



L'hardware CPU e BUS

1. Introduzione

Con il termine hardware, in ingegneria elettronica e informatica, si indica la parte fisica di un computer quindi tutte quelle parti magnetiche, ottiche, meccaniche ed elettroniche che ne consentono il funzionamento.

Il termine hardware deriva dall'unione dei due termini inglesi **hard**, cioè duro o pesante, e **ware**, cioè componente o oggetto.

1.1 La CPU

L'elemento fondamentale di un sistema di elaborazione è la **CPU** (*Central Processing Unit*).

Per meglio comprendere l'architettura ed il funzionamento di un microprocessore, ricordiamo l'architettura generale di un sistema di elaborazione a microprocessore, guardando con una lente di ingrandimento nel modello di von Neumann:

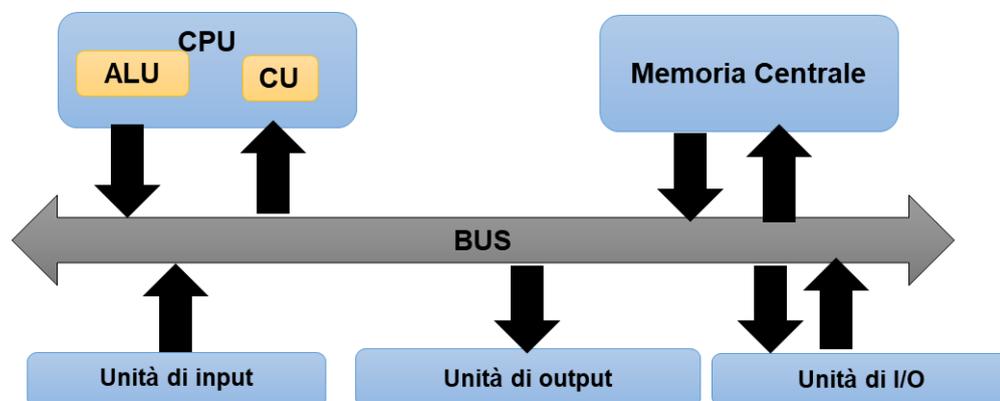


Figura 1: Modello di von Neumann

La CPU è detta "**unità centrale**" di elaborazione perché coordina in maniera centralizzata tutte le altre componenti hardware del computer.

Ha come compito principale quello di eseguire le istruzioni di un programma presente in memoria, ovvero ad essa è affidato il compito di leggere i dati nella memoria del computer, di

elaborare le istruzioni macchina e i calcoli matematici del programma informatico caricato in memoria e organizzare i flussi di dati da e verso i dispositivi di input/output del computer.

1.2 La scheda madre

La CPU viene montata su di una scheda denominata **scheda madre** o **motherboard**.

Si tratta di una scheda elettronica che raccoglie in sé tutta la circuiteria elettronica e i collegamenti di interfaccia tra i vari componenti interni principali del PC.

Essa è responsabile della trasmissione e temporizzazione di diversi segnali ad alta frequenza e sensibili ai disturbi, tra processore e periferiche interne e viceversa.

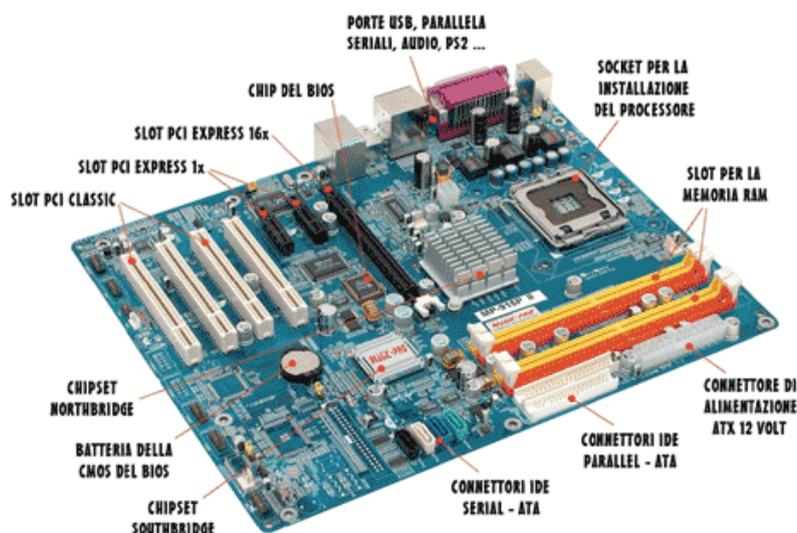


Figura 2: scheda madre

Sulla scheda madre sono presenti:

- il **socket**: destinato a ospitare meccanicamente la CPU permettendole di collegarsi fisicamente ed elettricamente alla scheda madre;
- gli **slot di espansione**: necessari per collegare alla scheda madre ogni componente hardware esterno (scheda video, scheda audio, RAM, ecc.). Esistono tre differenti tipologie di slot:

- PCI,
- PCI express
- AGP;
- le varie componenti elettroniche (condensatori, transistor, ecc.);
- il **chipset**: insieme di circuiti integrati che si occupano di smistare e dirigere il traffico di informazioni tra le varie componenti della scheda¹. Solitamente è costituito da due parti: il **Northbridge** e il **Southbridge**. Il northbridge consente il collegamento ad alta velocità tra i componenti critici per le prestazioni del computer quali: la CPU, la RAM, gli slot di espansione ecc.. Il southbridge, invece, gestisce le interfacce a bassa velocità, quali: porte seriali e parallele, porte USB, interfaccia Ethernet, interfacce per la tastiera e il mouse.
- tutti gli ingressi per periferiche esterne (monitor, casse, porte USB, ethernet, ecc.) che interagiscono con il computer.

2. Struttura della CPU

Nel corso dei decenni, la CPU ha avuto un'evoluzione, in termini di capacità e velocità, importante e la sua struttura si è evoluta fino ad arrivare a quella mostrata in figura:

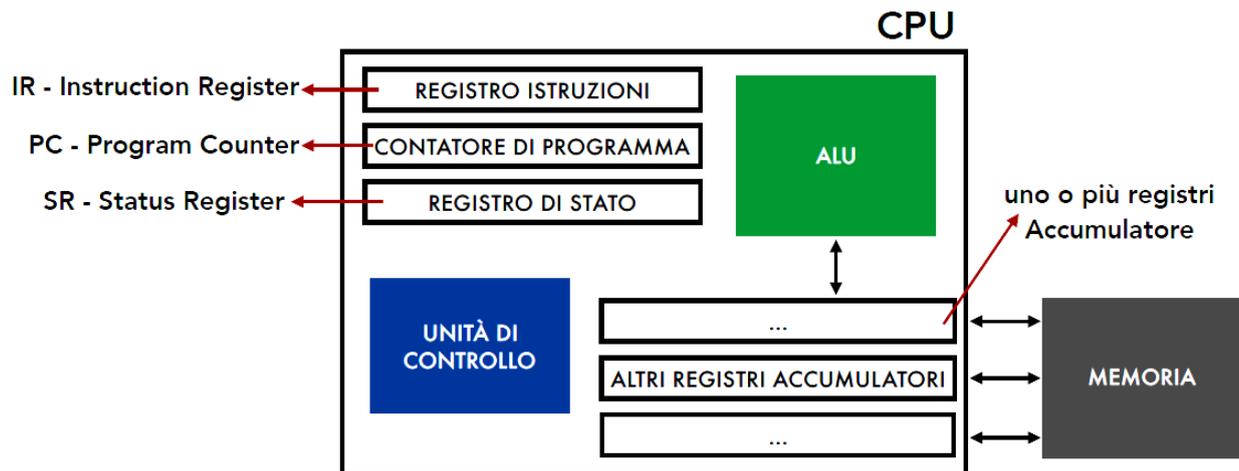


Figura 3: Struttura della CPU

Come si nota dalla figura 3, la CPU è composta da:

- una unità di controllo (CU)
- una unità aritmetico-logica (ALU)
- alcuni registri: (IR, PC, SR, Accumulatore)

2.2 I registri

I registri sono unità di memoria interne alla CPU piccole ma veloci, capaci di memorizzare temporaneamente un'informazione utile e significativa durante l'elaborazione dei dati. Essi possono supportare operazioni di lettura e scrittura.

I registri si dividono in 2 macro categorie:

- **General Purpose Register** (o Registri di uso generale): una serie di registri utilizzati per contenere i dati su cui la CPU sta lavorando.
- **Special Purpose Register** (o Registri di uso speciale): ciascun registro svolge una specifica funzione

I principali registri di una CPU sono:

- Il **Program Counter (PC)**: contiene l'indirizzo di memoria centrale in cui la CPU potrà trovare l'istruzione che deve essere eseguita;
- Il **registro delle istruzioni (IR)**: contiene l'istruzione da eseguire;
- Il **registro di stato (SR)**: contiene informazioni riguardanti lo stato del sistema;
- I **registri accumulatori**: utilizzati come deposito temporaneo di dati.

2.3 Unità di controllo (CU)

La **CU** (Control Unit o Unità di Controllo) è la componente della CPU che svolge il ruolo di sovrintendente del sistema, in particolare:

- gestisce le comunicazioni in ingresso e in uscita dalla CPU;
- interpreta le istruzioni da eseguire.

Generalmente è formata da:

- un **decoder**: ha il compito di interpretare l'istruzione contenuta all'interno del registro istruzione;
- una **rete di controllo**: ha il compito di generare una successione di comandi relativi all'istruzione considerata, in base all'uscita del decodificatore.

Per raggiungere lo stesso obiettivo differenti aziende produttrici utilizzano strategie differenti così in base alla loro realizzazione le CU possono essere suddivise in:

- CU cablata;
- CU microprogrammata;

- *CU mista.*

La **CU cablata** viene implementata utilizzando diversi componenti elettronici ed ha una struttura fissa, questo significa che se il set di istruzioni viene modificato è necessario modificare anche il cablaggio.

Il principale vantaggio di questa unità di controllo è la velocità ma di contro sono strutture difficili da modificare inoltre, risulta alquanto difficile aggiungere nuove funzionalità a quelle già esistenti.

Nella **CU microprogrammata** ha una struttura che si basa su una memoria di microprogramma che in genere è una memoria a sola lettura nella quale ogni parola contiene quello che viene definita una **microistruzione**.

La **CU mista** invece è un insieme di CU cablata e microprogrammata.

2.4 Il ciclo macchina

Per eseguire un'istruzione, scritta in linguaggio macchina, la CPU esegue un insieme di operazioni.

Tali operazioni iniziano con il reperimento da parte della CU dell'istruzione da eseguire dalla memoria centrale all'indirizzo contenuto nel registro PC, successivamente tale istruzione viene trasferita nel registro Instruction Register e il Program Counter viene incrementato in modo da puntare all'istruzione successiva. La CPU, dopo aver interpretato l'istruzione, emette segnali che generano la sua esecuzione.

Il procedimento appena descritto prende il nome di **ciclo macchina** e può essere suddiviso in tre parti: **fetch-decode-execute**, vediamole nel dettaglio:

- **Fase di fetch:** la Control Unit recupera l'istruzione dalla memoria e viene incrementato il valore del Program Counter in modo da puntare all'istruzione successiva.
- **Fase di decode:** l'istruzione viene interpretata

- **Fase di execute:** la CU invia segnali che rappresentano opportuni comandi per l'esecuzione.

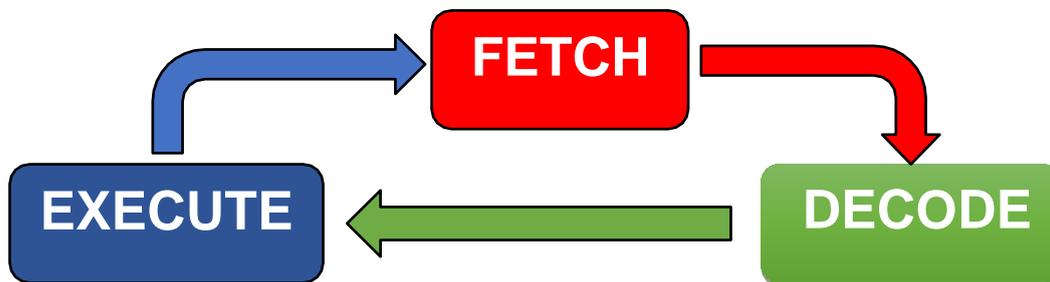


Figura 4: Ciclo macchina

Il ciclo macchina è scandito da un temporizzatore o **clock**: un segnale periodico utilizzato per sincronizzare il funzionamento dei dispositivi elettronici digitali, quindi, una sequenza di fase fetch-decode-execute, è eseguito in un **ciclo di clock**.

L'unità di misura del clock è cicli al secondo (Hertz, Hz).

La **frequenza di clock** misura il numero di cicli eseguiti dalla CPU ogni secondo, essa determina la velocità della macchina. Tale velocità è misurata in Ghz (gigahertz). Dato che ogni singola istruzione elementare richiede generalmente più di un ciclo di clock, la velocità dell'unità centrale può essere misurata anche in MIPS (Millions Instruction Per Second, milioni di istruzioni al secondo).

2.5 L'unità aritmetico logica (ALU)

L'**ALU** (*Arithmetic Logic Unit*) è una delle componenti più importanti della CPU che ha il compito di svolgere calcoli di tipo aritmetico e operazioni di tipo logico.

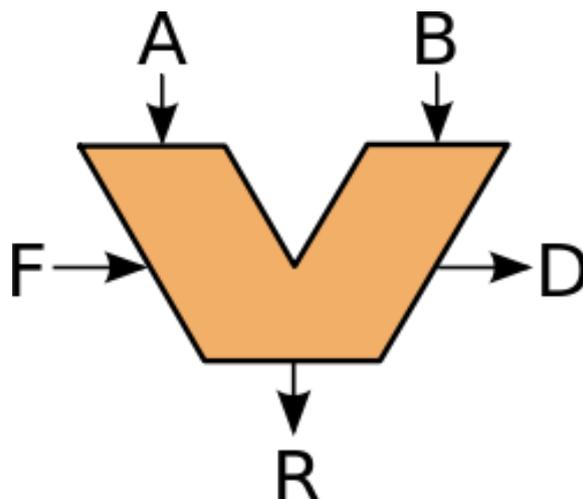


Figura 5: schema logico di un ALU

Guardando la figura possiamo dedurre che:

- **A** e **B** rappresentano i 2 operandi in ingresso;
- **R** rappresenta il risultato dell'operazione in uscita;
- **F** rappresenta i segnali provenienti dalla CU;
- **D** rappresenta i segnali di stato delle operazioni eseguite.

Per poter sviluppare le sue funzioni l'ALU si avvale di:

- Una **rete logica**, ovvero un insieme di circuiti elettronici elementari che consentono di eseguire le operazioni aritmetiche (somma, sottrazione, prodotto divisione) o logiche (AND, OR, NOT) sugli operandi memorizzati dalle operazioni da eseguire;
- Uno o più **registri accumulatori**, utilizzati per immagazzinare gli operandi dalle operazioni da eseguire;
- Un **registro di stato**, utilizzato per memorizzare particolari informazioni relative alle condizioni verificatesi nel corso dell'ultima operazione eseguita quali eventuali riporti, overflow, etc.

Alcune CPU sono costituite da due componenti: un'unità aritmetica e un'unità logica, oppure possono avere un'unità aritmetica per effettuare operazioni in virgola fissa e un'altra AU per calcoli in virgola mobile.

In alcuni elaboratori oltre alla ALU si può avere un processore specializzato per effettuare operazioni matematiche particolari detto **coprocessore matematico**. Il coprocessore aumenta la velocità operativa del computer grazie alla capacità di eseguire calcoli in modo più rapido ed efficiente.

3. II BUS

La CPU ha necessità di comunicare con altre periferiche e lo fa per mezzo di fili elettrici organizzati in gruppo a seconda delle funzioni e dei dati che essi trasportano, questi fili prendono il nome di **BUS**.

Fondamentalmente il BUS collega due unità funzionali alla volta: una trasmette e l'altra riceve. Il trasferimento avviene sotto il controllo della CU (Control Unit)

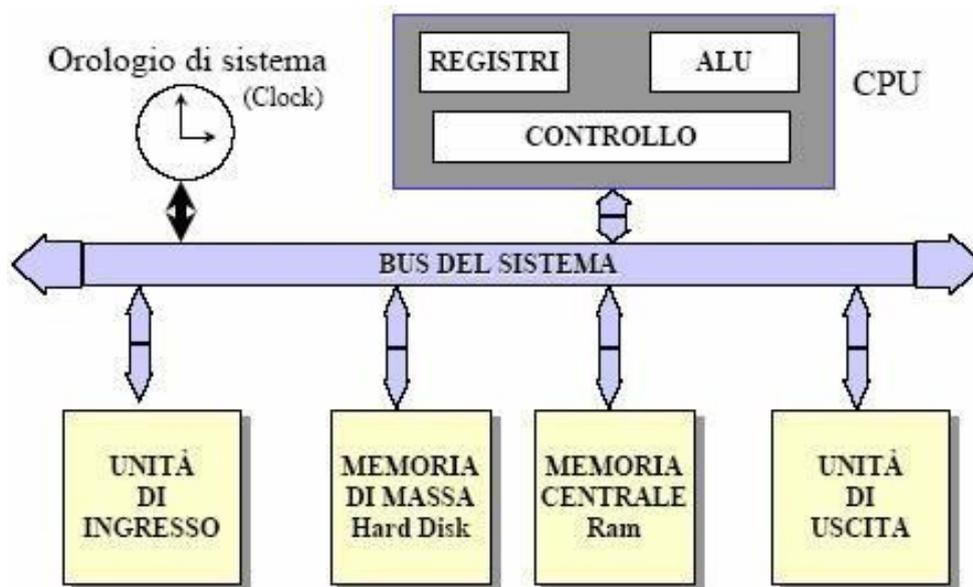


Figura 6: Il BUS

Un bus che collega due componenti appartenenti alla stessa scheda integrata è detto **bus interno** (internal bus), se collega due componenti generici è detto **bus esterno** (external bus).

Se c'è un solo bus esterno questo è detto **bus di sistema** (system bus).

Il bus di sistema si divide in tre bus minori:

- **bus dati:** è il bus sul quale transitano le informazioni. È utilizzabile da tutti i componenti del sistema, sia in scrittura sia in lettura. È **bidirezionale** ovvero consente il passaggio dati in più direzioni contemporaneamente.

- **bus indirizzi:** è il bus attraverso il quale la CPU decide in quale indirizzo andare a scrivere o a leggere informazioni. Dopo aver comunicato l'indirizzo tramite questo bus, la scrittura o lettura avviene normalmente tramite il bus dati. Naturalmente questo bus è fruibile in scrittura solo dalla CPU ed in lettura dagli altri componenti. È **unidirezionale**.
- **bus controllo:** è un insieme di collegamenti che ha lo scopo di coordinare le attività del sistema. Tramite questo bus, la CPU può decidere:
 - quale componente deve scrivere sul bus dati in un determinato momento;
 - quale indirizzo leggere sul bus indirizzi
 - quali celle di memoria devono scrivere e quali invece leggere, etc.

Infatti la memoria e tutti gli altri componenti comunicano con la CPU attraverso un unico bus condiviso; questo significa che senza un controllo da parte della CPU si verrebbero a creare dei conflitti e delle collisioni.

Nella comunicazione tramite bus ci sono alcune problematiche di cui tener conto, quali:

- **Sincronizzazione:** il bus è condiviso, quindi può trasmettere sul bus soltanto un dispositivo alla volta. In questo caso c'è bisogno di un **meccanismo di sincronizzazione** che si occupi di coordinare la comunicazione. In particolare possiamo avere due tipi di comunicazione:
 - **Comunicazione sincrona** -> **bus sincrono:** la comunicazione è scandita da un segnale di clock.
 - **Comunicazione asincrona** -> **bus asincrono:** la comunicazione è gestita dai partecipanti in genere la CPU funge da master e dirige la comunicazione e tutti gli altri dispositivi fungono da slave.
- **Controllo di flusso:** I dispositivi collegati al bus hanno differenti velocità per tale motivo all'interno dei dispositivi sono presenti **buffer** che consentono di memorizzare

temporaneamente l'informazione così da non essere limitati dal dispositivo più lento.

3.1 Vantaggi e Svantaggi dei bus sincroni e asincroni

Vediamo in questo paragrafo quali sono i vantaggi e gli svantaggi nell'utilizzare un bus sincrono piuttosto che uno asincrono e viceversa.

Come già detto in precedenza in un bus sincrono la comunicazione è scandita da cicli di clock, questo ha come vantaggio quello di avere bus molto veloci, di contro abbiamo diversi svantaggi, in particolare poiché ogni dispositivo deve essere sincronizzato si verifica un aumento dei costi nonché della complessità. Inoltre poiché tutti i dispositivi devono lavorare alla frequenza imposta dal clock è possibile avere dei ritardi nella trasmissione.

Per quanto riguarda i bus asincroni poiché non esiste un ciclo di clock a scandire la comunicazione ma la stessa è di tipo master/Slave, il vantaggio principale è quello di poter connettere molti dispositivi, lo svantaggio è una bassa velocità di trasferimento.

Il motivo per cui gli elaboratori dispongono in genere di un solo bus è semplice: l'architettura a più bus, proposta teoricamente agli inizi dell'informatica, in particolare, dall'architettura Harvard nel 1943, non è praticamente realizzabile visto l'altissimo numero di connessioni che sarebbero necessarie.