

# Hardware

Antonella Santone

Anno Accademico 2008/2009

1

# Il calcolatore

Il calcolatore può essere schematizzato come una cipolla

strati nascosti dall'interfaccia del programma

Il programmatore è normalmente interessato solo agli strati più esterni di questa architettura  
Gli strati più interni riguardano altre figure dell'informatica

2

# Hardware & Software

**Hardware**  
Insieme di tutti i circuiti delle macchine e dei componenti elettronici, elettrici e meccanici di un sistema elaboratore

**Software**  
Insieme dei programmi operanti sulla macchina, sufficienti a coprire tutte le esigenze di elaborazione

3

# Sistema di elaborazione

Hardware + software = sistema di elaborazione

4

# Funzionalità di un calcolatore

Elaborazione      Controllo      Memorizzazione

5

# Struttura di un calcolatore: la macchina di Von Neumann

memoria centrale      CPU      unità periferiche

Bus dati  
Bus indirizzi  
Bus di controllo

Valore da trasferire      Dove trasferirlo      Direzione di trasferimento, unità coinvolte etc.

6

## Caratteristiche del collegamento a BUS

- ❖ Semplicità  
un'unica linea di connessione -> costi ridotti di produzione
- ❖ Estendibilità  
aggiunta di nuovi dispositivi molto semplice
- ❖ Lentezza  
utilizzo in mutua esclusione del bus
- ❖ Limiti di capacità  
al crescere del numero di dispositivi collegati la presenza di una sola linea comporta un limite alla capacità di trasferire dati
- ❖ Sovraccarico del processore (CPU)  
CPU funge da master sul controllo del bus

7

## Le componenti fondamentali

La Central Processing Unit (CPU) è di fatto il motore principale di un elaboratore

La memoria contiene dati e istruzioni

I dispositivi di input /output (I/O) permettono di accedere e trasferire dati verso o dalla memoria e/o la CPU. La memorie di massa sono incluse qui

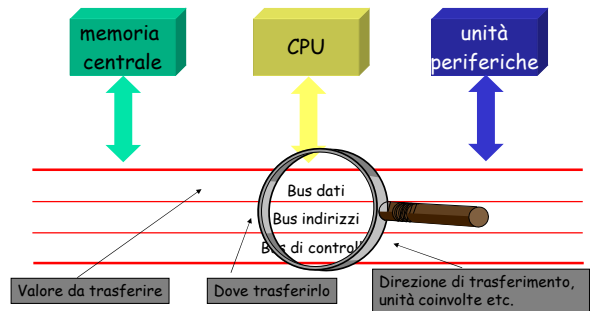
I bus costituiscono i canali di comunicazione principali di un elaboratore

8

Il bus

9

## Struttura di un calcolatore: la macchina di Von Neumann



10

## Bus

### Bus dati

usato per trasferire i dati (fra memoria e CPU; fra CPU e dispositivi di I/O)

### Bus indirizzi

identifica la posizione delle celle di memoria in cui la CPU va a scrivere o leggere

### Bus di controllo

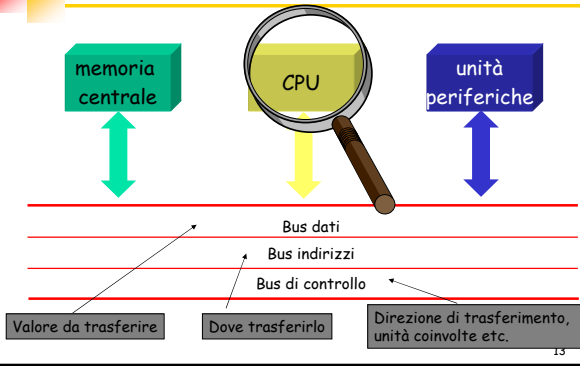
- transitano i segnali di controllo che consentono di:
- selezionare le unità coinvolte in un trasferimento dati (sorgente ed destinazione)
  - definire la direzione dello scambio (lettura o scrittura)

11

Unità centrale di elaborazione  
CPU

12

## Struttura di un calcolatore: la macchina di Von Neumann



13

## L'esecutore

- ❖ Dati e istruzioni sono memorizzati in un'unica memoria che permette sia la scrittura che la lettura
- ❖ I contenuti della memoria sono indirizzati in base alla loro posizione
- ❖ Le istruzioni sono eseguite in modo sequenziale

14

## Linguaggio macchina

Il linguaggio per cui la CPU si comporta da esecutore è detto **linguaggio macchina**

### Esempio

Somma due operandi contenuti nelle celle di memoria R1 e R2 e copia il risultato in R2

Codice operativo	operando1	operando2	
Somma	R1	R2	assembler
1000011	001	010	linguaggio macchina

15

## Linguaggio macchina (cont.)

Ciascuna operazione è definita da un codice binario speciale

Un programma eseguibile è formato dalla sequenza di byte associati ai codici delle operazioni macchina

Ogni CPU è caratterizzata da un suo insieme di istruzioni (instruction set)

CPU diverse "parlano linguaggi" diversi !!

16

## Elementi della CPU

- ❖ **Unità di controllo**  
Coordina le varie unità nell'esecuzione dei programmi
- ❖ **Unità logico-aritmetica**  
Esegue le operazioni necessarie per eseguire le istruzioni
- ❖ **Registri**  
**memoria ad alta velocità** usata per risultati temporanei e informazioni di controllo  
**valore massimo memorizzabile** in un registro è determinato dalle dimensioni del registro (piccole dimensioni)  
**esistono registri generici e di uso specifico**  
Program counter (PC)  
Instruction register (IR)  
...

17

## Registri

Un registro è un insieme di circuiti che contiene un certo numero di bit che, assieme, formano un dato

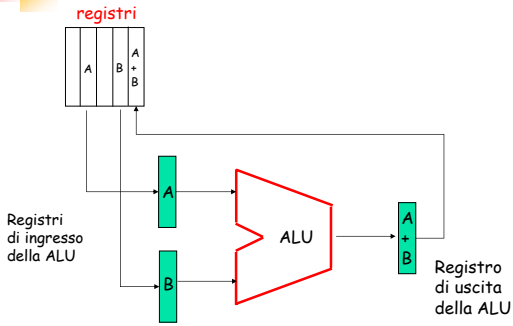
esempio: registro a 16 bit



I registri supportano operazioni di lettura e scrittura. Formano celle di memoria interne alla CPU per le quali l'accesso è molto veloce

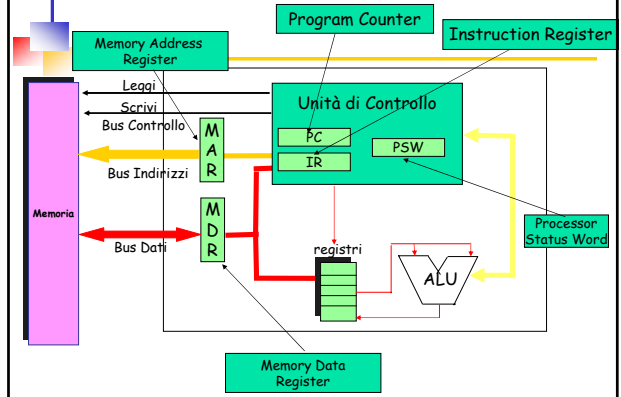
18

## Struttura del data-path



19

## Struttura della CPU



20

## Esecuzione delle istruzioni

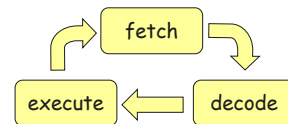
La CPU è anche chiamata il **microprocessore**  
Essa è costantemente nel ciclo **fetch-decode-execute**:

1. Prendi l'istruzione corrente dalla memoria e mettila nel registro istruzioni IR (**fetch**)
2. Incrementa il program counter (PC) in modo che contenga l'indirizzo dell'istruzione successiva
3. Determina il tipo dell'istruzione corrente (**decode**)
4. Se l'istruzione usa una parola in memoria, determina dove si trova
5. Carica la parola, se necessario, in un registro della CPU
6. Esegui l'istruzione (**execute**)
7. Torna al punto 1 e opera sull'istruzione successiva

21

## Esecuzione delle istruzioni (cont.)

La CPU è costantemente nel ciclo **fetch-decode-execute**:



22

## Esempio: ciclo di lettura da memoria

Supponiamo che la CPU debba effettuare un'operazione di lettura dalla memoria

La CPU scrive nel bus degli indirizzi l'indirizzo della cella di memoria da cui si vuole leggere

La CPU attiva un segnale del bus di controllo (*leggi*)

La memoria decodifica l'indirizzo presente nel bus e recupera il dato cercato, mettendolo nel bus dati

La CPU recupera il dato dal bus dati

23

## Clock

La logica che comanda le azioni eseguite all'interno di un calcolatore è sincronizzata da un orologio (clock) che segna la scansione temporale degli eventi.

Frequenza di clock: numero di attività elementari che vengono eseguite nell'unità di tempo

La frequenza si misura in megahertz (MHz)

24

## Evoluzione delle CPU

CPU	Anno	Frequenza (MHz)	Dimensione registri/bus dati	Numero di transistor
80286	1982	8 - 16	16/16	134 000
...	...	...	...	...
Pentium	1993	60 - 200	32/64	3 100 000
...	...	...	...	...
Pentium 4	2000	1600 - 2000	32/64	42 000 000

25

## Legge di Moore

Osservazione fatta da Gordon Moore nel 1965:

"il numero dei transistor per cm<sup>2</sup> raddoppia ogni X mesi"

In origine X era 12. Correzioni successive hanno portato a fissare X=18. Questo vuol dire che c'è un incremento di circa il 60% all'anno

### Conseguenze

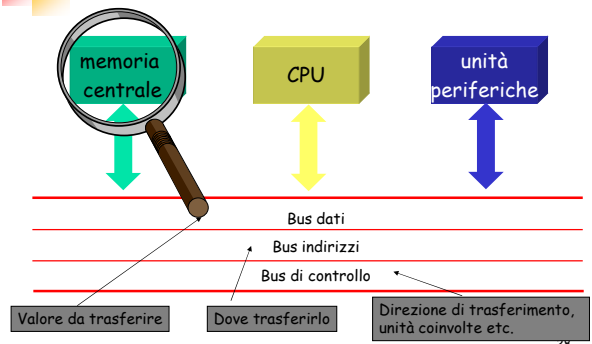
- ❖ Aumento delle capacità dei chip di memoria
- ❖ Aumento delle capacità delle CPU

26

## La memoria

27

## Struttura di un calcolatore: la macchina di Von Neumann



28

## La memoria

**Supporto alla CPU:** deve fornire dati e istruzioni alla CPU nel più breve tempo possibile

**Archivio:** deve consentire di archiviare i dati e i programmi garantendo la conservazione e la reperibilità anche dopo lunghi periodi

### Diverse esigenze:

- velocità per il supporto alla CPU
- elevate dimensioni e non volatilità per l'archivio

### Diverse tecnologie:

- **elettronica:** veloce ma costosa e volatile
- **magnetica e ottica:** non volatile ed economica ma lenta

29

## Criteri di caratterizzazione di una memoria

- ❖ **Velocità**  
tempo di accesso (quanto tempo passa tra una richiesta e la relativa risposta)  
velocità di trasferimento (quanti byte al secondo si possono trasferire)
- ❖ **Volatilità**  
cosa succede quando la memoria non è alimentata?  
per quanto tempo i dati vi rimangono immagazzinati?
- ❖ **Capacità**  
Quanti byte può contenere? Qual è la dimensione massima?
- ❖ **Costo** (per bit)  
Rapporto tra il costo complessivo dell'unità di memoria e la sua capacità
- ❖ **Modalità**  
diretta (o casuale): indipendente dalla posizione;  
sequenziale: dipendente dalla posizione;  
mista: combinazione dei due casi precedenti;  
associativa: indicato il dato, la memoria risponde indicando l'eventuale posizione che il dato occupa in memoria

30

## Memorie

### ❖ La memoria centrale

contenere i programmi in esecuzione ed i relativi dati

### ❖ La memoria di massa

contenere grandi moli di dati che non vengono utilizzati frequentemente, ma che devono essere mantenuti in modo persistente, anche dopo lo spegnimento del calcolatore

31

## La memoria centrale (RAM)

❖ RAM = Random Access Memory  
(memoria ad accesso casuale)

❖ Mantiene al proprio interno i dati e le istruzioni dei programmi in esecuzione

❖ Tecnologia elettronica  
veloce ma volatile e costosa

32

## Indirizzi di memoria

- ❖ I bit nelle memorie sono raggruppati in celle:  
tutte le celle sono formate dallo stesso numero di bit  
una cella composta da  $k$  bit è in grado di contenere una qualunque tra  $2^k$  combinazioni diverse di bit
- ❖ Ogni cella ha un indirizzo:  
serve come accesso all'informazione  
in una memoria con  $N$  celle gli indirizzi vanno da 0 a  $N-1$
- ❖ La cella è l'unità indirizzabile più piccola:  
costituite da 8, 16, 32 o 64 bit
- ❖ Una successione di bit avente lunghezza pari al numero di elementi binari di un cella è chiamata **parola (word)**

33

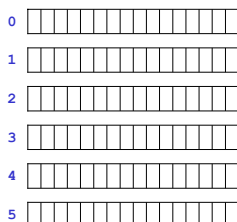
## Organizzazione della memoria

- ❖ Anche gli indirizzi della memoria sono rappresentati come numeri binari
- ❖ Il numero di bit nell'indirizzo determina il numero massimo di celle indirizzabili nella memoria ed è indipendente dal numero di bit per cella (una memoria con  $2^{12}$  celle richiede sempre 12 bit di indirizzo, quale che sia la dimensione della cella)

34

## Organizzazione della memoria (cont.)

Con 96 bit possiamo avere: 6 parole di 16 bit ( $6 \cdot 16 = 96$ )

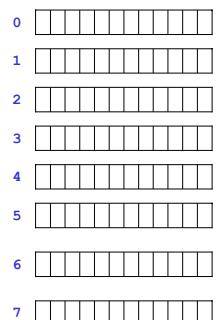


35

## Organizzazione della memoria (cont.)

Con 96 bit possiamo avere:

8 parole di 12 bit ( $8 \cdot 12 = 96$ )

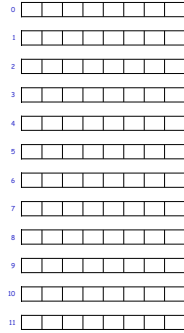


36

## Organizzazione della memoria (cont.)

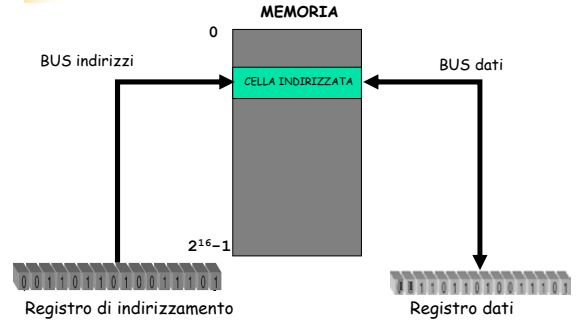
Con 96 bit possiamo avere:

12 celle di 8 bit ( $12 \cdot 8 = 96$ )



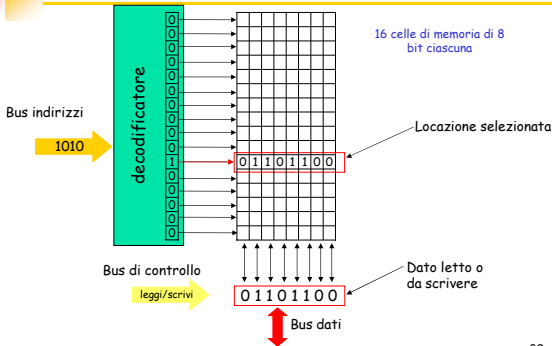
37

## Funzionamento della memoria



38

## Schema della memoria



39

## Memorie

### RAM (Random Access Memory)

- ❖ si può accedere senza limitazioni a qualsiasi cella
- ❖ volatile

### ROM (Ready-Only Memory)

- ❖ memoria a sola lettura: inizializzata dal costruttore con dati e programmi che servono a far funzionare il sistema
- ❖ persistente

### EPROM (Erasable Programmable ROM)

sono memorie riscrivibili con dispositivi speciali (UV)

40

## Memorie

### ❖ La memoria centrale

contenere i programmi in esecuzione ed i relativi dati

### ❖ La memoria di massa

contenere grandi moli di dati che non vengono utilizzati frequentemente, ma che devono essere mantenuti in modo persistente, anche dopo lo spegnimento del calcolatore

41

## Memoria di massa

### Tecnologie principali:

Nastri magnetici (lettura e scrittura sequenziale)

Dischi magnetici (accesso diretto ai dati)

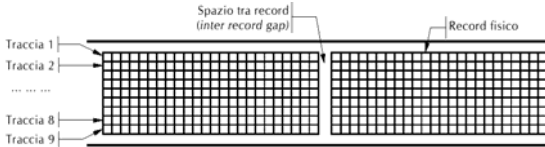
Floppy disk

Dischi ottici (CD-ROM, CDW, DVD)

42

## Nastri magnetici

- ❖ Primi dispositivi di memoria di massa impiegati storicamente
- ❖ Notevoli analogie con i comuni nastri impiegati nelle audio cassette (ma informazioni registrate in formato digitale)
- ❖ Accesso sequenziale
- ❖ Molto lenti
- ❖ Utili per operazioni di backup



43

## Dischi magnetici

Piatti d'alluminio ricoperti di materiale ferromagnetico

### Testina di un disco

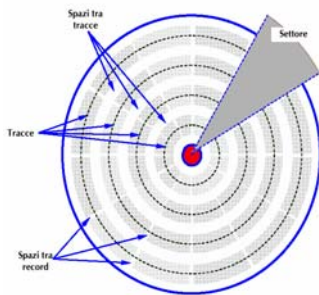
soppressa appena sopra la superficie magnetica

scrittura: il passaggio di corrente positiva o negativa attraverso la testina magnetizza la superficie

lettura: il passaggio sopra un'area magnetizzata induce una corrente positiva o negativa nella testina

44

## Tracce e settori



45

## Tracce e settori

**Traccia (track):** sequenza circolare di bit scritta mentre il disco compie una rotazione completa

- la larghezza di una traccia dipende dalla dimensione della testina e dall'accuratezza con cui la si può posizionare; la densità radiale va da 800 a 2000 tracce per centimetro (5-10  $\mu\text{m}$  per traccia);
- tra una traccia e l'altra c'è un piccolo spazio di separazione (**gap**).

**Settore (sector):** parte di una traccia corrispondente a un settore circolare del disco

- un settore contiene 512 byte di dati, preceduti da un preambolo, e seguiti da un codice di correzione degli errori;
- la densità lineare è di circa 50-100kbit per cm (0,1-0,2  $\mu\text{m}$  per bit);
- tra settori consecutivi si trova un piccolo spazio (**intersector gap**).

**Formattazione:** operazione che predispose tracce e settori per la lettura/scrittura

- un 15% circa dello spazio disco si perde in gap, preamboli e codici di correzione degli errori.

46

## Floppy disk

I più diffusi hanno un diametro di 3,5 pollici, una capacità di 1,44 Mbyte e sono formattati con 80 tracce e 18 settori.

### Limite

Capacità ormai inadeguata per la dimensione media dei dati e dei programmi che vengono utilizzati oggi



47

## Dischi rigidi (hard disk)

In un disco rigido i dati sono memorizzati in diversi *platters*, ognuno dei quali è organizzato in tracce e settori. Entrambe le facce sono utilizzate



48

## Schema di un hard disk



49

## Dischi: parametri per il tempo di accesso

**Tempo di accesso:** intervallo tra la richiesta di un dato e il completamento dell'operazione. E' la somma dei seguenti tempi:

**Tempo di ricerca:** tempo necessario a posizionare la testina sulla traccia

**Tempo di latenza:** tempo necessario affinché il settore desiderato si posizioni in corrispondenza della testina.

**Tempo di trasferimento:** tempo necessario per il trasferimento dei dati dal disco alla memoria o viceversa

50

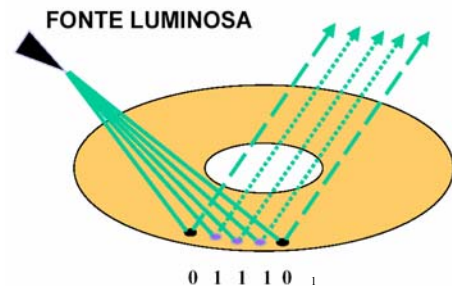
## Dischi ottici

Le tecnologie dei dischi ottici sono basate sull'uso di raggi laser

- ❖ Il raggio laser è un particolare tipo di raggio luminoso estremamente focalizzato che può essere emesso in fasci di dimensioni molto ridotte
- ❖ Il raggio laser viene riflesso in modo diverso da superfici diverse e si può pensare di utilizzare delle superfici con dei piccolissimi forellini

51

## Dischi ottici (cont)



52

## Dischi ottici (cont)

Ogni unità di superficie può essere forata o non forata e questo corrisponde ai due diversi tipi di informazione elementare (bit)

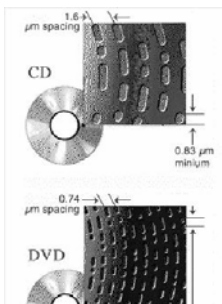
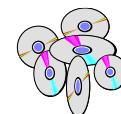
- ❖ L'informazione contenuta su un'unità di superficie può essere letta guardando la riflessione del raggio laser proiettato sulla superficie stessa
- ❖ Aggregazioni di informazioni possono essere ottenute dividendo una superficie di grandi dimensioni in molte unità elementari, ognuna delle quali rappresenta un singolo bit

53

## CD-ROM e DVD

Un CD-ROM  
(Compact Disk Read Only Memory)  
memorizza oltre 650MByte

Un DVD  
(Digital Versatile Disk)  
arriva a 17 GByte



54

## Gerarchia di memoria

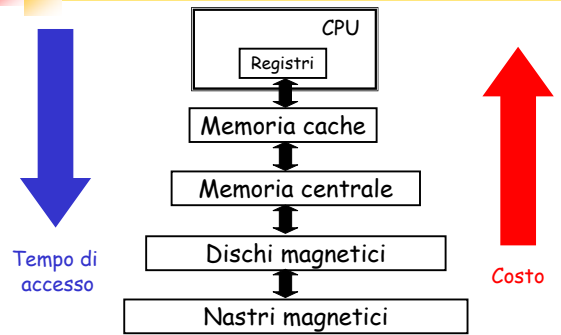
- ❖ Memorie di gran capacità, lente, economiche
- ❖ Memorie piccole, veloci, costose

### Obiettivo

Realizzare una memoria grossa e veloce

55

## Gerarchie di memoria (cont.)



56

## Il principio di località

### Località spaziale

Quando si accede all'indirizzo  $A$  è molto probabile che gli accessi successivi richiedano celle vicine ad  $A$

- le istruzioni del codice vengono in genere lette da locazioni consecutive
- gli accessi ad un array sono "vicini"

### Località temporale

Quando si accede all'indirizzo  $A$  è molto probabile che negli accessi successivi richieda di nuovo la cella  $A$

- cicli di istruzioni accedono ripetutamente alle stesse locazioni di memoria
- istruzioni vicine tendono ad utilizzare le stesse variabili

57

## Memoria cache

La trasmissione di dati da CPU ↔ RAM può essere costosa

Per ridurre il tempo di accesso, sulle architetture moderne è presente una memoria molto veloce (ma di dimensioni minori) sulla quale vengono caricati dati e istruzioni che si suppone vengano acceduti in futuro

Prima di accedere alla RAM la CPU prova nella cache, se trova lì il dato l'accesso risulta più veloce

La probabilità di trovare un dato nella memoria cache si aggira intorno al 99% (**hit ratio**)

58

## Caratteristiche dei diversi livelli

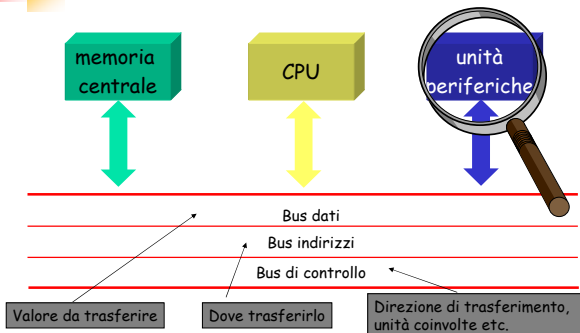
	Capacità	Velocità (TA)	€/MByte
registri	~1KB	~1ns ( $10^{-9}$ )	NA
cache	64 ÷ 1024 KB	~10ns	300
RAM	64 ÷ 2048 MB	~100ns	2
HD	8 ÷ 100 GB	~10ms ( $10^{-3}$ )	0.005
nastri/CD	~GB per unità	~100ms	0.005

59

Gestione dell'IO

60

## Struttura di un calcolatore: la macchina di Von Neumann



61

## Sottosistema di I/O

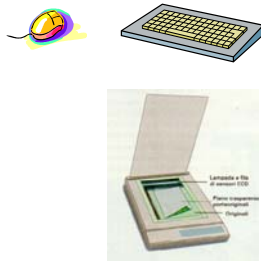
Permette di interfacciare il calcolatore verso il mondo esterno

- ❖ Dispositivi di INPUT
- ❖ Dispositivi di OUTPUT

62

## Dispositivi di INPUT

- tastiera
- mouse
- touch pad
- microfono
- webcam
- penna ottica
- scanner
- etc.



63

## Dispositivi di OUTPUT

- monitor
- stampante
- casse acustiche
- videoproiettore
- cuffie
- etc.



64

## Monitor

monocromatico o a colori

dimensioni in pollici (14", 17", .....)

**VGA** risoluzione 640 \* 480

**SVGA** risoluzione 800 \* 600  
1024 \* 768  
1280 \* 1024  
1600 \* 1280

65

## Stampanti

Si differenziano tecnica di scrittura dei caratteri

- qualità e velocità di stampa
- tipo di trascinamento carta
- tipo di modulo supportato
- capacità di stampa grafici
- capacità di stampe a colori
- .....

66

## Definizioni

**dpi** (*dots per inch*) -- misura la qualità

Numero di punti che la stampante è in grado di riprodurre in un pollice lineare (2,54 cm)

**ppm** (*pagine per minuto*) -- misura la velocità (stampanti laser e inkjet)

Numero di pagine che la stampante è in grado di riprodurre in un minuto

**cps** (*caratteri per secondo*) -- misura la velocità (stampanti ad aghi)

Numero di caratteri che la stampante è in grado di riprodurre in un secondo

67

## Principali tecnologie

- ❖ Stampante ad aghi
- ❖ Stampante a getto d'inchiostro
- ❖ Stampante laser

68

## Stampante ad aghi

### Funzionamento

- la testina di stampa contiene fra 2 e 24 aghi;
- ogni ago è azionato da un'elettrocalamita;
- mentre la testina si muove, l'azione combinata degli aghi compone i caratteri da stampare;
- la qualità di stampa dipende dal numero degli aghi e dalla sovrapposizione dei punti (che però influenza anche la velocità di stampa).

### Caratteristiche ed utilizzo

- economiche e molto affidabili;
- lente, rumorose e con grafica di bassa qualità.

69

## Stampante a getto d'inchiostro

### Funzionamento

- al posto degli aghi ci sono ugelli collegati a serbatoi d'inchiostro di diversi colori;
- mentre la testina si muove, gli ugelli spruzzano gocce d'inchiostro in modo da comporre i caratteri da stampare;
- la qualità di stampa dipende dal numero dalla dimensione delle gocce.

### Caratteristiche ed utilizzo

- risoluzioni che vanno da 300 a 1400 dpi;
- poco costose, silenziose e di buona qualità;
- lente, usano cartucce d'inchiostro costose e producono documenti intrisi d'inchiostro;
- uso domestico.

70

## Stampante laser

### Funzionamento

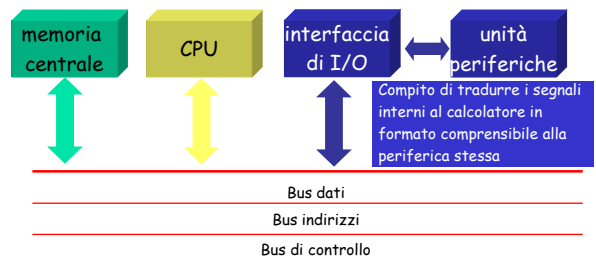
- l'immagine della pagina viene impressa su un rullo fotosensibile da un raggio laser che carica elettricamente le zone raggiunte con una tensione di circa 1000 volt;
- queste zone attirano le particelle di inchiostro in polvere (toner), che vengono trasferire sulla carta dove vengono fissate mediante il riscaldamento.

### Caratteristiche ed utilizzo

- alta qualità, eccellente flessibilità, buona velocità;
- tecnologia simile a quella delle fotocopiatrici.

71

## Collegamento periferica-calcolatore



72