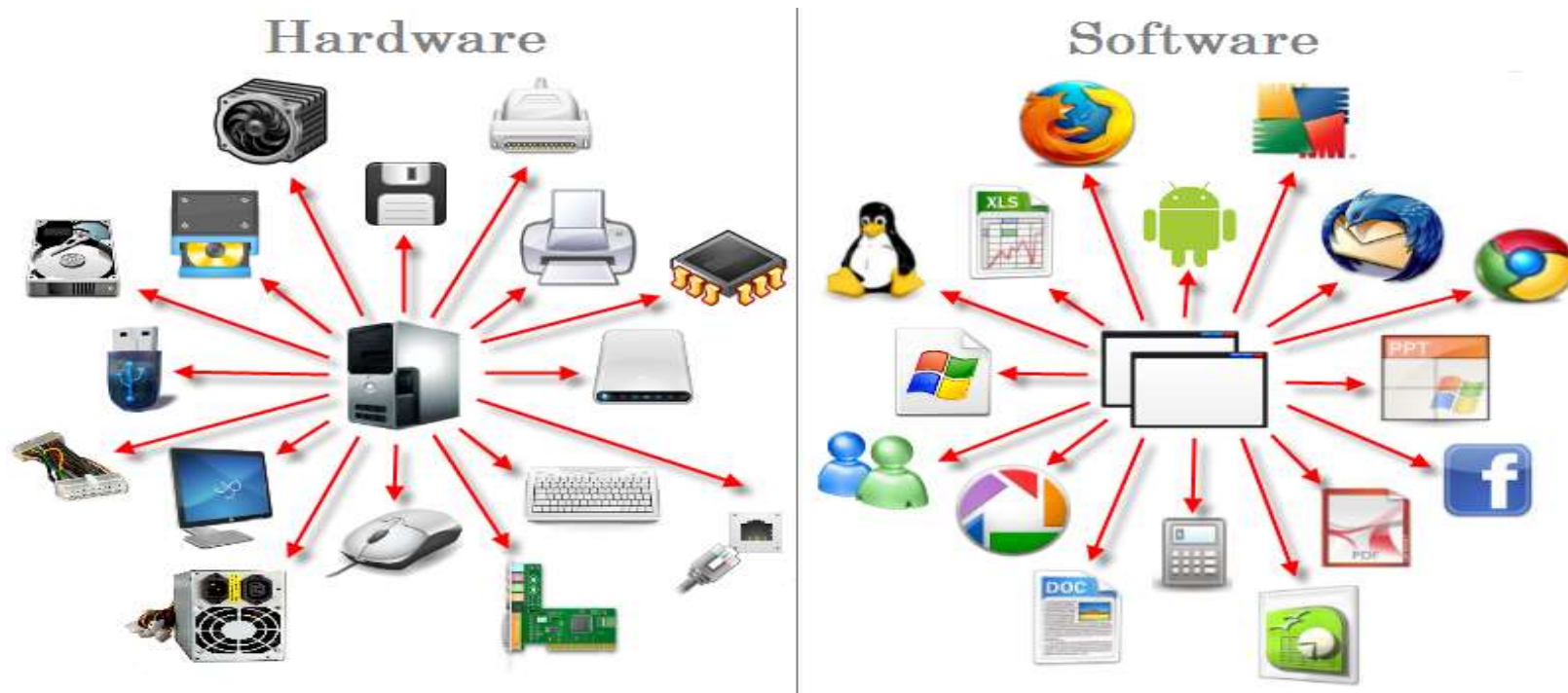
Per **sistema informatico** attualmente si intende un **elaboratore elettronico o computer** ossia l'insieme di tutti i **dispositivi elettronici** in grado di eseguire autonomamente una **serie di operazioni logiche ed elaborazioni prestabilite sui dati** in esso inseriti (**input**) fornendo un responso (**output**).

Un **elaboratore elettronico**, oltre la sua componente fisica, è costituito da una parte **metafisica costituita dai dati e comandi da eseguire**, codificati mediante una **sequenza di 1 e 0** secondo una logica binaria detta **software**.

Hardware e software

Hardware (**HARD** = RIGIDO, **WARE** = MATERIALE)

- Le componenti fisiche di un **elaboratore elettronico**, (**monitor, tastiera, mouse, hard disk, scheda madre, CPU, stampanti**).
- **Software** dati, istruzioni e programmi, che permettono ad un elaboratore di eseguire i compiti assegnati.



Tipologia di elaboratori

Una **classificazione** dei vari tipi di elaboratori viene fatta considerando le **dimensioni e la potenza di calcolo**:

- Supercomputer
- Mainframe
- Minicomputer
- Workstation
- Personal computer o PC

Spesso il confine tra una **tipologia** e l'altra è molto labile, e con la velocità dell'evoluzione tecnologica, **quello che oggi classifichiamo come workstation tra pochi mesi sarà considerato un personal computer.**

Supercomputer

Sono **computer molto potenti** utilizzati per lo più in ambito **scientifico e industriale** che sfruttano le tecnologie più moderne come **la superconduttività alle basse temperature** ed il massiccio utilizzo di **processori in parallelo**, per elaborazioni ad **altissime velocità**.

Hewlett Packard Enterprise Frontier, o **OLCF-5**, in Tennessee, USA è il **più veloce supercomputer** al mondo con **1685 petaflops**.

Un **peta** = **1000 trilioni** (un trilione è un milione di miliardi alla terza= 10^{12}), quindi **peta**= 10^{15} e flop sta per **floating point operations per second**.



Quindi un **milione di volte più potente** del più veloce **Personal Computer** con i suoi 5GHz =5 miliardi di flop= 5×10^9

Il **supercomputer giapponese Fugaku** con **537 petaflops** sviluppato da **RIKEN** e **Fujitsu** è il secondo **più veloce supercomputer** al mondo.



LUMI (Large Unified Modern Infrastructure) con i suoi **428 petaflops** è il terzo al mondo e primo in europa, locato nel **data center di Kajaani in finlandia** sviluppato della **European High-Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU)** un consorzio di alcuni paesi europei (Finlandia, Belgio, Repubblica Ceca, Danimarca, Estonia, Islanda, Norvegia, Polonia, Svezia e Svizzera).

← ↻ 📄 <https://www.top500.org/lists/top500/2022/11/>

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,730,112	1,102.00	1,685.65	21,100
2	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
3	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,220,288	309.10	428.70	6,016
4	Leonardo - BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C 2.6GHz, NVIDIA A100 5XM4 64 GB, Quad-rail NVIDIA HDR100 Infiniband, Atos EuroHPC/CINECA Italy	1,463,616	174.70	255.75	5,610
5	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,414,592	148.60	200.79	10,096
6	Sierra - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM / NVIDIA / Mellanox DOE/NNSA/LLNL United States	1,572,480	94.64	125.71	7,438
7	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 310C 1.1GHz, Sunway NBCCDC	10,649,600	93.01	125.44	15,371

Leonardo del CINECA con i suoi 255 petaflops è il computer più potente in Italia collocandosi al **quarto posto** tra le infrastrutture di calcolo più potenti al mondo.

Per saperne di più

<https://www.top500.org/lists/top500/2022/11/>

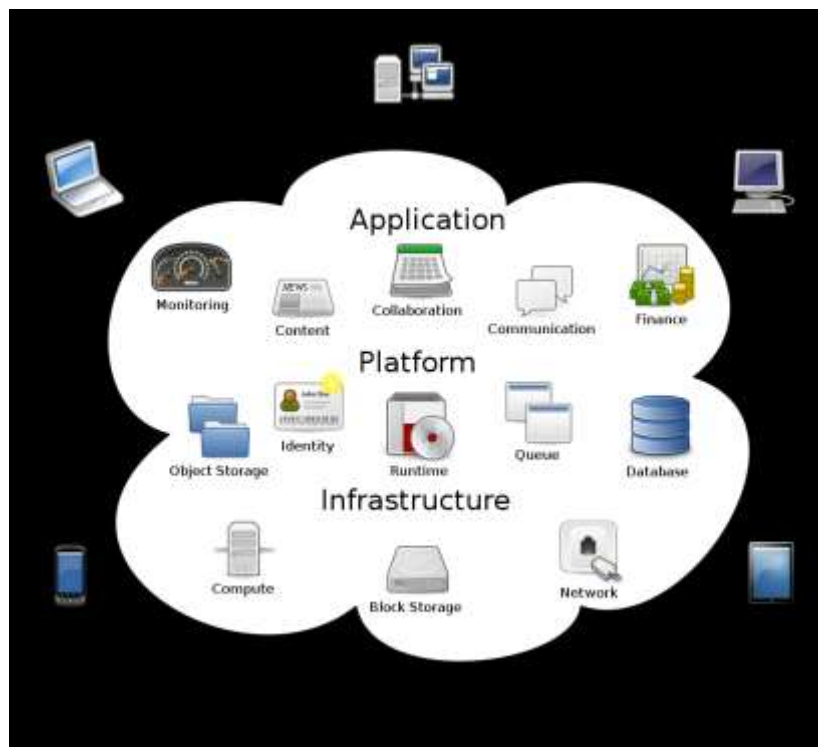
Mainframe

Sistema di grandi dimensioni, utilizzato spesso nelle reti di computer, che gestisce centinaia di elaboratori mettendo a disposizione le proprie risorse (memorie di massa e molti processori).

A volte i computer collegati ad un mainframe non posseggono unità di memoria o processori propri e per questo motivo sono chiamati **terminali stupidi**.

Diffusi, negli ospedali, nelle grandi aziende che devono mantenere notevoli quantità di dati in una unica sede ai quali devono accedere tutte le filiali periferiche.

Alcuni di essi **sono** i cosiddetti fornitori di servizi **cloud** o **nuvola** termine con cui ci si riferisce alla tecnologia che permette di elaborare e archiviare dati attraverso internet. Il **cloud** consente l'accesso ad applicazioni e dati memorizzati su un hardware remoto invece che sul computer locale.



Minicomputer

Si tratta di **sistema di medie dimensioni**, con decine di calcolatori che accedono al **minicomputer**, stesso concetto dei **mainframe** in scala ridotta.

Diffusi in realtà aziendali di piccole, medie dimensioni e anche in questo caso decine di **terminali stupidi** accedono alle risorse messe a disposizione.

Con questa tipologia di elaboratori spesso si fa riferimento al termine di **server**, una macchina a cui gli utenti si collegano, non tramite terminali, ma attraverso personal computer.

Workstation

Per **workstation** si intende un **personal computer** che ha una capacità di **elaborazione, memorizzazione, grafiche e costo** superiori a quelle di un **PC standard**.

Spesso è difficile distinguere un **PC di fascia alta** da una **workstation**, in genere la struttura di una **workstation** appare potenziata, con **monitor** capaci di **visualizzare immagini ad alta definizione**, un numero di processori (almeno 8) che consentono di trattare una grosse mole di dati (di solito di natura grafica).

Personal Computer

Un **personal computer** è un sistema indipendente dedicato ad un **unico utente**, suddivisi in diverse tipologie sempre in evoluzione.

PC: Computer Fissi

Computer da scrivania, non facilmente trasportabile, **destinato a rimanere in un luogo fisso**, collegato alla rete elettrica ed alla rete per la navigazione in internet.

Il suo aspetto esterno è dato da un contenitore metallico, detto *case* o *cabinet*, al cui interno trovano posto tutte le componenti elettroniche.

A seconda della forma si suddividono in:

Tower: a forma di parallelepipedo disposto a terra



MiniTower: simili ai **Tower** solo più larghi e bassi.



Desktop: meno ingombranti e in genere appoggiati su di una scrivania con il monitor posto sopra.



Compatti o all in one: con il case integrato nel monitor



Portatili

I **computer** (**laptop** o **notebook**) sono trasportabile, di dimensioni ridotte, con una **batteria ricaricabile** che ne permette l'uso anche in assenza di corrente.



Delle categorie particolari di notebook sono i **Netbook** di dimensioni ridotte con monitor ridotti(10-11 pollici) e peso inferiore al chilogrammo o i **Network computer** con minime capacità ma che possono collegarsi ad una unità centrale in rete (**utilizzati ad esempio dai rappresentanti per effettuare ordinativi**).

Tablet PC

Computer portatile, generalmente di piccole dimensioni e potenzialità inferiori a un notebook, dotato di schermo sensibile al tocco (*touchscreen*) e con sistema operativo diverso dai quelli dei un PC come **iOs** o **Android**.



Telefoni cellulari o Smartphone

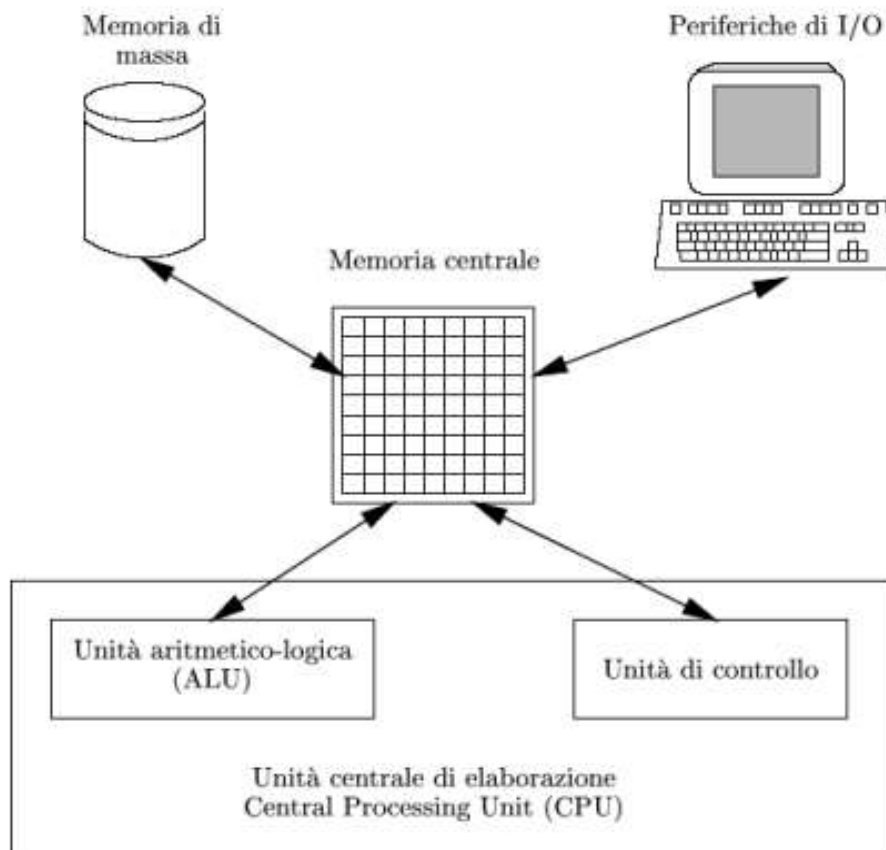
Telefoni di ultima generazione che, oltre a offrire tutte le funzionalità di telefonia, **racchiude in sé delle caratteristiche di un computer palmare**



Componenti di un computer

L'architettura dei moderni **elaboratori elettronici**, è schematizzata attraverso il modello di **Von Neumann** che **prevede**

- Le periferiche I/O dei dati;
- La memoria di massa.
- La memoria centrale
- Il processore o CPU costituito da
 - ✓ l'Unità di controllo
 - ✓ l'unità aritmetico logica o ALU



6 John Von Neumann
The Quiet Thinker

"If people do not believe that mathematics is simple, it is only because they do not realize how complicated life is."

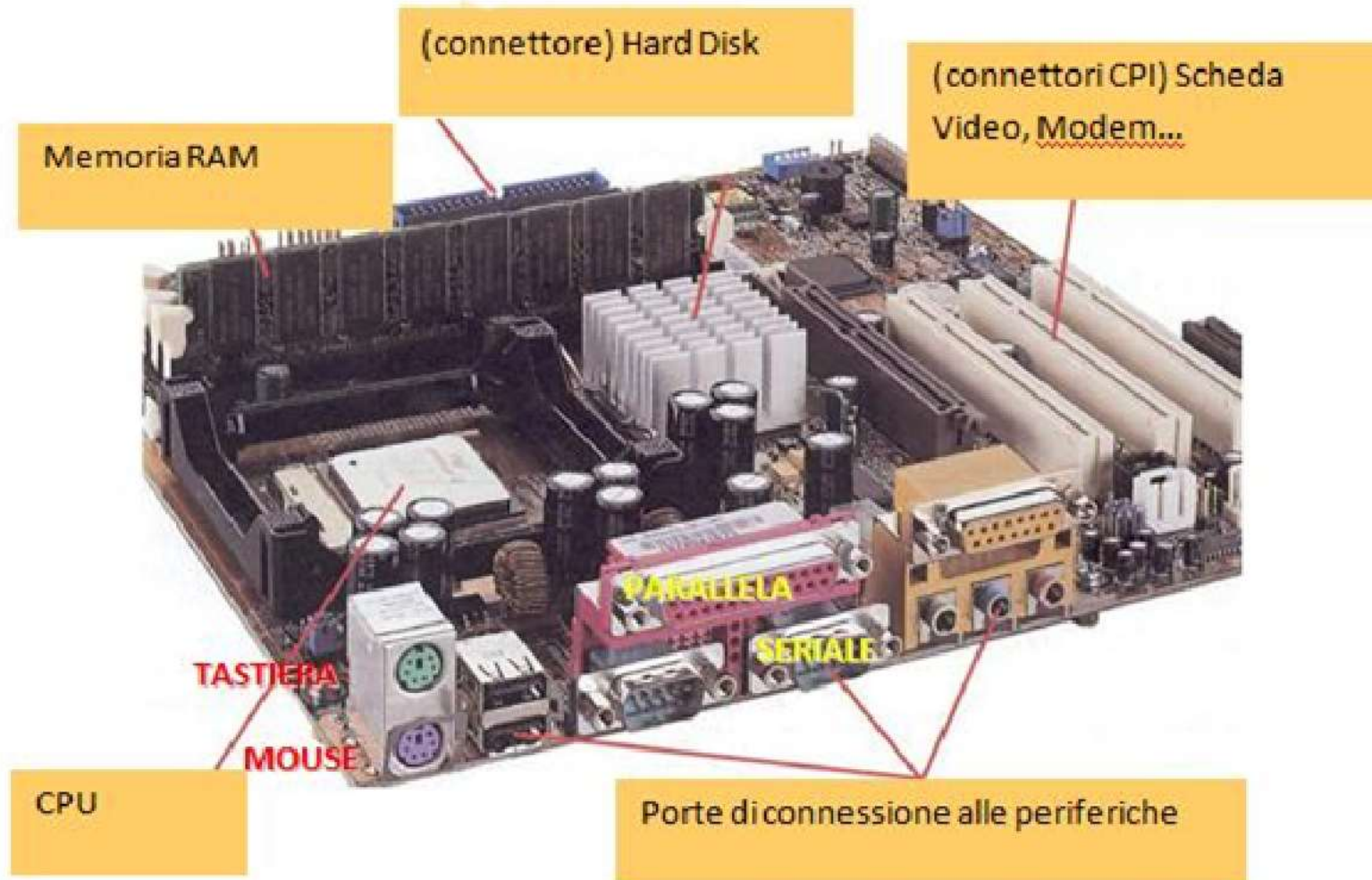
- JOHN VON NEUMANN

Nel modello di **Von Neumann**, i quattro moduli forniscono tutti i servizi necessari per il suo funzionamento che ricordiamo è l'elaborazione automatica dei dati. In particolare:

1. Il **processore** o **CPU** cuore del sistema esegue le istruzioni
2. La **memoria di massa** si occupa di immagazzinare le informazione
3. Le **memoria centrale RAM** e **ROM** a supporto del calcolo
4. Le **periferiche d'ingresso** (per caricare i dati) e le **periferiche d'uscita** (per fornire i risultati)

I quattro modulo interagiscono e cooperano tra loro, colloquiando tramite linee dedicate dette **bus**.

In realtà l'interno di un **PC** è pressappoco questo



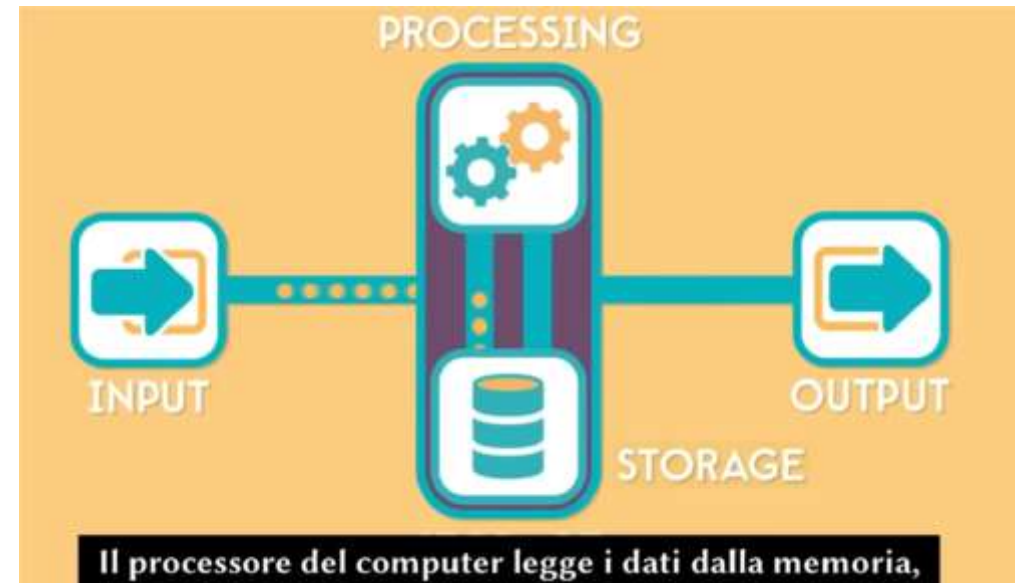
- **Scheda Madre** o **Motherboard** una piastra base sulla quale tutti i componenti sono saldati è chiamata.
- Uno o più **CPU** che controlla e gestisce tutte le operazioni del calcolatore.
- La **memoria**, divisa in:
 - **memoria interna**: residente fisicamente sulla scheda madre utilizzata come supporto al calcolo;
 - **memoria esterna**: esterna alla scheda madre e connessa attraverso appositi cavi e connettori, utilizzata per conservare i dati .
- Le **unità di input/output**, o **porte I/O**, a cui i dispositivi di **inserimento dei dati e di visualizzazione** (tastiera, mouse, monitor, stampanti, ecc.), sono collegate.

Il funzionamento di un **elaboratore elettronico** prevede:

1. L'inserimento e la memorizzazione dei dati in input
2. Il caricamento dei dati input dalla memoria interna
3. La loro manipolazione da parte di un programma anch'esso in memoria
4. La visualizzazione e l'eventuale salvataggio dei risultati della elaborazione

Schematicamente

1. Il processore legge i dati dalla memoria interna
2. Li manipola usando un programma costituito da una serie di istruzioni



3. Quindi salva nella memoria i dati elaborati.

4. Questo continua fino a che l'elaborazione dei dati ha fornito il risultato

<https://youtu.be/AG7VeCkT9qA?t=248>



Vediamo adesso in dettaglio i componenti di un elaboratore

I Processori o CPU (Central Process Unit), sono il centro operativo di un elaboratore, esso interpreta ed elabora tutti i dati in input, ed esegue tutte le relative operazioni.



Nelle dimensioni di **pochi centimetri quadrati** sono racchiusi tutta la tecnologia più evoluta che consente l'esecuzione delle singole istruzioni. Le **operazioni fondamentali** di una **CPU** sono:

1. Operazioni aritmetico/logiche.
2. Carico e Scarico dei dati.
3. Controllo di altri elementi hardware.

La CPU legge ed esegue le istruzioni contenute nella memoria principale grazie a due unità:

1. Unità di Controllo o CU (Control Unit) che si occupa di:

- Acquisire istruzioni/dati dalla memoria.
- Interpretare le istruzioni.
- Coordinare la ALU.
- Trasferisce alla memoria centrale i dati elaborati dalla CPU.

2. Unità Aritmetico Logica o ALU (Arithmetic Logic Unit) che si occupa dell'esecuzione delle operazioni logico/matematiche.

Oltre alla CU e alla ALU in un processore sono presenti dei registri, particolari memorie che contengono i dati e gli indirizzi delle istruzioni.

Una **istruzione**, codificata in una **serie di 0 e 1**, implementa

- **Operazioni aritmetiche** (ad es. somma di due numeri);
- **Operazioni logiche** (il confronto tra i valori di due dati);
- **Operazione di controllo** (ad esempio il trasferimento dei dati).

Ogni **processore** ha un insieme di istruzioni (**chipset**) in **linguaggio macchina**, e ogni operazione “complessa” è suddivisa in operazioni elementari (**cicli di istruzione**). La **velocità (o frequenza)** con cui esegue le operazioni è espressa in **milioni di operazioni al secondo**.

- ✓ Mhz Megahertz = 10^6 milioni di operazioni al secondo
- ✓ Ghz Gigahertz = 10^9 Hz miliardi di operazioni al secondo
- ✓ THz Terahertz = 10^{12} Hz migliaia di miliardi al secondo
- ✓ PHz (Petahertz) 10^{15} Hz milioni di miliardi al secondo

I processori attuali utilizzano una tecnologia **dual/quad/octa core** in un o microchip si trovano 2,4, 8 o più processori distinti.

Le memorie come tutte le apparecchiature elettroniche, distinguono solo due diversi stati fisici (acceso o spento, tensione alta o tensione bassa, passaggio di corrente o assenza di corrente) quindi ogni dato può essere memorizzato solo attraverso una sua codifica binaria (0,1), ed ogni singolo elemento prende il nome di bit. Le unità di misura superiori:

- bit singola unità di informazione
- Byte 8 bit
- KB (Kilobyte) = 1024 byte
- MB (Megabyte) = 1024KB = 1024^2 byte (milioni di byte)
- GB (Gigabyte) = 1024MB = 1024^3 byte (miliardi di byte)
- TB (Terabyte) = 1024 GB = 1024^4 byte
- PB (Petabyte) = 1024 TB = 1024^5 byte

Si utilizza $1024 = 2^{10}$ essendo la potenza del 2 più vicina a 1000.

Abbiamo visto che la **memoria** è divisa in:

- **memoria interna**

- RAM (Random Access Memory)
- ROM (Read Only Memory).

- **memoria esterna**

- Hard disk (interni ed esterni)
- chiavette USB flash
- CD/DVD (e dischi blue ray)
- Memory card
- Dischi on line

La memoria interna: la memoria RAM



La **RAM** (**R**andom **A**ccess **M**emory) è una memoria di tipo elettrico ad accesso diretto, nel senso che il **processore** può accedere direttamente a **qualsiasi elemento di essa**, quindi a qualsiasi dato e/o programma immagazzinati in essa.

La **RAM** contiene quindi i **dati e/o programma che il computer sta elaborando**, il suo contenuto può essere scritto, modificato e cancellato ma allo **spegnimento del computer essa viene completamente cancellata**. Per questa ragione la **RAM viene anche detta memoria volatile**.

La memoria interna:la ROM



La memoria **ROM** (**Read Only Memory**) a differenza della **RAM**, mantiene le informazioni anche in caso di mancanza di corrente, ed in essa sono contenute le informazioni per l'avvio.

All'accensione del computer, il **processore** acquisisce le caratteristiche di tutte le componenti hardware presenti, attraverso un programma detto **BIOS** (**Basic Input Output System**) presente nella **ROM** che viene caricato ed eseguito all'avvio detta **bootstrap** si articola in tre fasi:

- 1.verifica dell'hardware,
- 2.attivazione dell'hardware,
- 3.avvio del software di base del computer, il sistema operativo che vedremo quando si parlerà del software.

La memoria interna:la CACHE

La memoria **cache** è una memoria di transito, **molto veloce**, più della **RAM**, tra la **CPU e la RAM** e tra la **RAM e la memoria esterna**. Essa contiene i dati utilizzati dalla **CPU**, e quando essa richiede un **dato**, questo viene prima ricercato nella memoria **cache**, in caso negativo, l'informazione viene recuperata dalla memoria centrale.

Generalmente un elaboratore ha due livelli di cache:

1. Cache di 1° livello, con dimensioni da 8Kb fino a 128Kb, che funziona con la stessa velocità del processore.
2. Cache di 2° livello, posta usualmente in un chip diverso dal processore, con dimensione che varia tra 128 Kbyte e 2 Mb.

La memoria esterna

Detta anche **secondaria o di massa**, è una memoria di supporto che contiene programmi e dati che possono essere sfruttati solo indirettamente dal processore, visto che l'unica memoria con cui il processore è collegato risulta essere quella interna.

I vari dispositivi di memorizzazione si differenziano per:

- Quantità di dati memorizzabili
- Velocità
- Costo per unità di memoria.

Vediamo i dettagli di ognuno di essi.

La memoria hard disk

È la memoria di massa più importante che conserva, in modo permanente, tutti i dati e i programmi di un elaboratore.

Gli hard disk **HDD** sono costituiti da una serie di **dischi di materiale magnetizzabile e delle testine o elettrocalamite di** per leggere o scrivere il segnale magnetico sulla superficie del disco.



Gli hard disk più moderni utilizzano la tecnologia unità a stato solido (**SSD**) che usano memoria **flash** per archiviare i dati allo stesso modo dell'unità USB.

La capacità tipica di un hard disk va dai **500Gb a 4 Terabyte**.

Le chiavi USB

Una **chiave USB** è una periferica di memoria trasportabile **di tipo flash, ossia una memoria a semi-conduttori**, non volatile e riscrivibile capace di memorizzare fino a più gigabyte di dati, attualmente fino a **256 Gb**.



Le schede di memoria estraibili

Molti dispositivi elettronici attuali, come **cellulari, macchine fotografiche e videocamere digitali, lettori MP3 e MP4, PDA, ecc.** utilizzano delle schede di memoria estraibili, o **Memory card** il cui funzionamento è paragonabile a quello di un chiave USB.



Unità di rete, unità di memorizzazione online

In molte realtà come aziende, laboratori, scuole e università i computer sono collegati tra di loro in rete, cioè connessi ad una rete per permettere la comunicazione tra loro e per la condivisione di risorse, come la stampanti, scanner, ect., ma soprattutto di memorie di massa online, o dischi virtuali.

Questo può essere utilizzato sia come spazio per scambio di file tra utenti (chiaramente tutti in possesso della password), sia per avere una memoria sempre a disposizione, dovunque ci si trovi senza avere il proprio computer.

Le periferiche I/O

L'ultimo componente del modello di **Von Neumann** sono le **unità periferiche o devices** di I/O, dispositivi che, una volta **collegati attraverso le relative porte**, permettono l'**interazione tra l'uomo e il l'elaboratore**, quindi la tastiera, il monitor, il mouse, ecc..





Le principali porte di comunicazione sono:

Seriali, attualmente non più in uso, consentivano l'accesso di un solo segnale alla volta, usata per collegare mouse o tastiera.



Parallele anch'esse non più in uso usate per collegare stampanti, scanner, ect.



<p>USB (<i>Universal Serial Bus</i>) molto veloce per collegare (quasi) tutte le periferiche (Tastiera, Mouse, Stampanti ..)</p>	
<p>VGA (<i>Video Graphics Array</i>) per collegare i monitor analogici</p>	
<p>DVI e HDMI: per collegare un monitor digitale o una TV digitale.</p>	 <p style="text-align: center;">HDMI DVI</p>
<p>Porte di rete o Ethernet per collegare il computer alla rete.</p>	

Le periferiche si dividono in:

- **periferiche di input** che permettono l'invio di dati,
- **periferiche di output**. che permettono di visualizzare i risultati.

Periferiche di input sono quei dispositivi che **consentono all'elaboratore di acquisire dati**.

Si suddividono per **tipo di dati da inserire** non esistendo un dispositivo che consenta l'inserimento di tipi di dato diversi (ad esempio, sia di testo che di immagini) quindi **ogni elaboratore sarà dotato di più di un dispositivo d'ingresso**.

I dispositivi di ingresso più utilizzati sono:

La tastiera periferica di input attraverso la quale possiamo inserire dati alfanumerici, e si differenziano per la **disposizione dei tasti** che è legata al paese.

I tasti della tastiera si suddividono in base alla funzione:

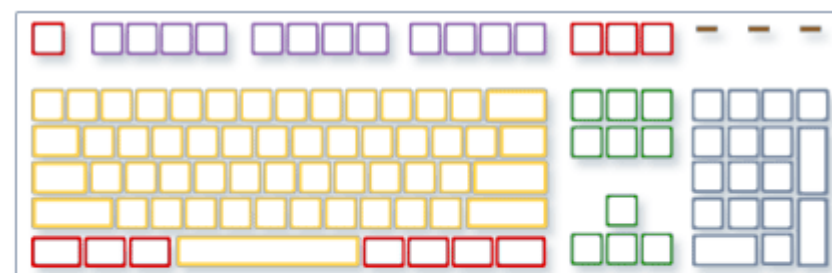
1. **Tasti di digitazione** (alfanumerici).

2. **Di controllo**. CTRL, ALT, ESC.

3. **Tasti funzione**. F1, F2, F3 F12. La funzionalità di questi tasti varia da un programma all'altro.

4. **Tasti di spostamento**. Comprendono i tasti di direzione, HOME, FINE, PGSU, PGGIÙ, CANC e INS.

5. **Tastierino numerico**. Per digitare i numeri.



- | | |
|---------------------------------------|------------------------|
| ● Tasti di controllo | ● Tasti di spostamento |
| ● Tasti funzione | ● Tastierino numerico |
| ● Tasti di digitazione (alfanumerici) | ● Indicatori di stato |

Mouse, trackball, touchpad, joystick

Il **mouse** è un dispositivo in grado di far acquisire un input il suo movimento indicandolo sullo schermo detto cursore.



La **trackball** è un dispositivo simile al mouse in cui il movimento del cursore è legato al movimento di una sfera; fisicamente è un mouse girato con la “pancia” verso l’alto.



Il **touchpad** presente in tutti i **portatili**, è il tappetino fisso che si trova sotto la tastiera del computer.

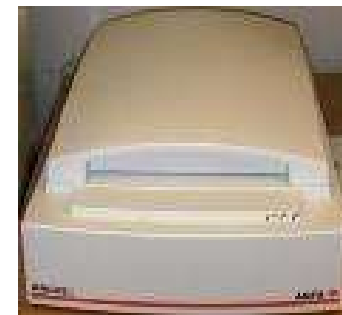


Il **joystick** è una periferica a forma di leva che permette di controllare un programma, un'apparecchiatura o un attuatore meccanico.



Periferiche per l'acquisizione di immagini e suono

Scanner lo **scanner** consente di acquisire **immagini** punto a punto e quindi la memorizzazione richiede notevole spazio. Il funzionamento è simile a quello di una fotocopiatrice, un **fascio di luce colpisce l'immagine** rilevando le zone più chiare e più scure.



La webcam è una piccola telecamera, sempre più spesso integrata nei computer, in particolar modo nei portatili.



Una fotocamera digitale è una macchina fotografica che utilizza un sensore (**ccd o cmos**).

Il microfono capta gli spostamenti d'aria prodotti da un suono o dalla voce e sulla base di questi produce un segnale elettrico

Periferiche di output

Le **periferiche d'uscita** sono tutti quei dispositivi che consentono di ottenere i **risultati delle elaborazioni** effettuate dal calcolatore. I principali dispositivi attualmente in uso sono:

Monitor formato da una griglia di punti illuminabili, minuscoli granellini di fosforo, chiamati **pixel** (da *picture elements*).

Il principio di funzionamento di un monitor consiste in un fascio di elettroni che colpisce i fosfori che si illuminano e diventano fosforescenti in modo da creare l'immagine. La frequenza a cui il pennello compie questa operazione viene denominata **frequenza di refresh**.

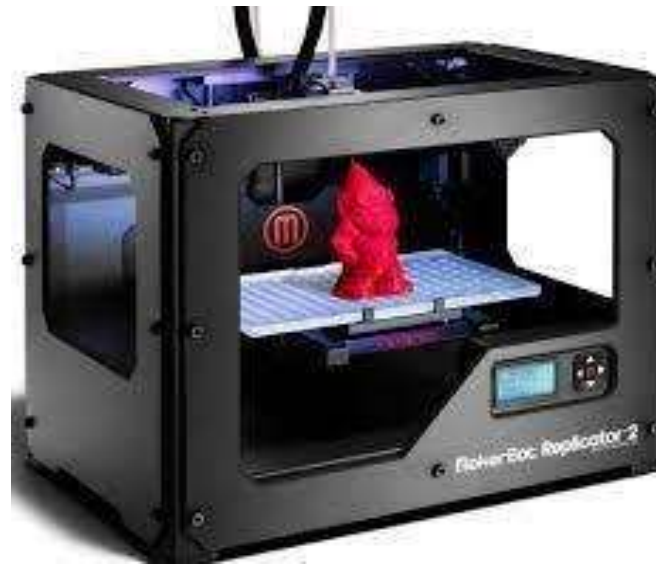
Le caratteristiche fondamentali di un monitor sono:

- la **dimensione** (15, 17, 21 pollici) lunghezza della diagonale dello schermo misurata in pollici pari a 2,54 cm
- la **risoluzione** (800x600, 1024x768, 1080x1024, 1680x1050, 1920x1080) il numero dei pixel sullo schermo
- la frequenza di **refresh** (60-100 hz)
- la **precisione** (o dot pitch) la distanza tra due pixel in millimetri:

Stampanti le **stampanti** consentono di trasferire su carta i risultati delle elaborazioni. Esistono essenzialmente due tipi di stampanti

1. **Stampanti a getto d'inchiostro** (ink jet) in cui l'inchiostro viene sparato attraverso una serie di fori calibrati sulla carta per ottenere le forme desiderate.
2. **Stampanti laser** il cui funzionamento è simile a quello di una fotocopiatrice. Per la stampa viene utilizzato un inchiostro in polvere, molto fine, detto **toner**.

Stampanti 3D evoluzione delle stampanti classiche, dispositivi in grado di realizzare qualsiasi modello tridimensionale mediante un processo di produzione additiva, ovvero partendo da un oggetto modellizzato tramite software 3D e replicato, sovrapponendo degli strati di polimeri condensati.



Altoparlanti e cuffie

Una coppia di normali **casce acustiche o di cuffie** può essere collegata, con l'ausilio della scheda audio, a un personal computer consentendo di ascoltare musica, un corso di lingua straniera o una teleconferenza.