



## Fondamenti di Informatica

Laurea in  
Ingegneria Civile e Ingegneria per l'ambiente e il territorio

### Il calcolatore

Stefano Cagnoni e Monica Mordonini

## Storia del calcolatore

- I calcolatori: nati in risposta all'esigenza di eseguire meccanicamente operazioni ripetitive
- Gli algoritmi: nati in risposta all'esigenza di definire procedure meccaniche per la soluzione di problemi

## Storia del calcolatore

- I primi tentativi di automatizzare di calcolo risalgono al '500
- Negli anni '40 nasce l'idea di un calcolatore a programma memorizzato e la nascita del calcolatore moderno

## Il Calcolatore

- Un calcolatore è una macchina in grado di elaborare e memorizzare automaticamente informazioni.
- Un calcolatore può elaborare informazioni rappresentate in formato digitale.
- La caratteristica fondamentale di un calcolatore è quella di essere una macchina programmabile.

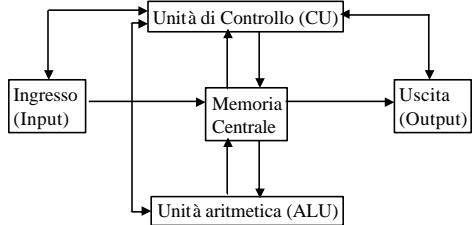
## Il Calcolatore

- Il funzionamento di un calcolatore segue queste tre fasi:
  - Legge un insieme di informazioni (*dati di input*).
  - Elabora queste informazioni attraverso un insieme di istruzioni (*programma*).
  - Restituisce le informazioni risultato dell'elaborazione (*dati di output*).

## Macchina di Von Neumann (anni '40)

- La memoria contiene i dati e il programma
- Unità di processo
- Strutture di controllo per l'esecuzione sequenziale delle istruzioni
- Grande influenza sui linguaggi di programmazione

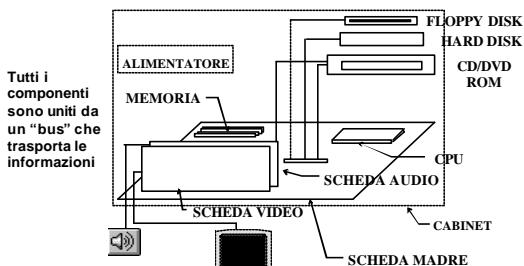
## Macchina di Von Neumann (anni '40)



Il Calcolatore

7

## Schema hardware di un PC



Il Calcolatore

8

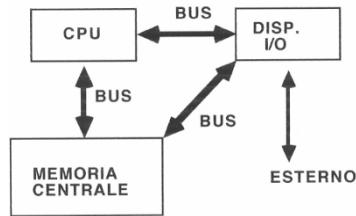
## Software

- Software: programmi che vengono eseguiti dal sistema
- Si distingue in:
  - Software di base (ad es. sistema operativo)
  - Software applicativo

Il Calcolatore

9

## Architettura di un calcolatore



Il Calcolatore

10

## Architettura di un calcolatore

- **CPU**: (*Central Processing Unit*): identificabile col microprocessore; svolge funzioni sia di elaborazione che di controllo.
- **MEMORIA CENTRALE**: insieme di celle di dimensione 1 byte, ciascuna identificata da un indirizzo, destinate a contenere i dati durante l'elaborazione. È volatile, cioè mantiene i dati solo finché il calcolatore è acceso

Il Calcolatore

11

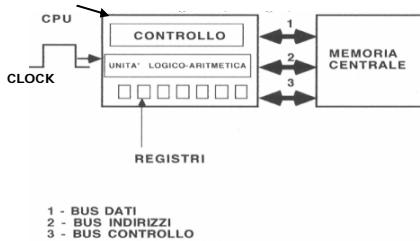
## Architettura di un calcolatore

- **DISPOSITIVI DI I/O**: insieme di dispositivi che consentono l'acquisizione di dati verso il calcolatore (*input*), la loro archiviazione e la loro presentazione verso il mondo esterno (*output*).
- **BUS** : insieme di connessioni che collegano le diverse parti del calcolatore, per trasmettere dati o segnali di controllo.

Il Calcolatore

12

## CPU



E' il componente che esegue le elaborazioni e controlla tutto il sistema.

## CPU

- **UNITA' DI CONTROLLO:** esegue operazioni finalizzate al trasferimento dati o al controllo dell'esecuzione dei programmi.
- **UNITA' LOGICO ARITMETICA (ALU):** esegue operazioni matematiche e logiche sui dati che sono contenuti nei dati.
- **REGISTRI:** celle interne alla CPU che devono contenere i dati da elaborare, oltre a contenere informazioni *accessorie* (*flag*) sullo *stato* della CPU.
- Lo stato della CPU è la sequenza binaria determinata dalla lettura dei registri all'interno della CPU.

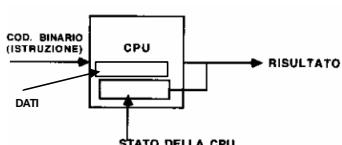
## CPU

- La CPU è un dispositivo *sincrono*, cioè può cambiare stato solo quando riceve un impulso di clock.
- A livello "macroscopico", ad ogni impulso di clock la CPU:
  - "legge" il suo stato interno (contenuto dei registri di stato) e la sequenza di ingresso (contenuto dei registri istruzioni e registri dati)
  - produce un nuovo stato corrispondente allo stato in cui si trovava.
- In pratica la CPU realizza una complessa funzione logica con decine di ingressi e di uscite. La corrispondente tabella della verità avrebbe un numero enorme di righe (miliardi di miliardi).

## CPU

- Lo stato della CPU è costituito dalle informazioni memorizzate nei registri:
  - dati da elaborare (contenuti nei *registri dati*)
  - istruzione da eseguire (nel *registro istruzioni*)
  - indirizzo in memoria della prossima istruzione da eseguire (nel *program counter*)
  - indirizzo in memoria del dato coinvolto nell'operazione in corso (nel *registro indirizzi*)
  - eventuali anomalie/eventi verificatisi durante l'elaborazione (nei *registri flag*)

## CPU



A livello schematico, la combinazione di istruzione, dati e stato della CPU determina il risultato.

Es. Paragone con la tastiera

state = shift (maiuscolo);      istruzione = tasto;

dato = lettera;

Se quando premo il tasto lo shift è premuto, ottengo una maiuscola, altrimenti una minuscola.

## CPU

- Il funzionamento della CPU è dato dal seguente ciclo macchina
  - **Caricamento:** la CU preleva l'istruzione dalla memoria.
  - **Decodifica:** la CU interpreta l'istruzione ed eventualmente trasferisce dalla memoria i dati necessari alla sua esecuzione.
  - **Esecuzione:** la CU comanda le parti
  - **Memorizzazione:** i risultati dell'operazione vengono memorizzati nella memoria centrale o in registri della CPU.

Il clock fornisce la base dei tempi necessaria per mantenere il sincronismo fra le operazioni

## CPU

- Il set di istruzioni definisce il linguaggio comprensibile dalla CPU.
- Questo linguaggio viene chiamato linguaggio macchina.
- I programmi eseguibili dalla CPU sono sequenze di istruzioni in linguaggio macchina.

## CPU

- Set di istruzioni di base:
  - somma (da cui sottrazione)
  - scorrimento [shift] (moltiplicazione e divisione)
  - operazioni di accesso alla memoria
    - trasferimento di un dato da una locazione di memoria ad un'altra
    - trasferimento da memoria a un registro della CPU
    - trasferimento da un registro della CPU a memoria
  - operazioni di confronto (basta confronto con lo zero)

## CPU- I registri - multitasking

- Poiché i registri comprendano tutto lo stato dell'elaborazione di un certo processo si ha che
  - salvando in memoria tutto il contenuto dei registri è possibile accantonare un processo per passare a svolgerne un altro
  - ripristinando dalla memoria il contenuto di tutti i registri è possibile ripristinare lo stato di un processo accantonato riprendendone l'esecuzione come se nulla fosse accaduto
- questo consente al sistema operativo di eseguire più compiti allo stesso tempo (multitasking)

## CPU

- Le operazioni sono eseguite all'interno della ALU e "coordinate" dalla Unità di Controllo che definisce anche istruzioni di salto ad una certa istruzione del programma nel caso della programmazione strutturata

## CPU

- Le CPU si distinguono in base al tipo di set di istruzioni
  - **CISC** (Complex Instruction Set Computer)  
L'instruction set di un calcolatore CISC deve contenere quante più istruzioni possibili, anche se ognuna di queste richiede più cicli per l'esecuzione poiché ciò permette di creare macchine più versatili (ad es. Pentium)
  - **RISC** (Reduced Instruction Set Computer)  
Ogni istruzione dell'instruction set di un calcolatore RISC deve essere eseguita in un solo ciclo: sebbene sia necessario eseguire più istruzioni per eseguire l'operazione equivalente a una singola istruzione CISC il sistema risulterà comunque più veloce (ad es. PowerPC)

## CPU

- La CPU è costituita da un microprocessore le cui capacità possono essere stimate da:
  - Numero di transistor equivalenti
  - Frequenza di clock

## CPU

- Più grande è il numero di transistor del processore più bit possono essere rappresentati ed elaborati e quindi più complesse sono le operazioni eseguibili a parità di tempo.
- Il clock è il segnale (una serie di impulsi equispaziati nel tempo) che attiva l'esecuzione delle singole istruzioni. Quindi più alta è la frequenza di clock più operazioni sono eseguite a parità di tempo.

Il Calcolatore

25

## Parametri caratteristici di una CPU

- 1) LUNGHEZZA DELLE PAROLE BINARIE CHE E' IN GRADO DI ELABORARE, ESPRESSA IN NUMERO DI BIT (8, 16, 32, 64) (architettura interna)
  - 2a) LUNGHEZZA DELLE PAROLE BINARIE CHE E' IN GRADO DI SCAMBIARE CON L'ESTERNO CON UN'UNICA OPERAZIONE (8, 16, 32, 64) (arch. esterna)
  - 2b) CAPACITA' DI INDIRIZZAMENTO (Mb, Gb)  
(dipende dalla dimensione del registro indirizzi)
  - 3) TIPO DI ARCHITETTURA UTILIZZATA:  
CISC (Complex Instruction Set Computer)  
RISC (Reduced Instruction Set Computer)
  - 4) FREQUENZA DI CLOCK.  
espressa in Mega/Giga cicli/secondo = MegaHertz/GigaHertz (MHz/GHz)
  - 5) MILIONI DI ISTRUZIONI AL SECONDO (MIPS) (centinaia o migliaia)  
MILIONI DI OP. IN VIRGOLA MOBILE AL SECONDO (MFLOPS)  
(decine o centinaia)
- MFLOPS <= MIPS <= FREQ. DI CLOCK

Il Calcolatore

26

## Memoria Centrale

- Spazio di lavoro del calcolatore: contiene i dati da elaborare e i risultati delle elaborazioni durante il funzionamento del calcolatore.
- Insieme di celle di dimensione 1 byte, ciascuna delle quali è individuata da un *indirizzo*, un numero di lunghezza dipendente dalla lunghezza del Registro Indirizzi all'interno della CPU.  
Es. se il Registro Indirizzi è lungo 32 bit posso indirizzare  $2^{32}$  celle diverse.  
 $2^{32}$  celle = 4 Gcelle -> 4 Gbyte
- Poiché è possibile indirizzare direttamente ogni singola cella, una memoria di questo tipo si chiama *Random Access Memory* (RAM), cioè, alla lettera, *memoria ad accesso casuale*.

Il Calcolatore

27

## Memoria Centrale

- L'informazione è memorizzata per mezzo di singoli dispositivi elettronici (che rappresentano un bit) ciascuno dei quali può trovarsi in due possibili stati:
  - OFF = FALSO = 0  
Un interruttore aperto o un condensatore scarico.
  - ON = VERO = 1  
Un interruttore chiuso o un condensatore carico.
- La memoria è organizzata in una sequenza logica di locazioni individuate da un indirizzo e contenenti un byte di informazione.

Il Calcolatore

28

## Memoria Centrale

### Indirizzamento

- E' l'attività con cui l'elaboratore seleziona una particolare cella di memoria
- per farlo l'elaboratore pone l'indirizzo della cella desiderata nel **registro indirizzi**

Il Calcolatore

29

## Memoria Centrale

- La memoria centrale contiene codici binari interpretabili come dati o istruzioni (che costituiscono i *programmi*) durante il funzionamento del calcolatore. I dati possono essere modificati durante l'esecuzione dei programmi (*elaborazione dati*) in funzione del risultato delle istruzioni eseguite.
- Sulla memoria centrale deve quindi essere possibile fare operazioni di *lettura* (ad es. delle istruzioni da eseguire o dei dati da elaborare) e *scrittura* (ad es. dei dati elaborati).

Il Calcolatore

30

## Interazione CPU-memoria centrale

- In lettura la CPU:

- attiva, cioè fissa ad 1 (attraverso l'unità di controllo) la linea del Bus di Controllo che corrisponde alla lettura
  - trasmette sul Bus Indirizzi l'indirizzo della cella cui vuole accedere
  - con un piccolo ritardo (*tempo di accesso*) riceve sul Bus Dati il contenuto della cella.

- In scrittura la CPU:

- attiva, cioè fissa ad 1 (attraverso l'unità di controllo) la linea del Bus di Controllo che corrisponde alla scrittura
  - trasmette sul Bus Indirizzi l'indirizzo della cella cui vuole accedere
  - invia sul Bus Dati il dato che deve essere inserito nella cella.