

2.1 I calcolatori moderni

Hardware

componenti concrete, fisiche

Software

componenti concettuali, metafisiche

STRUTTURA LOGICA DEI CALCOLATORI

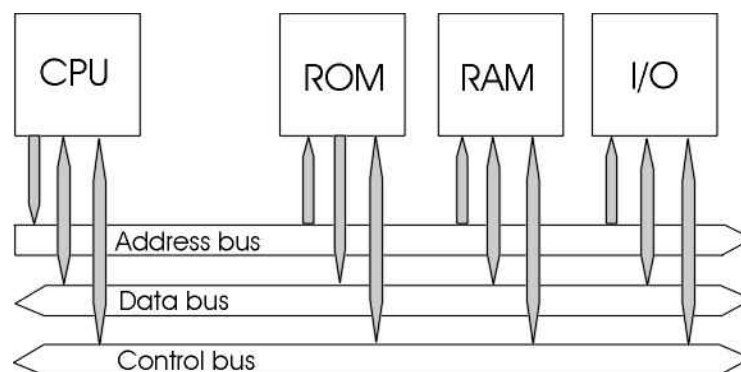
Qualunque sia la potenza del calcolatore e indipendentemente dalle unità periferiche che ha, l'**Hardware** sarà composto da tre parti fondamentali:

- 1) **Memoria principale o centrale (RAM)**: utilizzata per memorizzare dati e programmi. Ha dimensioni limitate, è volatile (perde il suo contenuto quando si spegne il calcolatore) ma l'accesso all'informazione è molto rapido.
- 2) **Unità centrale o processore o CPU** (Central Processing Unit). Svolge le elaborazioni ed il trasferimento dei dati, esegue cioè i programmi.
- 3) **Unità di ingresso e di uscita** per comunicare con il mondo esterno: monitor, tastiera, ecc.

Queste tre unità sono collegate tra loro mediante opportuni **bus** o **canali**. Sono queste tre parti fondamentali che, per soddisfare alle diverse esigenze, hanno prestazioni diverse per i diversi calcolatori.

Dal modello di Von Neumann ai computer moderni

Le caratteristiche fondamentali delle apparecchiature dei moderni computer sono derivati dal modello di Von Neumann. In figura è rappresentato uno schema a blocchi di massima relativo a un calcolatore:



Nello schema osserviamo:

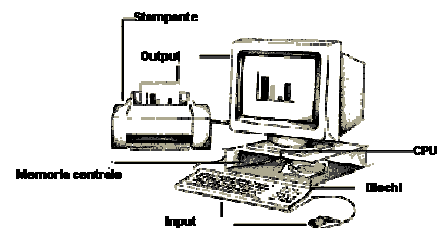
- 1) la CPU (Central Processor Unit) che è costituita da una unità aritmetica e logica più una unità di controllo che provvede al caricamento dalla RAM delle istruzioni del programma e alla relativa esecuzione;
- 2) la memoria ROM (Read Only Memory) che è di sola lettura. Infatti, come si può osservare dalla figura, il canale che collega il bus dati con la ROM è diretto dalla memoria verso il data bus stesso. Di conseguenza, una volta forniti gli *indirizzi* (vedi il successivo paragrafo) alla ROM, essa restituisce i dati lungo il relativo canale;
- 3) la memoria centrale RAM;
- 4) le unità di ingresso e uscita individuate dalla sigla I/O che forniscono funzionalità specifiche relative al trattamento di informazione;
- 5) Tre differenti canali di collegamento:

- Il **data bus** o **bus dati** viene utilizzato per la trasmissione dei dati (valori numerici o codici e istruzioni). Questo canale o bus è bidirezionale, ossia i dati possono attraversare il bus in entrambe le direzioni.
- L'**address bus** o **bus indirizzi** che permette al processore di individuare un indirizzo della RAM o della ROM oppure una unità di I/O con cui scambiare dati. Questo canale è unidirezionale in quanto l'indirizzo è generato dalla CPU e inviato alle altre unità
- Il **control bus** o **bus controlli** che permette di avere attivi sullo stesso canale solo le due unità interessate. Questo bus è bidirezionale.

Per esempio il bus di sistema di un PC è costituito da 50 a 100 cavi di rame paralleli. Vi possono essere bus dedicati a scopi speciali: collegamento a memorie locali, dispositivi di I/O,...

Le principali caratteristiche delle apparecchiature dei moderni computer si possono così riassumere:

- I dati e le istruzioni sono rappresentati in codice binario (calcolatori *digitali*)
- Dati e istruzioni sono depositati nella memoria centrale
- Nella rappresentazione interna non si fa distinzione tra dati e istruzioni
- Il programma è distinto dall'esecutore fisico
- L'elaborazione dei dati è il risultato di: algoritmica (*uomo*) + esecuzione (*macchina*).



!!

LA MEMORIA CENTRALE

Per memoria si intende un dispositivo in grado di immettere, conservare ed estrarre informazioni.

In un sistema di elaborazione si trovano sempre due tipi di memoria:

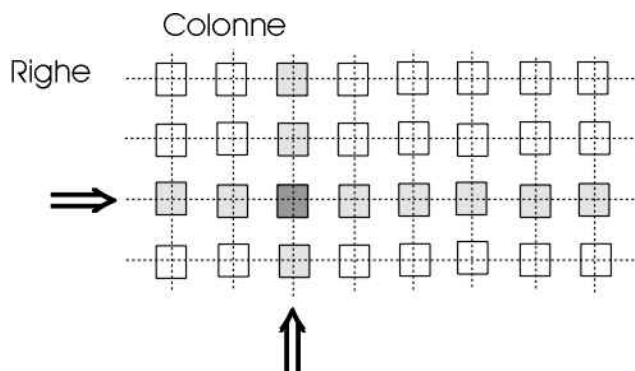
- la **memoria centrale**, interna al calcolatore, **direttamente accessibile dalla CPU**, contiene i programmi e i dati necessari all'esecuzione dei programmi.
- la **memoria secondaria o di massa**, esterna al calcolatore (disco rigido o hard disk). Essa viene utilizzata per memorizzare grandi quantità di informazioni, è persistente (conserva le informazioni), ma l'accesso all'informazione è meno rapida rispetto alla memoria centrale.

Dal punto di vista logico la **memoria centrale** è:

- **un insieme finito di locazioni (celle o registri) di uguali dimensioni;**
- **ogni locazione è caratterizzata da un indirizzo e dal contenuto;**
- si chiama **indirizzo di una locazione** la **posizione che questa occupa nella memoria rispetto alla prima locazione che ha indirizzo zero;**
- il **contenuto di una locazione** ovvero l'informazione in essa registrata si chiama parola di memoria.

Mentre il bit rappresenta l'unità elementare di informazione, una cella di memoria è la più piccola quantità di memoria accessibile ovvero che possiede un indirizzo, pertanto rappresenta l'unità di informazione scambiata tra i vari elementi funzionali di cui si compone l'architettura dell'elaboratore.

La **memoria centrale** può essere vista come una sequenza di **celle di memoria**, dette **parole** tutte aventi la stessa lunghezza. La CPU può leggere/scrivere il contenuto di una cella di cui conosce l'indirizzo. La struttura di tale tipo di memoria è detta a **matrice**, ossia organizzata per righe e colonne. Ciascuna riga conterrà tante celle di memoria quante sono le colonne e la cella avrà la capacità di memorizzare un bit.



Come è possibile osservare dalla figura sovrastante, la riga e la colonna selezionate sono indicate con le due frecce ed il diverso colore delle relative celle. La cella selezionata è all'incrocio ed è contraddistinta da un colore più scuro rispetto alle altre.

L'accesso all'informazione in tale memoria è **casuale**, ossia qualunque cella venga selezionata, il tempo di accesso è sempre lo stesso. Per esempio, il tempo necessario per leggere l'informazione contenuta nella cella individuata dall'intersezione tra la prima riga e la prima colonna, è pari al tempo occorrente per la lettura della cella identificata dall'intersezione dell'ultima riga con l'ultima colonna.

Alla memoria centrale si accede per effettuare operazioni di **lettura o scrittura**. È presente un segnale di controllo apposito denominato **R/W** (Read/Write), che ha lo scopo di indicare se è richiesta una operazione di lettura o scrittura.

Ciascuna locazione di memoria può essere selezionata specificando il suo indirizzo ossia la sua posizione rispetto alla prima cella di memoria, a cui viene attribuita per convenzione la posizione (ovvero l'indirizzo) zero.

La lettura di una locazione di memoria consiste nel trasferimento fisico dei byte che costituiscono la locazione dalla memoria all'unità centrale di processamento (CPU).

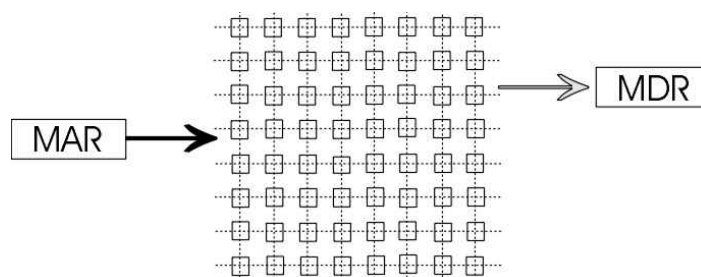
Una operazione di lettura consiste nei seguenti passi:

- si scrive in un apposito registro di memoria (il registro MAR, di cui parleremo tra un po') l'indirizzo della locazione da leggere;

• tale indirizzo viene poi trasferito al bus degli indirizzi che trasporta l'indirizzo in memoria;

- quest'ultima, trascorso il tempo d'accesso (in genere dell'ordine dei nanosecondi ($\text{nano}=10^{-9}$)), scrive a sua volta sul bus dei dati il contenuto della locazione di memoria selezionata;

- tale contenuto successivamente viene inserito o caricato (*load*) nel registro dei dati (il registro MDR) restando così disponibile alla CPU.

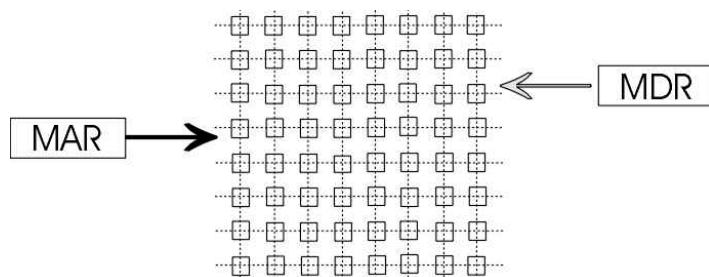


La scrittura in una locazione di

memoria consiste nel trasferimento fisico del contenuto del registro dei dati (MDR) nella cella di memoria selezionata (tramite il registro MAR).

Una operazione di scrittura consiste nei seguenti passi:

- si scrive sul registro MDR il dato da inserire o immagazzinare (*store*);
- si scrive sul MAR l'indirizzo della locazione da ricoprire, con il dato contenuto nel registro MDR;



- l'indirizzo dal MAR viene trasferito sul bus indirizzi che lo trasporta in memoria;
- contemporaneamente il dato presente nel registro MDR viene trasferito sul data bus che lo trasporta in memoria;
- una volta trascorso il tempo di accesso il dato viene scritto nella locazione di memoria selezionata.

La memoria centrale a cui ci siamo fino ad ora riferiti viene anche detta memoria RAM (Random Access Memory).

In effetti nei calcolatori reali una porzione di memoria centrale, è realizzata con diversa tecnologia e viene identificata con il termine ROM (Read Only Memory) in quanto è riservata solo per operazioni di lettura.

Le ROM vengono usate dai costruttori per memorizzare in modo permanente informazioni necessarie per l'avviamento del sistema. Esistono altresì delle memorie ROM programmabili (PROM, *Programmable ROM*), delle ROM programmabili e cancellabili (EPROM *Erasable PROM*, EAPROM *Electrical Alterable ROM*).

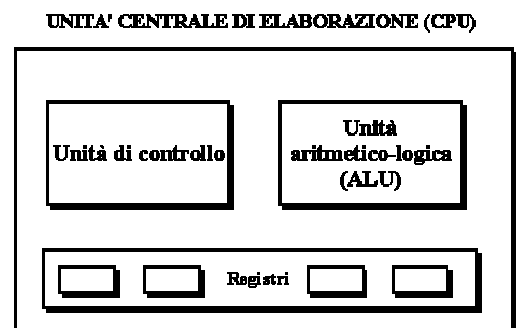
UNITÀ DI ELABORAZIONE (CPU)

L'unità centrale di elaborazione (CPU) è la parte del sistema che contiene gli elementi (circuitali) necessari al funzionamento dell'elaboratore.

Questa esegue i programmi che risiedono nella memoria centrale, prelevando, decodificando ed eseguendo le istruzioni in essi contenute e coordinando il trasferimento dei dati tra le varie unità funzionali.

La CPU si compone di:

- **una unità di controllo (CU Control Unit)**, che ha lo scopo di interpretare e attivare le risorse necessarie alla esecuzione delle istruzioni
- **una unità aritmetico-logica (ALU Arithmetic and Logic Unit)** in cui vengono effettuati i calcoli aritmetici e logici presenti nelle istruzioni (aritmetiche/logiche) del programma;
- **alcuni dispositivi di memoria detti registri.**



Il compito della CPU è prelevare le istruzioni dalla memoria, una alla volta ed eseguirle, interagendo con la memoria e le interfacce delle periferiche.

L'unità di misura della velocità di un'unità centrale è il MIPS (Millions Instructions Per Second).

Il grado di parallelismo di una CPU indica il numero di bit elaborati contemporaneamente dal processore. Nei computer moderni il parallelismo è a 32 bit.

Unità di Controllo

L'unità di controllo è la rete logica che governa e coordina il funzionamento del processore: gestisce le fasi di indirizzamento e di accesso ai bus e regola il flusso dei dati all'interno del processore stesso.

La CU ha il compito di sovrintendere a tutte le attività del calcolatore, imponendo la corretta sequenzializzazione delle operazioni elementari che devono essere svolte nell'esecuzione del programma.

A tale scopo preleva dalla memoria centrale una alla volta le istruzioni che compongono il programma, le decodifica (tramite il decodificatore di istruzioni (**ID**)) e le esegue inviando gli opportuni segnali di controllo agli organi della CPU che ne attuano l'esecuzione.

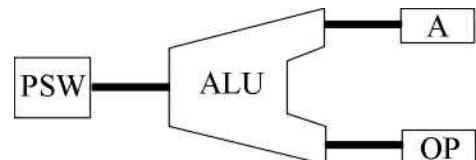
Unità Aritmetico-Logica

Si può affermare figuratamente che l'unità aritmetico-logica (ALU) è "il braccio della CPU". Essa è costituita da:

- dispositivi circuitali che consentono di eseguire le operazioni aritmetiche somma, sottrazione, prodotto, divisione (ADD, SUB, MUL, DIV) o logiche (AND, OR, NOT) sugli operandi memorizzati nei registri interni all'ALU
- alcuni registri interni.

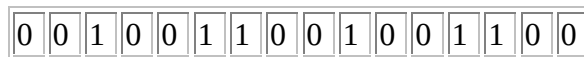
I principali registri interni all'ALU sono:

- il **registro accumulatore (A)**, dove è memorizzato uno degli operandi coinvolti nell'operazione aritmetica o logica e dove rimane memorizzato il risultato di tale operazione;
- il registro operando (**OP**) dove può essere memorizzato un altro operando o dato temporaneo coinvolto nell'operazione aritmetica o logica;
- il registro di stato (**PSW** - Processor Status Word) i cui bit forniscono informazioni relative all'esito dell'ultima operazione aritmetico-logica eseguita (Flag). Questi flag sono interpretati dalla CU che intraprende azioni differenziate a seconda dei risultati dei calcoli effettuati nell'ALU.



Registri della CPU

Dal punto di vista tecnologico un registro è un insieme di n circuiti logici, detti FLIP-FLOP. Lo stato del registro, ossia la configurazione dei suoi bit, rappresenta l'informazione che vi è memorizzata e tale informazione viene conservata fino a quando non la si altera. Un registro quindi ha una capacità di memorizzare informazioni che è funzione del numero di FLIP-FLOP degli elementi di cui si compone.



I registri fondamentali presenti nella CPU sono:

- il registro degli indirizzi di memoria (MAR Memory Address Register) indica l'indirizzo della locazione di memoria che si vuole selezionare;
- il registro dei dati di memoria (MDR Memory Data Register) contiene il dato proveniente dalla locazione di memoria selezionata o il dato che si vuole memorizzare nella locazione di memoria selezionata;
- il contatore di programma (PC Program Counter) ha la funzione di guidare il flusso della esecuzione di un programma, infatti il suo contenuto indica l'indirizzo della prossima istruzione da eseguire;
- il registro della istruzione corrente (IR Instruction Register) contiene l'istruzione da decodificare e eseguire.

il registro delle interruzioni (INTR Interrupt Register) contiene informazioni sullo stato di funzionamento delle periferiche (la descrizione dell'uso di questo registro sarà ripresa durante lo studio dei sistemi operativi)

I dispositivi circuitali implementano il set di istruzioni eseguibili dall'elaboratore. Quanto più il set di istruzioni è potente tanto più è possibile accorciare i programmi che vengono eseguiti su di essa.

Ogni istruzione è tipicamente costituita da una serie di bit suddivisi in due parti: il **codice operativo** e gli **operandi**. Il codice operativo specifica il tipo di elaborazione che si vuole eseguire, mentre gli operandi individuano il dato da elaborare.

Gli elaboratori possono essere suddivisi in base alle differenti architetture. In generale esistono due tipi di architetture: **CISC** e **RISC**.

L'architettura CISC (Complex Instruction Set Computer) è caratterizzata dalla presenza di molte istruzioni complesse di *formato variabile*, che richiedono molto tempo per essere eseguite. Infatti, data la complessità di queste istruzioni, la loro decodifica in comandi elettronici è alquanto lunga. Inoltre è elevata l'area occupata dai circuiti relativi alla decodifica delle istruzioni stesse. Il vantaggio è che la programmazione su tali macchine risulta più semplice. Ricapitolando:

- **Vantaggi:** programmazione più semplice e veloce;
- **Svantaggi:** elevato tempo di decodifica delle istruzioni e alto spazio occupato dai circuiti per la decodifica stessa.

L'architettura RISC (Reduced Instruction Set Computer) prevede l'utilizzo di poche istruzioni semplici di *formato fisso*. In questa maniera non c'è più il bisogno di circuiti complessi per la decodifica e inoltre l'esecuzione delle istruzioni è più veloce. Di contro la programmazione risulta più complessa. In definitiva:

- **Vantaggi:** basso tempo di decodifica delle istruzioni e piccolo spazio occupato dai circuiti per la decodifica stessa;
- **Svantaggi:** programmazione più lunga e meno ottimizzata

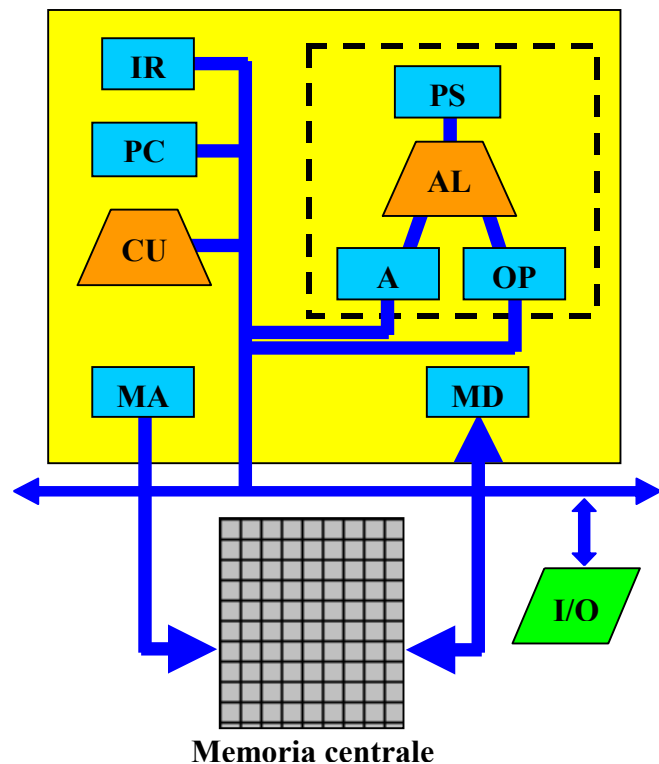
Ogni istruzione che l'unità centrale deve eseguire viene divisa in più fasi.

Le unità centrali di tipo RISC hanno poche fasi molto semplici per ogni istruzione, mentre le CISC hanno molte fasi abbastanza complesse.

E' inoltre opportuno che le istruzioni siano tutte della stessa lunghezza (stesso numero di bit), altrimenti la struttura interna della CPU si complica. Le unità centrali RISC utilizzano istruzioni a lunghezza fissa, contrariamente alle unità centrali di tipo CISC che, soprattutto per i vincoli posti dalla necessità di preservare la compatibilità con il passato, utilizzano istruzioni a lunghezza variabile.

La velocità di esecuzione di un'istruzione all'interno della CPU determina in larga misura la velocità della CPU ed è da sempre oggetto di discussione tra le due correnti di pensiero:

- i sostenitori delle unità CISC ritengono che l'istruzione set (l'insieme delle istruzioni eseguibili da un elaboratore) di un calcolatore debba contenere quante più istruzioni possibili, anche se ognuna di queste richiede più *periodi di clock* (segnale che verrà illustrato più avanti), poiché ciò permette di creare macchine più potenti;
- i sostenitori delle unità RISC ritengono che ogni istruzione dell'Instruction Set debba essere eseguita in un solo ciclo *periodo di clock*: sebbene saranno necessarie più istruzioni RISC per ottenere lo stesso risultato di una istruzione CISC il sistema risulterà comunque più veloce poiché non sarà più necessario interpretare le istruzioni.



Le macchine CISC hanno dominato il mercato negli anni '70 e '80 mentre attualmente la tecnologia è fortemente orientata verso soluzioni RISC.

La superiorità di una soluzione rispetto all'altra è comunque un fatto relativo che dipende da fattori di mercato e fattori tecnologici: un radicale innovamento tecnologico potrebbe muovere nuovamente l'ago della bilancia a favore delle macchine CISC.

DISPOSITIVI DI I/O

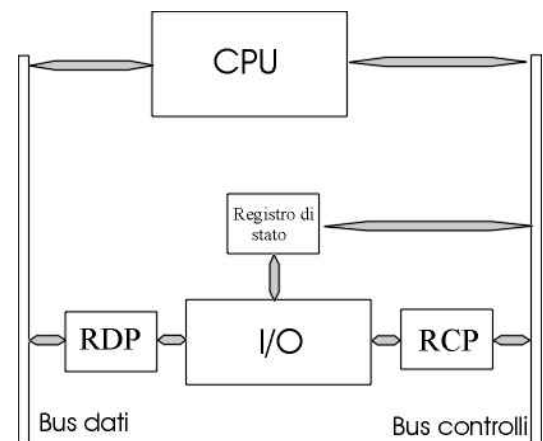
Esistono tanti tipi di periferiche per l'input (cioè per passare delle informazioni al calcolatore) e per l'output (cioè per ricevere delle informazioni dal calcolatore).

I dispositivi o interfacce di input/output permettono la comunicazione e quindi il trasferimento dei dati tra calcolatore e unità periferiche e viceversa.

Le interfacce di I/O generalmente sono dotate di:

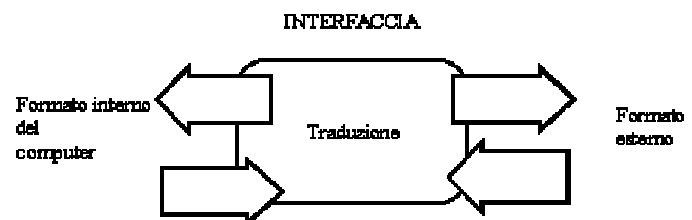
- un **registro dati RDP**, registro dati periferica, serve per scambiare dati tra la periferica e la CPU
- un **registro comandi RCP**, registro comandi periferica, contiene il comando che la periferica dovrà eseguire
- un **registro di stato** (per conoscere lo stato della periferica: spenta, accesa, fuori uso, ...).

Il registro dati viene collegato al bus dati, il registro comandi al bus controlli ed il registro di stato interagisce con il registro delle interruzioni della CPU.



La funzione fondamentale di un'interfaccia è la traduzione tra formato esterno e formato interno dei dati:

- a) i dati forniti in input (ad esempio sulla tastiera) vengono inseriti nell'interfaccia e convertiti nel formato interno del computer
- b) i dati registrati nella memoria centrale sono inviati all'interfaccia (ad esempio della stampante), convertiti nel formato della periferica e diventano dati di output.



LE FASI DELL'ELABORAZIONE

Il funzionamento di un calcolatore è legato ai seguenti gradini fondamentali:

Fase di fetch

1. il contenuto del PC, che contiene l'indirizzo della successiva istruzione da eseguire, viene trasferito nel MAR e da lì sul bus degli indirizzi dando inizio al reperimento (fetch) e alla lettura della istruzione da eseguire
2. trascorso il tempo d'accesso in memoria, la locazione di memoria contenente l'istruzione, viene depositata sul bus dati e da lì giunge sul registro MDR, e in fine nel registro delle Istruzioni IR (Instruction Register)
3. al termine della fase di fetch dell'istruzione **l'unità di controllo incrementa di uno il contenuto del PC**, per predisporre ad eseguire l'istruzione successiva.

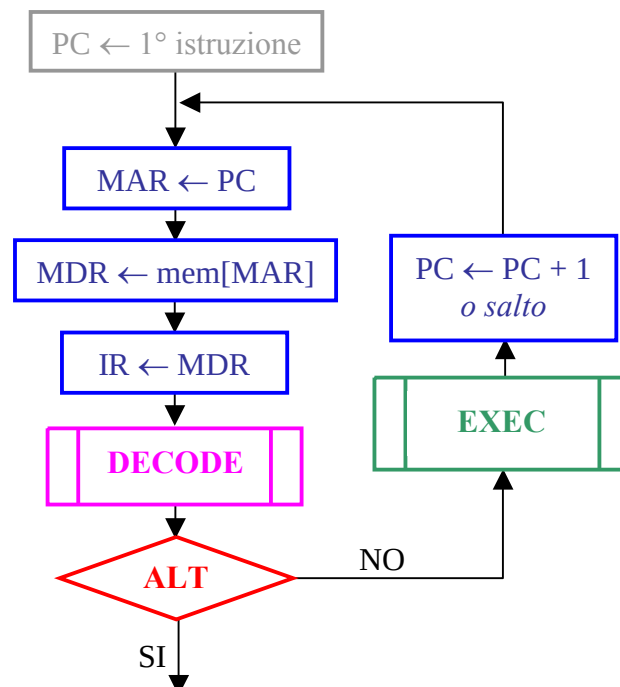
Fase di decode

1. Il registro istruzioni (IR) inizia la fase di decodifica del codice operativo a carico dell'unità di controllo

Fase di execute

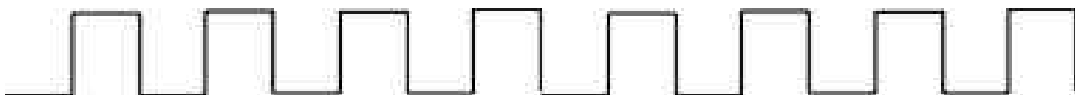
1. prima della esecuzione vera e propria della istruzione, viene eseguita la fase di fetch degli operandi (nuovi accessi in memoria per il recupero degli operandi)
2. quando tutto ciò che comporta l'istruzione è caricato nei registri opportuni del processore **l'unità di controllo esegue l'istruzione.**

Le fasi di elaborazione sono scandite da un segnale (detto orologio di sistema o *clock*) emesso appositamente per mantenere la sincronizzare tra le varie unità.



CONCETTO DI STATO DI UN SISTEMA

L'esecuzione di un'istruzione avviene attraverso una sequenza di cambiamenti di stato del processore (un cambiamento per ogni singola operazione dell'istruzione) scandita da un segnale periodico (clock) della seguente forma



Tale segnale è trasportato da un filo per tutto il chip contenente il processore. Esso cambia stato in base al cambiamento di stato del clock: ad esempio ci può essere cambiamento di stato del processore allorquando il clock passa dal livello logico 0 al livello logico 1 (in questo caso la commutazione avviene sul fronte di salita).

Per stato si intende l'insieme degli stati fisici di ogni singolo filo elettrico costituente il sistema.

Dunque il clock della CPU è come un orologio interno che scandisce la durata di un ciclo di esecuzione e di conseguenza definisce anche il tempo necessario per eseguire un'istruzione (periodo

di clock). La frequenza del clock si misura in MHz (MegaHertz) e indica il numero di operazioni elementari eseguite in un secondo: essa fornisce un'idea della velocità di elaborazione del computer. Infatti, più è alta la frequenza del clock, più il processore è veloce. Esempio: un processore a 500 MHz è un sistema che cambia stato 500 milioni di volte al secondo

I processori più comuni sono dovuti oggi a tre case produttrici: Intel (Pentium), Amd (Athlon), Ibm (PowerPC). Intel e Amd hanno lo stesso Instruction Set, ovvero parlano la stessa lingua chiamata x86, costituito da un numero di istruzioni dell'ordine delle centinaia. Di una famiglia totalmente differente (Instruction Set differente) sono i processori dei computer Macintosh, costruiti dall'Ibm.

Tutti i processori menzionati hanno un'architettura a 32 bits.

E' comunque da osservare che la potenza di un processore non è determinata soltanto dalla sua frequenza, ma anche dalla sua architettura interna.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Il modello della Macchina di Von Neumann anche se ha ormai quasi cinquanta anni di vita è tuttora adottato dalla maggior parte degli elaboratori.

Il fatto innovativo della Macchina di Von Neumann, che la distingue dalle altre macchine di calcolo è che il programma registrato in memoria (**stored program computer**) insieme ai dati è considerato dall'esecutore a sua volta come se fosse un dato; infatti le istruzioni che lo compongono possono variare durante l'esecuzione del programma adattandosi a risolvere situazioni diverse. In altre applicazioni c'è ugualmente un programma registrato ma questo è statico e non cambia.

Il suo principale limite è che tutte le operazioni vengono eseguite in stretta sequenza, ossia una dietro l'altra.

Modelli più evoluti prevedono varie forme di parallelismo.

Estensioni all'architettura di Von Neumann

I calcolatori attuali seguono ancora i principi di von Neumann ma con estensioni per migliorare le prestazioni, tra cui

- processori dedicati o co-processori per eseguire in modo particolarmente efficiente e in parallelo alla CPU particolari operazioni, come quelle aritmetiche (**processore aritmetico**) o per la presentazione della grafica sul video (**processore grafico**, vulgo scheda grafica).
- possibilità di eseguire alcune istruzioni parzialmente in parallelo
- uso di gerarchie di memorie con prestazioni e costi decrescenti, come una **memoria cache** in cui tenere copia di parte dei dati della memoria centrale con accesso più rapido.
- macchine aventi diverse CPU che agiscono contemporaneamente (macchine parallele o multiprocessore), come i supercomputer per eseguire calcoli complicatissimi molto velocemente.

Evoluzioni dell'Instruction Set.

La CPU e le sue istruzioni le possiamo creare semplici come vogliamo, anzi questo sforzo di semplificazione lo hanno svolto per prime le case costruttrici di CPU inventando la struttura di CPU RISC (Reduced Instructions Set Computer) in contrasto con la struttura delle CPU precedenti definite, dopo l'introduzione dei RISC, CISC (Complex Instruction Set Computer).

Le architetture CISC hanno una unità di controllo molto complessa che garantisce la possibilità di eseguire istruzioni che svolgono operazioni molto articolate e complicate. Le istruzioni in effetti non vengono direttamente eseguite ma lanciano a loro volta l'esecuzione di un insieme di microistruzioni memorizzate nell'unità di controllo della CPU. Queste architetture hanno dei limiti soprattutto nel costo e nella velocità di esecuzione.

Perciò le architetture RISC stanno diventando sempre più diffuse.

Evoluzioni delle architetture interne delle CPU

Altra evoluzione è quella che riguarda l'esecuzione delle istruzioni in parallelo all'interno della parte di calcolo (CPU superscalare). Per far questo si costruiscono più unità di controllo più unità logico aritmetiche (ALU) nella stessa CPU. In questo modo vengono caricate più istruzioni contemporaneamente e il registro delle istruzioni diventa in realtà una tabella di registri di istruzioni. Tutte le istruzioni presenti vengono eseguite contemporaneamente sulle varie ALU della CPU. Naturalmente non sempre questo è possibile: in alcuni casi occorre aspettare il risultato di una istruzione prima di poter eseguire la successiva.

In una architettura superscalare si sfruttano le fasi di decodifica della prima istruzione per fare il fetch della seconda e mentre si fa l'esecuzione della prima si decodifica la seconda e si fa il fetch della terza e così via. In pratica è come se la CPU fosse divisa in tante linee di montaggio dette pipeline:

CICLO	Fasi prima pipeline	Fasi seconda pipeline	Fasi terza pipeline	Fasi quarta pipeline
1	F1			
2	D1	F2		
3	E1	D2	F3	
4	E1	E2	D3	F4
5	F5	E2	E3	D4
6	D5	F6	E3	E4
7	E5	D6	F7	E4
8	E5	E6	D7	F8
.....				

dove Fx, Dx, Ex indicano le fasi di Fetch, Decodifica ed Esecuzione della istruzione x.

Se abbiamo 4 pipeline possiamo eseguire le istruzioni in modo quattro volte più veloce (sempre che non esistano vincoli di sequenza tra le istruzioni).

Architetture parallele

Per migliorare le prestazioni di calcolo di un calcolatore sono state sviluppate CPU sempre più veloci capaci di centinaia di milioni di istruzioni in virgola mobile al secondo (Mega FLOPS FLOating Point operations per Second). Purtroppo questo non è sufficiente per molte applicazioni scientifiche e militari. Sono state sviluppate quindi varie tipologie di architetture parallele nelle quali vengono divisi i compiti di calcolo tra varie CPU.

Le tipologie dipendono da come venga utilizzata la memoria. Nei sistemi a più processori ed una sola memoria (Symmetric Multiprocessing o *SMP*) abbiamo un bus unico al quale accedono una sola memoria e più CPU.

Questo tipo di architettura parallela vede nel bus il proprio collo di bottiglia, infatti ogni operazione di accesso alla memoria deve avvenire quando il bus è lasciato libero dalle altre CPU. Si è notato che con più di 8 processori il bus si satura facilmente.

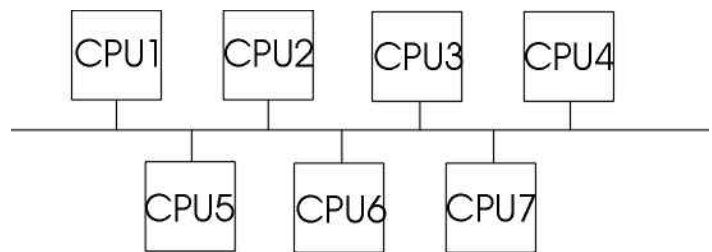
Questo sistema parallelo è il più semplice da programmare suddividendo tra le varie CPU i vari processi di uno stesso processo. Questo tipo di calcolatore parallelo viene spesso utilizzato per fare da server di rete nei sistemi gestionali.

I calcolatori più potenti oggi costruiti, (*supercomputer*) sono invece basati su un insieme di tanti processori dotati di propria memoria e interconnessi attraverso canali di comunicazione per lo scambio di messaggi.

Essi vengono detti calcolatori

massivamente paralleli (Massively Parallel Processing o *MPP*) e vi sono sistemi attualmente in sviluppo dotati di 9000 processori in grado di svolgere

assieme 1 TFLOPS (mille miliardi di istruzioni in virgola mobile al secondo). Questa capacità di calcolo si rende necessaria, ad esempio, per la simulazione di reazioni nucleari. Ogni processore è una normale CPU da personal dotata di centinaia di MB (milioni di byte) di memoria. Il costo di un sistema del genere è di molte decine di milioni di euro.



Le componenti principali di un personal computer

Le varie componenti del calcolatore si possono suddividere in due grandi categorie: le componenti funzionali fondamentali, residenti sulla cosiddetta “scheda madre”, e le componenti funzionali accessorie, meglio note come periferiche.

La Scheda madre (motherboard)

E' la centrale di comando, il cuore del sistema. La scheda madre costituisce sicuramente la parte più importante del computer. In essa trovano alloggio numerosi componenti “logici”:

- **il processore (CPU)**
- **la memoria RAM**
- **il BIOS** (Basic Input Output System)

ed inoltre

- **controller per unità a dischetti e dischi fissi:** per comunicare con altre unità di memoria di massa (tecnologie IDE, EIDE, SCSI)
- **gli slot (alloggiamenti delle schede di espansione) a 16 e 32 bit:** per installare le espansioni di capacità elaborative (tecnologie AGP, PCI, ISA), ovvero ulteriori processori dedicati a scopi particolari: processore grafico, processore audio, processore matematico
- **il Chipset:** un gruppo di elementi che si incarica di gestire e coordinare il funzionamento di tutti gli altri componenti. Ad esso è delegato il controllo dell' I/O (Input/Output), dell' I/O del bus e, nelle schede più recenti, dell'elettronica di gestione dei dischi fissi e CD-ROM
- **porte di comunicazione:** seriale (1 bit alla volta), parallela (8 bit alla volta), USB (Universal Serial Bus, nuova tecnologia seriale con alta velocità di trasferimento, connessione e configurazione rapida delle periferiche, possibilità di connettere fino a 127 dispositivi in sequenza)



Le periferiche

Sono gli apparati che permettono al computer di interagire con il mondo esterno e con l'utente. Servono per realizzare l'input e l'output (I/O) di un computer.

Monitor. Serve per visualizzare il responso del computer in real time. Essenzialmente costituito da una griglia di lamapadine (pixels – picture element) che possono assumere diversi colori. Gli schermi più comuni sono quelli a 14 pollici (1024 × 768 pixels) e a 17 pollici (1280 × 1024 pixels). La loro risoluzione è di 72 × 72 dpi (dot per inch = pixel per inch).



Tastiera. E' un dispositivo che converte la digitazione di un certo carattere in un parola del codice ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

Mouse. Sere per puntare e selezionare gli oggetti sullo schermo di un computer con un sistema operativo che abbia una GUI (Graphical User Interface). Puntatori video alternativi al mouse sono il trackball (mouse formato da due tasti e una sferada far ruotare), il touchpad (di solito usata dai computer portatili) e il joystick (utilizzato prevalentemente nei giochi elettronici).

Hard Disk e Hard disk drive. Hardware per la memorizzazione dei dati e per la sua lettura e scrittura.



Lettore CD/DVD. Hardware per leggere i dati su un CD/DVD. Comunemente la velocità è espressa in $n\times$, con n numero naturale, ad indicare il Data Transfer Rate, ossia la quantità di dati inviata al pc: più grande è n , più grande è la velocità del lettore. Oggi lo standard è sui $50\times$

Masterizzatore. Dispositivo per scrivere dati su un CD. La velocità di scrittura attuale è sugli $8\times$ - $12\times$.



Floppy disk drive. Hardware per leggere e scrivere dati su un floppy disk.

Modem. Serve a trasmettere dati (sequenze di bits) sulla linea telefonica. Oggi la velocità di trasmissione si aggira intorno ai 56 K bps (bit per secondo).

Scanner. Serve ad acquisire immagini tipicamente da un foglio di carta. L'immagine viene scansionata, digitalizzata e messa nella RAM pronta per essere manipolata e/o salvata. Funzione tipica è anche quella di leggere parti scritte di documenti (funzione OCR = Optical Character Reader)

Stampante. Apparecchiatura per la riproduzione su carta. Le principale tecniche di stampa sono: a getto d'inchiostro o inkjet (la scrittura avviene attraverso un getto di minuscole gocce di inchiostro) e laser (stampa realizzata attraverso l'uso di un laser che agisce su un tamburo rivestito di materiale fotosensibile; su questo l'inchiostro aderisce e poi viene trasferito su carta)

Telecamera web. Serve per acquisire sequenze video o immagini fotografiche da memorizzare e/o trasmettere in real time.

Tavoletta grafica (digitizer). per rilevare le coordinate dei punti di un disegno.

Plotter. Tracciatore di disegni costituito da una tavoletta o rullo e una penna collegata ad un braccio meccanico che disegna il grafico.

I tipi attuali di computer

Supercomputer. Sono computer di notevole capacità computazionale, per lo più macchine parallele fino a qualche migliaio di processori, che occupano diversi metri cubi di spazio, per grandi progetti. Dunque molto specializzati, per lo più con poca dotazione di software e progettati per svolgere operazioni matematiche molto velocemente.

Mainframe. Sono computer di elevata capacità, occupano lo spazio di un paio di metri cubi. Sono utilizzati per collegare molti utenti dotati di terminali con interfaccia grafica semplice. Attualmente si tende ad utilizzarli prevalentemente per gestire grosse basi di dati od a sostituirli con “file server”.

Minicalcolatori. Sono calcolatori che gestiscono un certo numero di utenti (10 -100). Sono per lo più utilizzati come server e gli utenti collegati hanno una interfaccia grafica di tipo più raffinato che nel caso dei mainframe.

Workstation. Sono computer di elevata capacità computazionale. Sono minicalcolatori dedicati ad un solo utente e dotati di un'interfaccia grafica ad alte prestazioni.

Personal computers. Sono i comuni PC. Sono calcolatori simili alle workstation ma con prestazioni ridotte.

Lap-top computers. Sono i classici computer portatili. Prestazioni simili ai personal computers.

Palm-top computers. Sono i cosiddetti computer palmari.