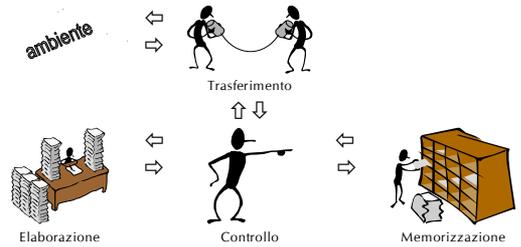


# Capitolo 4 – Parte 1

## Le infrastrutture hardware

Il processore  
 La memoria centrale  
 La memoria di massa  
 Le periferiche di I/O

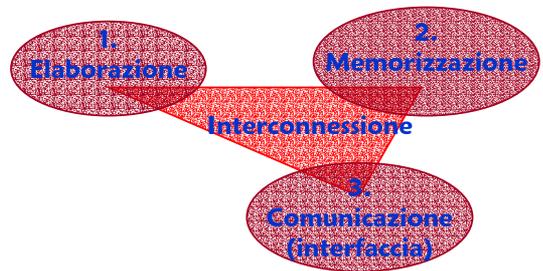
## Funzionalità di un calcolatore



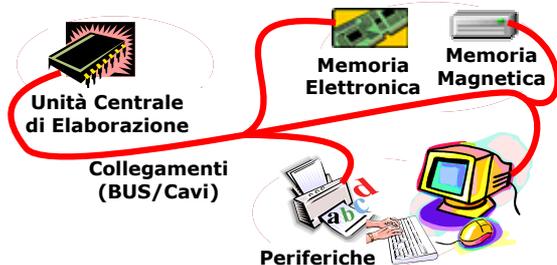
## Caratteristiche dell'architettura

- **Flessibilità**
  - adatta a svolgere diverse tipologie di compiti
- **Modularità**
  - ogni componente ha una funzione specifica
- **Scalabilità**
  - ogni componente può essere sostituito con uno equivalente
- **Standardizzazione**
  - componenti facilmente sostituibili in caso di malfunzionamento
- **Riduzione dei costi**
  - grazie alla produzione su larga scala
- **Semplicità**
  - di installazione ed esercizio del sistema

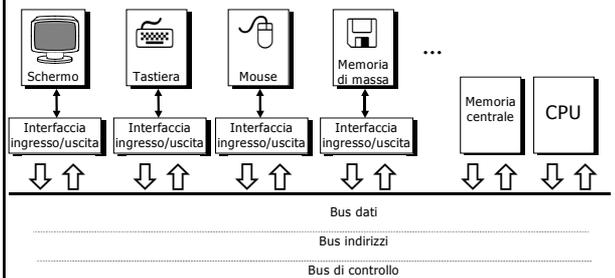
## Il calcolatore: modello concettuale



## Il calcolatore: modello architetturale



## Lo schema di riferimento



## Caratteristiche del collegamento a BUS

- > Semplicità
  - un'unica linea di connessione → costi ridotti di produzione
- > Estendibilità
  - aggiunta di nuovi dispositivi molto semplice
- > Standardizzabilità
  - regole per la comunicazione da parte di dispositivi diversi
- > Lentezza
  - utilizzo in mutua esclusione del bus
- > Limitata capacità
  - al crescere del numero di dispositivi collegati
- > Sovraccarico del processore (CPU)
  - perchè funge da *master* sul controllo del bus

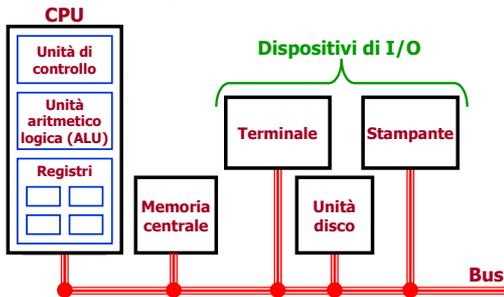
04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

7

## Unità centrale di elaborazione CPU

## Organizzazione tipica di un calcolatore "bus oriented"



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

9

## Tre tipologie di istruzioni

- > Istruzioni aritmetico-logiche (Elaborazione dati)
  - Somma, Sottrazione, Divisione, ...
  - And, Or, Xor, ...
  - Maggiore, Minore, Uguale, Minore o uguale, ...
- > Controllo del flusso delle istruzioni
  - Sequenza
  - Selezione semplice, a due vie, a n vie, ...
  - Ciclo a condizione iniziale, ciclo a condizione finale, ...
- > Trasferimento di informazione
  - Trasferimento dati e istruzioni tra CPU e memoria
  - Trasferimento dati e istruzioni tra CPU e dispositivi di ingresso/uscita (attraverso le relative interfacce)

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

10

## Elementi di una CPU

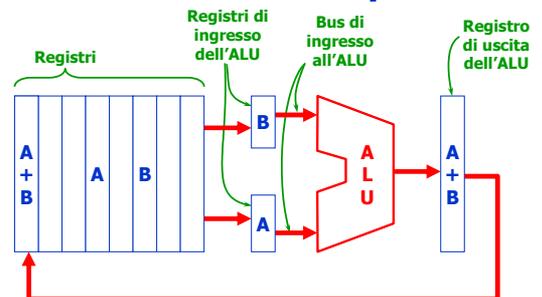
- > **Unità di controllo**
  - legge le istruzioni dalla memoria e ne determina il tipo.
- > **Unità aritmetico-logica**
  - esegue le operazioni necessarie per eseguire le istruzioni.
- > **Registri**
  - **memoria ad alta velocità** usata per risultati temporanei e informazioni di controllo;
  - il **valore massimo** memorizzabile in un registro è determinato dalle **dimensioni** del registro;
  - esistono registri di uso generico e registri specifici:
    - **Program Counter (PC)** – qual è l'istruzione successiva;
    - **Instruction Register (IR)** – istruzione in corso d'esecuzione;
    - ...

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

11

## Struttura del "data path"

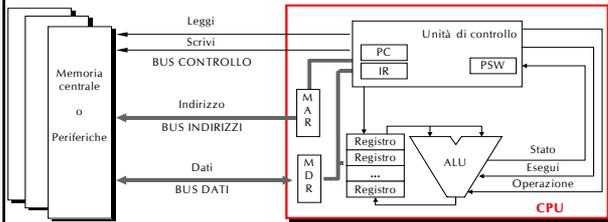


04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

12

## La struttura della CPU



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

13

## Esecuzione delle istruzioni

### > Ciclo **Fetch-Decode-Execute** (leggi-decodifica-esegui)

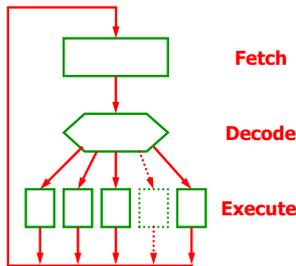
1. Prendi l'**istruzione corrente** dalla memoria e mettila nel **registro istruzioni (IR)**.
2. **Incrementa il program counter (PC)** in modo che contenga l'indirizzo dell'istruzione successiva.
3. Determina il tipo dell'istruzione corrente (**decodifica**).
4. Se l'istruzione usa una parola in memoria,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

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

14

## Ciclo Fetch-Decode-Execute



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

15

## CPU

- > In grado di eseguire solo istruzioni codificate in **linguaggio macchina**



- > 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 di istruzione da eseguire (**decode**)
4. Se l'istruzione necessita di un dato in memoria determina dove si trova e caricalo in un registro della CPU
5. Esegui l'istruzione (**execute**)
6. Torna al punto 1 e opera sull'istruzione successiva

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

16

## Evoluzione delle CPU



CPU	Anno	Frequenza (MHz)	Dimensione registri / bus dati	Numero di transistor
8086	1978	4.77 - 12	8 / 16	29 000
80286	1982	8 - 16	16 / 16	134 000
80386	1986	16 - 33	32 / 32	275 000
80386 SX	1988	16 - 33	32 / 16	275 000
80486	1989	33 - 50	32 / 32	1 200 000
Pentium	1993	60 - 200	32 / 64	3 100 000
Pentium II	1997	233 - 400	32 / 64	7 500 000
Pentium III	1999	450 - 1133	32 / 64	24 000 000
Pentium 4	2000	1600 - 2000	32 / 64	42 000 000

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

17

## Legge di Moore

Osservazione fatta da Gordon Moore nel 1965:

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

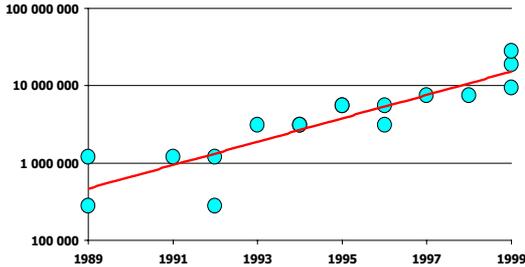
In origine X era 12. Correzioni successive hanno portato a fissare **X=18**. Questo vuol dire che c'è un incremento di circa **il 60% all'anno**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

18

## # Transistor [CPU Intel]



## Legge di Moore e progresso

- Il progresso della tecnologia provoca un **aumento del numero di transistor** per cm<sup>2</sup> e quindi per chip.
- Un maggior numero di transistor per chip permette di produrre **prodotti migliori** (sia in termini di prestazioni che di funzionalità) **a prezzi ridotti**.
- I prezzi bassi stimolano la nascita di **nuove applicazioni** (e.g. non si fanno video game per computer da milioni di \$).
- Nuove applicazioni aprono **nuovi mercati** e fanno nascere **nuove aziende**.
- L'esistenza di tante aziende fa **creocere la competitività** che, a sua volta, stimola il **progresso della tecnologia** e lo sviluppo di **nuove tecnologie**.

## Approfondimento: incrementare le prestazioni con il parallelismo

## Parallelismo

- La **frequenza di clock**
  - influenza direttamente il tempo di ciclo del data path e quindi le prestazioni di un calcolatore;
  - è limitata dalla tecnologia disponibile.
- Il **parallelismo** permette di migliorare le prestazioni senza modificare la frequenza di clock. Esistono due forme di parallelismo:
  - **parallelismo a livello delle istruzioni** (architetture **pipeline** o architetture **superscalari**);
  - **parallelismo a livello di processori** (**Array computer, multiprocessori o multicomputer**).

## Architettura pipeline

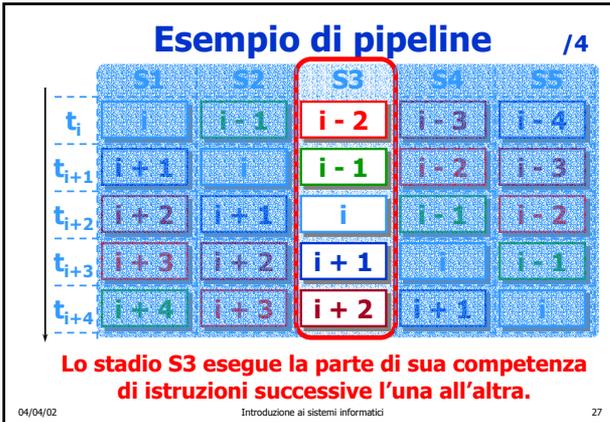
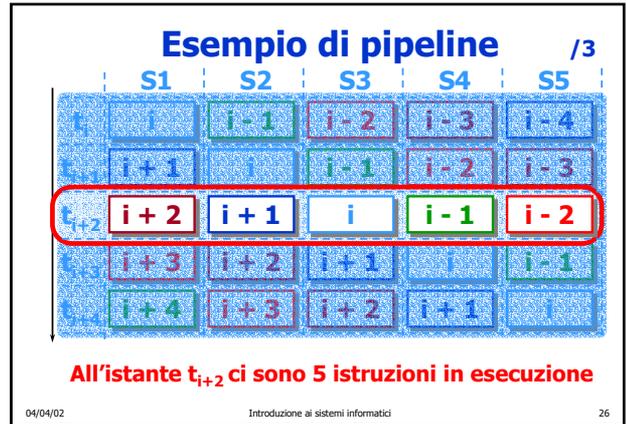
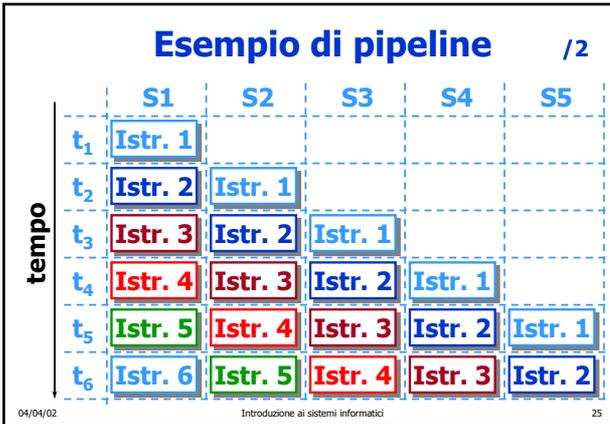
- Organizzazione della CPU come una "**catena di montaggio**"
  - la CPU viene suddivisa in "**stadi**", ognuno dedicato all'esecuzione di un compito specifico;
  - l'esecuzione di un'istruzione richiede il **passaggio attraverso** (tutti o quasi tutti) **gli stadi della pipeline**;
  - in un determinato istante, **ogni stadio esegue la parte di sua competenza di una istruzione**;
  - in un determinato istante, esistono **diverse istruzioni contemporaneamente in esecuzione**, una per ogni stadio.

## Esempio di pipeline /1

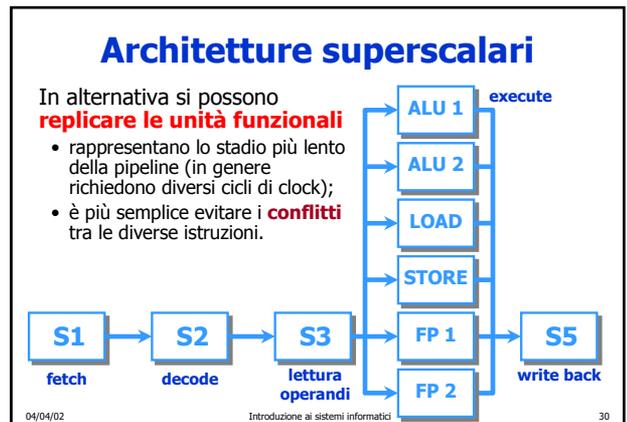
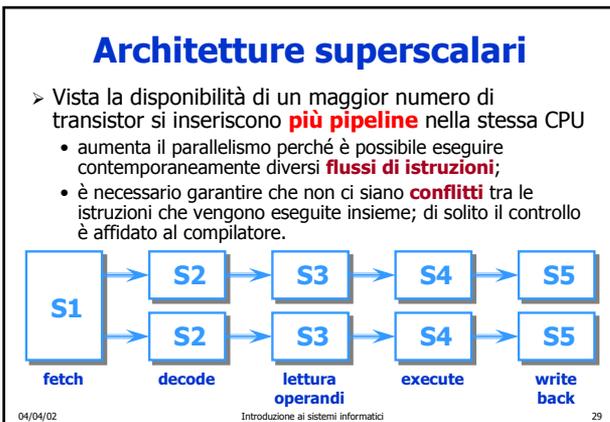
Pipeline in **cinque stadi**:

- S1. **lettura istruzioni** dalla memoria e loro caricamento in un apposito buffer;
- S2. **decodifica** dell'istruzione per determinarne il tipo e gli operandi richiesti;
- S3. individuare e **recuperare gli operandi** dai registri o dalla memoria;
- S4. **esecuzione** dell'istruzione, tipicamente facendo passare gli operandi per il data path;
- S5. **invio dei risultati** al registro appropriato.



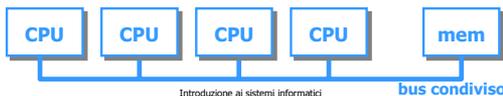


- ### Prestazioni di una pipeline
- > Il tempo di esecuzione (**latenza**) della singola istruzione non diminuisce, anzi **aumenta**
    - il tempo di attraversamento (latenza) della pipeline corrisponde al numero degli stadi (**N**) moltiplicato per il tempo di ciclo (**T**);
    - il tempo di ciclo è limitato dallo stadio più lento!
  - > **Aumenta** il numero di istruzioni completate nell'unità di tempo (**throughput**)
    - si completa **un'istruzione a ogni ciclo di clock**;
    - l'**incremento** di throughput è quasi **proporzionale al numero degli stadi!**
- 04/04/02 Introduzione ai sistemi informatici 28



## Multiprocessori

- **Diverse CPU** condividono una **memoria comune**:
  - le CPU debbono **coordinarsi** per accedere alla memoria;
  - esistono diversi schemi di collegamento tra CPU e memoria, quello più semplice prevede che ci sia un **bus condiviso**;
    - se i processori sono veloci il **bus** diventa un **collo di bottiglia**;
    - esistono soluzioni che permettono di migliorarne le prestazioni, ma si adattano a sistemi con un **numero limitato di CPU** (<20).
- La **memoria condivisa** rende più semplice il **modello di programmazione**:
  - si deve **parallelizzare l'algoritmo**, ma si può trascurare la **"parallelizzazione" dei dati**.



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

31

## Multicalcolatori

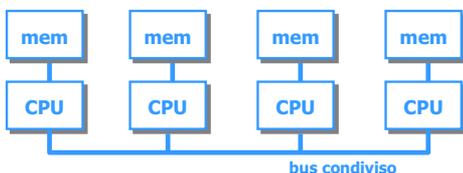
- Sistemi composti da tanti calcolatori collegati fra loro
  - ogni calcolatore è dotato di una **memoria privata** e non c'è **memoria in comune**;
  - **comunicazione** tra CPU basata su **scambio di messaggi**.
- Non è efficiente collegare ogni calcolatore a tutti gli altri, quindi vengono usate topologie particolari:
  - **griglie** a 2/3 dimensioni, **alberi** e **anelli**;
  - i messaggi, per andare da fonte a destinazione, spesso devono passare da uno o più calcolatori intermedi o **switch**.
  - **Tempi di trasferimento** dei messaggi dell'ordine di alcuni **microsecondi** sono comunque facilmente ottenibili.
- Sono stati costruiti multicalcolatori con ~10.000 CPU.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

32

## Struttura di un multicomputer



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

33

## La memoria

## La memoria

- **Supporto alla CPU**: deve fornire alla CPU dati e istruzioni il più rapidamente possibile
- **Archivio**: deve consentire di archiviare dati e programmi garantendone la conservazione e la reperibilità anche dopo elevati periodi di tempo
- Diverse esigenze:
  - **velocità** per il supporto alla CPU
  - **non volatilità** ed **elevate dimensioni** per l'archivio
- Diverse tecnologie
  - **elettronica**: veloce, ma costosa e volatile
  - **magnetica** e **ottica**: non volatile ed economica, ma molto lenta

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

35

## Criteri di caratterizzazione di una memoria

- **Velocità**
  - tempo di accesso (quanto 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)
- **Modalità di accesso**
  - diretta (o casuale): il tempo di accesso è indipendente dalla posizione
  - sequenziale: il tempo di accesso dipende 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.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

36

## La memoria centrale

## La memoria centrale (R.A.M.)

- Mantiene al proprio interno i **dati** e le **istruzioni** dei programmi in esecuzione
- Memoria ad accesso "casuale"
- Tecnologia elettronica
  - **veloce** ma **volatile** e **costosa**
- Due "eccezioni"
  - **R.O.M.:** elettronica ma permanente e di sola lettura
  - **Flash:** elettronica ma permanente e riscrivibile

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

38

## 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.** In quasi tutti i calcolatori è di **8 bit** (un **byte**).
- I byte vengono raggruppati in **parole** (che oggi sono di **32/64 bit**), su cui la CPU esegue le operazioni.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

39

## Organizzazione della memoria

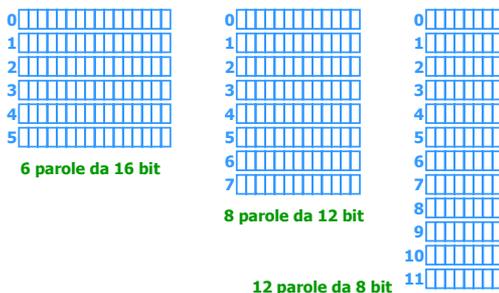
- Anche gli indirizzi della memoria sono rappresentati come numeri binari:
  - un indirizzo di **M bit** consente di indirizzare  **$2^M$**  celle;
  - per 6 o 8 celle bastano 3 bit, per 12 celle ne servono 4;
  - il **numero di bit nell'indirizzo** determina il **numero massimo di celle indirizzabili** 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 di una cella).
- Una memoria può essere organizzata in diversi modi:
  - con 96 bit possiamo avere 6 celle di 16 bit ( $6 \cdot 16 = 96$ ), o 8 celle di 12 bit ( $8 \cdot 12 = 96$ ) o 12 celle di 8 bit ( $12 \cdot 8 = 96$ ).

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

40

## Organizzazione della memoria



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

41

## Memoria vs. CPU

- Le **CPU** sono sempre state **più veloci** delle **memorie**
  - l'aumento di integrazione ha consentito di realizzare **CPU** pipeline e super scalari, molto efficienti e **veloci**;
  - nelle memorie è aumentata la **capacità** più che la **velocità**.
- L'**accesso** alla memoria passa **attraverso il bus**
  - la **frequenza** di funzionamento **del bus** è molto **più bassa** di quella della CPU;
  - il **bus** può essere **impegnato** ad effettuare trasferimenti controllati **da dispositivi** di I/O "**autonomi**" (e.g. DMA).
- È **difficile riordinare le istruzioni** in modo da poter sfruttare i tempi di attesa della memoria.
- È possibile fare **memorie molto veloci** se stanno nel chip della CPU, ma **sono piccole** e **costose**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

42

## Le memorie elettroniche

- Memorie di gran capacità, relativamente lente, economiche ed accessibili tramite il bus:
  - **MGL** ovvero **Memoria Grossa e Lenta**;
  - **dimensioni** pari a circa **10 unità**;
  - **tempo di accesso** (TA) di circa **10 unità**.
- Memorie veloci, integrate nello stesso chip della CPU, ma costose:
  - **MPV** ovvero **Memoria Piccola e Veloce**;
  - **dimensioni** pari a circa **1 unità**;
  - **tempo di accesso** pari a circa **1 unità**.
- Obiettivo: realizzare una memoria **grossa e veloce**
  - **dimensioni** pari a circa quelle della memoria **grossa**;
  - **prestazioni** pari a circa quelle della memoria **veloce**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

43

## Una gerarchia di memoria

- Memoria formata da **una MPV** e **una MGL**:
  - la MPV contiene una **copia** di **alcune celle** della MGL;
  - quando la CPU chiede una particolare cella di memoria la richiesta va ad **entrambe le memorie**:
    - se il dato si trova nella MPV, viene passato direttamente alla CPU;
    - se il dato si trova nella MGL, viene anche **caricato nella MPV**.
- Ipotesi: **distribuzione uniforme** delle richieste
  - la frequenza con cui si trova il dato cercato nella MPV (**hit ratio**) sarà in media il 10% (1/10), in questi casi il tempo di accesso (**hit time**) sarà pari a 1 unità;
  - la frequenza con cui è necessario accedere alla MGL (**miss ratio**) sarà in media il 90% (9/10), in questi casi il tempo di accesso (**miss penalty**) sarà pari a 10 unità;
  - il tempo medio di accesso sarà  $0.1 \cdot 1 + 0.9 \cdot 10 = 9.1$  unità!

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

44

## 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 della memoria;
  - gli accessi ad array o a strutture dati sono "vicini".
- **Località temporale**: quando si accede all'indirizzo A, è molto probabile negli accessi successivi si richieda **di nuovo** la cella **A**.
  - cicli di istruzioni accedono ripetutamente alle stesse locazioni di memoria;
  - istruzioni vicine tendono ad utilizzare le stesse variabili.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

45

## Come si sfrutta la località

- Diversi approcci a seconda del tipo di località:
  - località **temporale**: i dati prelevati dalla MGL vengono conservati nella MPV **il più a lungo possibile**;
  - località **spaziale**: quando si copia un dato dalla MGL alla MPV, si copiano anche i dati vicini (**cache line** o **blocco**).
- La frequenza di successo (**hit ratio – h**) cresce fino a **superare il 99%**:
  - in effetti **h** dipende da due caratteristiche contrastanti:
    - **la dimensione dei blocchi**  
un blocco grande sfrutta meglio la località spaziale;
    - **quanti sono i blocchi in memoria**  
se c'è spazio per tanti blocchi un dato resta in memoria più a lungo e può sfruttare più a lungo la località temporale;
  - c'è anche il problema del **costo** della cache!

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

46

## L'effetto della località

Effetto del principio di località sull'esempio di prima:

- tempo di accesso alla cache pari a 1 unità ( **$TA_C = 1$** );
- tempo di accesso alla memoria (detto anche miss penalty, ovvero penalità di fallimento) pari a 10 unità ( **$TA_M = 10$** );
- frequenza di successo (hit ratio,  **$h = 0.99$** );
- frequenza di fallimento (miss ratio,  **$m = 1 - h = 0.01$** );
- tempo di accesso medio pari a:

$$TA = h \cdot TA_C + m \cdot TA_M$$
$$TA = 0.99 \cdot 1 + 0.01 \cdot 10 = 1.09$$

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

47

## La memoria centrale

- Tecnologia elettronica (**veloce** ma **volatile**)
- Gerarchia di memoria:  
ai **livelli più alti** corrispondono le **tecnologie più veloci** ma anche **più costose**
  - cache interna (Static RAM – SRAM)
  - cache esterna (SRAM)
  - memoria RAM (Dynamic RAM – DRAM e sue varianti)
  - area di swap su memoria di massa

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

48

## Memoria cache: SRAM

- Interna (L1) ⇒ **stessa frequenza della CPU**
- Esterna (L2 e/o L3)
  - Tre diverse posizioni/configurazioni
    - **Saldata** sulla motherboard
    - Card Edge Low Profile (**CELP**) socket
    - **COAST** (Cache On A STick) module
  - Diverse tipologie
    - Asynchronous SRAM (più economica), TA compreso tra 12 e 20ns, OK per bus tra 50 e 66 MHz, timing = 3-2-2-2
    - Synchronous Burst SRAM (**Synch SRAM**)  
Bus fino a 66 MHz ⇒ timing = 2-1-1-1  
Bus oltre i 66 MHz ⇒ timing = 3-2-2-2
    - Synchronous Pipelined Burst SRAM (**PB SRAM**)  
TA compreso tra 4.5 e 8ns, OK per bus fino a 133 MHz, timing = 3-1-1-1

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

49

## Memoria centrale – DRAM /1

- Fast Page Mode DRAM (**FPM DRAM**)
  - TA=70-60ns ⇒ timing = 5-3-3-3.
  - Per la lettura si attiva la riga, la colonna, si validano i dati, si trasferiscono i dati, poi si disattiva la colonna
  - I miglioramenti di velocità nascono dal progresso della tecnologia di integrazione.
- Extended Data Out DRAM (**EDO DRAM**)
  - TA = 70-50ns ⇒ timing = 5-2-2-2
  - Non richiede la disattivazione della colonna e del buffer di uscita; 60ns è il minimo per bus a 66MHz
- Burst EDO DRAM (**BEDO DRAM**)
  - Evoluzione di EDO DRAM ⇒ timing = 5-1-1-1 (pipeline + 2-bit burst counter)
  - Mai davvero supportata.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

50

## Memoria centrale – DRAM /2

- Synchronous DRAM (**SDRAM**)
  - Sfrutta la sequenzialità delle richieste: una volta trovato il primo dato gli altri vengono recuperati velocemente.
  - Fornisce dati fino a 10ns (100MHz) con timing 6-1-1-1
- **PC133 SDRAM**
  - Evoluzione della SDRAM per bus a 133MHz
  - Trasferimento dati fino a 1.6GBps
- Double Data Rate DRAM (**DDR DRAM**)
  - Sfrutta entrambi i fronti del clock per trasferire dati: raddoppia la frequenza efficace non quella effettiva.
- Direct Rambus DRAM (**DRDRAM**)
  - Risultato della collaborazione tra Intel e Rambus
  - Nuova architettura: 600-800MHz (1000MHz nel 2001) con bus di sistema a 133MHz.
  - 1 canale arriva fino a 1.6GBps (4 canali 6.4 GBps)

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

51

## Packaging

- Fino all'inizio degli anni '90 la memoria veniva prodotta, acquistata e installata su chip singoli
  - densità variabili da 1 Kbit a 1 Mbit;
  - i PC avevano zoccoli vuoti dove inserire altri chip.
- Oggi si monta un gruppo di chip, tipicamente 8 o 16, su un piccola scheda stampata che si vende come unità minima installabile nei PC
  - **SIMM (Single Inline Memory Module)** se la fila di connettori si trova da un solo lato della scheda;
  - **DIMM (Dual Inline Memory Module)** se i connettori si trovano su ambedue i lati della scheda
- Sia **SIMM** che **DIMM** sono a volte dotate di un codice di rilevazione o di correzione dell'errore.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

52

## Memoria centrale – Chip

- Single Inline Memory Module (**SIMM**)
  - 30/72 pin sullo stesso lato della scheda;
  - trasferimento dati a 8/32 bit per volta;
  - utilizzabili "a coppie".
- Dual In-line Memory Module (**DIMM**)
  - 168 pin su due lati;
  - 64 bit alla volta;
  - utilizzabili anche singolarmente
- **RIMM**
  - Moduli di RDRAM;
  - interfaccia DIMM 100MHz.



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

53

## La memoria di massa (magnetica)



## Una gerarchia di memoria

Ottenuta per "generalizzazione" dell'applicazione del principio di **località** e tipicamente costituita da

1. **registri** contenuti nella CPU (qualche KB)
2. **cache** (da circa 32KB a circa 1024KB)
3. **memoria principale** (da circa 64MB a qualche GB)
4. **dischi fissi** (da qualche GB a qualche TB)
5. **nastri magnetici e dischi ottici** (da qualche GB a qualche TB per ogni supporto)

Man mano che ci si sposta verso il basso nella gerarchia aumenta il valore dei parametri fondamentali:

- **aumenta il tempo di accesso;**
- **aumenta la capacità** di memorizzazione;
- ma **diminuisce il costo per bit.**

## Caratteristiche dei diversi livelli

	Capacità	Velocità (TA)	€/MByte
<b>registri</b>	~1KB	~1ns	NA
<b>cache</b>	64 ÷ 1024 KB	~10ns	300
<b>RAM</b>	64 ÷ 2048 MB	~100ns	2
<b>HD</b>	8 ÷ 100 GB	~10ms	0.005
<b>nastri/CD</b>	~GB per unità	~100ms	0.005

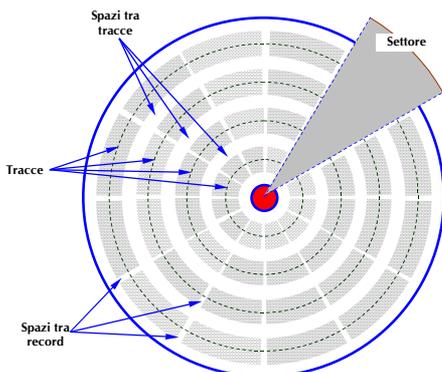
## Dischi magnetici

- Sono **piatti** d'alluminio (o di altro materiale) ricoperti di **materiale ferromagnetico**.
- **Fattore di forma** (diametro)
  - sempre più piccolo (consente velocità di rotazione maggiori);
  - 3.5 pollici per i sistemi desktop e fino a 1 pollice per i mobili.
- **Testina** di un disco (strumento di lettura/scrittura)
  - è sospesa 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.

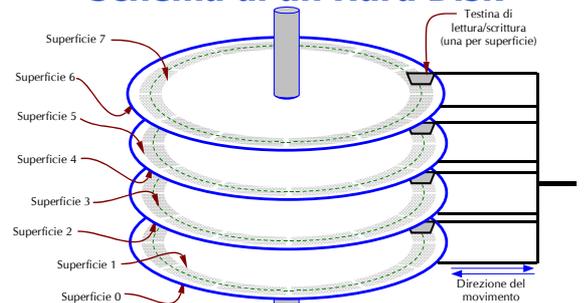
## Tracce e settori

- **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 µm 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 µm per bit);
  - tra settori consecutivi si trova un piccolo spazio (**intersector gap**).
- **Formattazione**: operazione che predispone tracce e settori per la lettura/scrittura
  - un 15% circa dello spazio disco si perde in gap, preamboli e codici di correzione degli errori.

## Tracce e settori



## Schema di un Hard Disk



**Le tracce in grigio formano un "cilindro"**

## Prestazioni dei dischi

- **Tempo di accesso** (ms o  $10^{-3}$ s)
  - **Seek time**
    - la testina deve arrivare alla traccia giusta;
    - dipende dalla meccanica (5-15 ms, 1 per tracce adiacenti).
  - **Latency**
    - il disco deve ruotare fino a portare il dato nella posizione giusta;
    - dipende dalla velocità di rotazione (5400-10800 RPM  $\Rightarrow$  2.7-5.4ms).
- **Transfer Rate** (MBps)
  - **Velocità di trasferimento del disco**
    - dipende dalla densità di registrazione e dalla velocità di rotazione;
    - un settore di 512 byte richiede fra 25 e 100  $\mu$ sec (5-20 MB/sec).
  - **Velocità di trasferimento del sistema di controllo**
    - SCSI vs. EIDE

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

61

## Velocità burst vs. sustained

- Velocità **burst**
  - velocità di trasferimento dei dati una volta che la testina ha raggiunto il primo bit di dati;
  - velocità massima mantenuta per un **tempo limitato**.
- Velocità **sustained**
  - velocità media sostenibile per un certo numero di secondi;
  - velocità mantenibile per un **tempo illimitato**.
- La differenza è provocata dagli spazi di "**servizio**":
  - preamboli, ECC, spazi di intersezione, tempi di ricerca, ...
  - la rotazione dei dischi (60-120 giri/sec) ne provoca il riscaldamento e l'espansione: questi dischi debbono essere **ricalibrati** periodicamente.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

62

## Velocità lineare vs. angolare

- **Velocità angolare costante**
  - le tracce esterne sono **più lunghe** di quelle interne;
  - la velocità lineare è maggiore quando si leggono le tracce più esterne.
- Diverse soluzioni:
  - **densità lineare massima** sulla traccia più interna e densità dei bit decrescente sulle tracce più esterne: in un disco con 18 settori per ogni traccia, ogni settore occupa 20 gradi di arco, indipendentemente dal cilindro.
  - **cilindri divisi in zone** (tipicamente da 10 a 30 per ogni unità) e numero di settori per traccia aumentato in ogni zona man mano che si procede verso l'esterno. In questo modo aumenta la capacità dell'unità.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

63

## Floppy disk

- Funzioni:
  - **distribuzione** software su grande scala (avvento PC);
  - archiviazione dati.
- Struttura analoga a quella di un disco magnetico,
  - il disco si **ferma** quando non è operativo;
  - **l'avvio della rotazione** comporta un **ritardo** di **1/2 sec.**
- Caratteristiche tipiche di un floppy da 3.5"
  - Capacità di **1.44 MB**
  - Tracce x settori: **80 x 18**
  - RPM = **300**
  - velocità di trasferimento di **500Kbps**

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

64

## Hard Disk IDE/EIDE

- Situazione originaria:
  - disco contenuto nel PC XT IBM, Seagate da 10 MB con 4 testine, 360 cilindri e 17 settori/traccia, il controllore era in grado di gestire due unità;
  - il SO inseriva parametri nei registri CPU e poi **chiamava il BIOS (Basic Input Output System)**.
- **IDE (Integrated Drive Electronics)**
  - controllore integrato nell'unità;
  - procedure di chiamata del BIOS immutate
    - 4 bit per la testina, 6 bit per il settore e 10 bit per il cilindro;
    - un'unità poteva avere al massimo 16 testine, 63 settori e 1024 cilindri per un totale di 1.032.192 settori (528 MB);
- **EIDE (Extended IDE)**
  - supportano lo schema **LBE (Logical Block Addressing)**,

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

65

## ATA – IDE – EIDE

- **Integrated Drive Electronics – IDE (1986)**
  - Proposto da Western Digital & Compaq fu poi incluso nello standard ATA (AT Attachment).
  - Integra le funzioni di controllo sul drive (riduce i costi e migliora la compatibilità).
  - 16 bit - Max 2HD di 528MB ciascuno
- **Enhanced IDE – EIDE (1993)**
  - backward compatibility e DTR superiori
  - 4 dispositivi su due canali (master/slave x2)
  - Diversi standard di trasferimento
    - ATAPI per il supporto di periferiche diverse
    - PIO mode 3 & 4, DMA mode 1 & 2
  - Ultra DMA o Ultra ATA (1997)
    - 33MBps & Cyclical Redundancy Check (CRC).

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

66

## Prestazioni EIDE

Mode	DTR (MBps)	Connector	Cable	CRC
Mode 3 PIO	11.1	40-pin IDE	40-way	No
Mode 4 PIO	16.6	40-pin IDE	40-way	No
Mode 1 DMA	13.3	40-pin IDE	40-way	No
Mode 2 DMA	16.6	40-pin IDE	40-way	No
Ultra ATA Mode 2	33.3	40-pin IDE	40-way	Yes
Ultra ATA Mode 4	66.6	40-pin IDE	80-way	Yes

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

67

## Small Computer System Interface – SCSI (1986)

- Richiede un'interfaccia con il bus di sistema (**host adaptor**)
- Può controllare **8/16 dispositivi** (compreso l'host adaptor), HD, CD-ROM, scanner, ...
  - Ogni dispositivo è identificato da un ID
  - I connettori possono essere esterni o interni
  - Di solito l'ID num. 0 è riservato al disco di bootstrap

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

68

## Prestazioni SCSI

Versione SCSI	Frequenza (MHz)	Bus width (bit)	DTR max (MBps)	Max. num. dispositivi	Lungh. max. del cavo
SCSI-1	5	8	5	7	6m
SCSI-2	5	8	5	7	6m
Wide SCSI	5	16	10	15	6m
Fast SCSI	10	8	10	7	6m
Fast Wide SCSI	10	16	20	15	6m
Ultra SCSI	20	8	20	7	1.5m
Ultra SCSI-2	20	16	40	7	12m
Ultra2 SCSI	40	16	80	15	12m
Ultra160 SCSI	80	16	160	15	12m

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

69

## Trend (1)

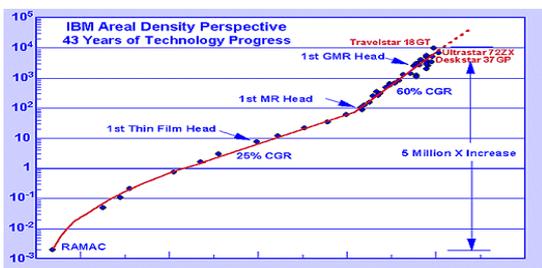
- **Densità**
  - Continua a crescere oltre le più rosee previsioni (35Gbits/in<sup>2</sup> in lab vs. 20GB/disco 3.5" in com)
- **Capacità**
  - Crescita accelerata (10MB nel 1981, oltre 10GB oggi e 100 GB entro l'anno prossimo)
- **Velocità di rotazione**
  - 7200 RPM è ormai lo standard (15000 RPM entro il 2000)
- **Form Factor**
  - Sempre più piccoli (oggi 3.5", domani 2.5")
  - Microdrive IBM (1999): 340 MB in un disco di un pollice di diametro e alto meno di 1/4"!

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

70

## Andamento densità HD [by IBM]

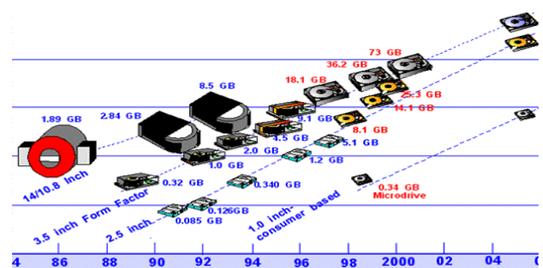


04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

71

## Andamento capacità HD [by IBM]



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

72

# Trend (2)

- > **Prestazioni**
  - La velocità di trasferimento cresce più velocemente di quella di posizionamento (seek & latency).
- > **Affidabilità**
  - A livello di singolo dispositivo non sta crescendo come gli altri indici, anche perché la tecnologia viene sempre spinta al massimo.
  - A livello di sistema è cresciuta grazie a sistemi RAID (**Redundant Arrays of Inexpensive Disks**)
- > **Interfaccia**
  - Praticamente invariata: IDE/ATA vs. SCSI

# Approfondimento: RAID

## RAID

- > Le prestazioni dei dischi crescono più lentamente che quelle delle CPU
  - accesso ai dischi migliorato di **5/10 volte** in 20 anni, frequenza di clock delle CPU raddoppia ogni 18 mesi;
  - **gap** di prestazioni sempre **più ampio**.
- > **Parallelizzazione** per migliorare le **prestazioni**
  - **RAID - Redundant Array of Inexpensive Disks** vs. **SLED - Single Large Expensive Disk**.
  - RAID = scatola piena di dischi
    - server di grosse dimensioni + controllore RAID
    - dal punto di vista del sistema operativo un RAID assomiglia ad una SLED, ma fornisce prestazioni migliori e più affidabilità
    - realizzato in genere usando dischi SCSI
    - i dati vengono distribuiti fra le diverse unità, permettendo così il funzionamento in parallelo.

## RAID livello 0 (striping without parity)

- > Il disco singolo virtuale simulato dal RAID è diviso in strisce di k settori ciascuna:
  - i settori da 0 a k - 1 costituiscono la striscia (**strip**) 0
  - i settori da k a 2k - 1 costituiscono la striscia 1
  - ...
- > La distribuzione dei dati su unità multiple si chiama **striping**.
- > Diminuisce l'affidabilità.
- > Cresce la velocità se le operazioni sfruttano il parallelismo.



## RAID livello 1 (mirroring)

- > Tutti i dischi sono **duplicati**
  - con quattro dischi principali ci sono anche quattro dischi di backup;
  - ogni scrittura viene eseguita due volte, la lettura può essere eseguita su una delle due copie:
    - le prestazioni in scrittura sono **uguali** a quelle di un'unità singola,
    - le prestazioni di lettura possono essere fino a **due volte** superiori.
- > La **tolleranza agli errori** è eccezionale
  - se un'unità smette di funzionare basta usare la copia;
  - per la riparazione è sufficiente installare una nuova unità e copiarvi i dati di backup.



## RAID livello 3

- > Versione semplificata del RAID livello 2
  - per ogni parola di dati viene calcolato un bit di parità che viene scritto in un'apposita unità;
  - nota la posizione dell'errore, la parità ne consente la correzione.



## La memoria di massa (ottica)

## Dischi ottici

- Lettura ottica basata sulla riflessione (o sulla mancata riflessione) di un raggio laser.
- Densità di registrazione più alte dei dischi magnetici.
- Creati in origine per registrare i programmi televisivi, poi usati come dispositivi di memoria nei calcolatori.
- Diversi tipi/caratteristiche
  - CD-ROM
  - CD-R
  - CD-RW
  - DVD
  - DVD-RAM
  - ...

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

80

## Compact Disk - CD

- Proposto nel 1980 [da Philips e Sony] per sostituire i dischi in vinile per la musica.
- Standard internazionale IS-10149 [**libro rosso**].
  - diametro di **12 cm**, spessore di 1.2 mm con un foro di 15 mm in mezzo;
  - produzione:
    1. laser ad alta potenza che brucia fori di  $0,8 \mu\text{m}$  in un **disco master** (le depressioni si chiamano **pit** e le aree fra pit si chiamano **land**);
    2. dal master si ricava uno **stampo**;
    3. nello stampo viene iniettata una resina liquida di **policarbonato** che forma un CD con la stessa sequenza di fori del master,
    4. sul policarbonato viene depositato uno strato molto sottile di **alluminio riflettente**,
    5. copertura con uno strato **protettivo** e infine con un'**etichetta**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

81

## Letture di un CD

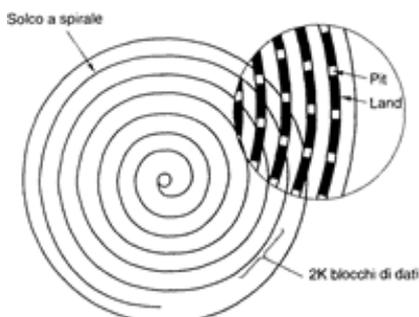
- Un **laser a bassa potenza** manda una luce infrarossa (lunghezza d'onda di  $0,78 \mu\text{m}$ ) sul disco.
- I **pit** appaiono come **cunette** su una superficie piatta:
  - un pit è alto circa un quarto della lunghezza d'onda del laser,
  - la luce riflessa da un pit è sfasata di mezza lunghezza d'onda rispetto alla luce riflessa dalla superficie circostante,
  - l'interferenza negativa riduce l'intensità della luce riflessa.
- I passaggi **pit/land** o **land/pit** indicano un **1**, la loro assenza indica uno **0**.
- Pit e land sono scritti in una **spirale** unica che compie 22.188 giri attorno al disco (circa 600 per ogni mm).
- **Velocità lineare costante** (120 cm/sec):
  - all'interno è di 530 rpm, all'esterno deve scendere a 200 rpm;
  - l'unità è diversa da quella a velocità angolare costante usata per gli HD;
  - 530 rpm sono molti meno dei 3600/10440 rpm degli HD.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

82

## Pit e land su un CD



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

83

## CD-ROM

- 1984: Philips e Sony pubblicano il **libro giallo**, in cui viene definito lo standard dei **CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory)**.
  - viene definita la struttura e il formato da utilizzare per memorizzare dati digitali invece che "semplice" musica.
- Rispetto ai CD audio i CD-ROM hanno
  - stesse **dimensioni**;
  - compatibilità **dell'ottica** e della **meccanica**;
  - stesso **processo produttivo**;
  - miglior capacità di **correggere errori**.
- Il **libro verde** [1986] aggiunge grafica e possibilità di mischiare audio, video e dati nello stesso settore.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

84

## Velocità/capacità dei CD-ROM

- > **Velocità base** (1x)
  - 75 settori/sec,
  - 153.6 KByte/sec (175.2 in modalità 2).
  - Velocità superiori crescono in proporzione
    - 32x corrisponde a 2400 settori/sec cioè quasi 5MB/sec
- > **Capacità**
  - 74 minuti di musica = 681.984.000 byte = circa 650 MB;
  - 80 minuti di musica = circa 700 MB.
- > **Tempo di accesso**
  - alcune **centinaia** di millisecondi.

## File System

- > Era necessario garantire la **compatibilità** con **diversi sistemi operativi** ➔ standard **"High Sierra"** (IS 9660);
- > Tre livelli:
  - Livello 1 ("DOS")
    - nomi di 8 caratteri con estensione opzionale di 3 caratteri
    - i nomi possono contenere solo lettere maiuscole, numeri e " \_ " "
    - le cartelle possono essere annidate fino a otto livelli
    - i nomi di cartella non possono avere estensioni.
  - Livello 2
    - nomi con 32 caratteri.
  - Livello 3
    - file non contigui.
- > Alcune estensioni di questo standard consentono di avere nomi molto lunghi (255 caratteri), e link simbolici.

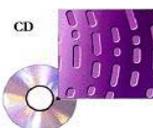
## CD Recordable (CD-R)

- > CD che vengono scritti una sola volta (**WORM**):
  - utilizzati per backup, per produzioni in piccole serie, per la generazione di master, ...
  - standard definito nel **libro arancione**, dove si introduce anche il **CD-ROM XA** (CD-R scritti in modo incrementale);
  - stesse dimensioni dei CD-ROM
    - dischi di policarbonato di 120 mm;
    - contengono un solco largo 0,6 mm (**guida** per il laser di scrittura).
- > La riflettività di pit e land è simulata
  - c'è uno strato di colore fra il policarbonato e lo strato riflettente: nello stato iniziale questo strato è trasparente;
  - per scrivere, un laser ad alta potenza colpisce un punto nello strato della superficie colorata, rompe un legame chimico e crea una macchia scura.

## CD ReWriteable (CD-RW)

- > Dischi ottici **riscrivibili**.
- > Lo strato di registrazione utilizza una lega di argento, indio, antimonio e tellurio che ha **due stati stabili**:
  - lo stato **cristallino** con elevata capacità di riflessione (land);
  - lo stato **amorfo** con ridotta capacità di riflessione (pit).
- > Si usa un **laser con tre potenze diverse**:
  - ad **alta potenza** il laser scioglie la lega e un raffreddamento rapido la porta dallo stato cristallino allo stato amorfo;
  - a **potenza media** la lega si scioglie e si raffredda tornando nel suo stato cristallino;
  - a **bassa potenza** si rileva solo lo stato del materiale.

## Digital Versatile Disk (DVD)

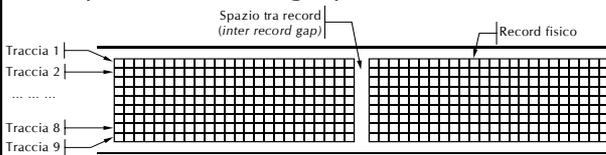
- CD 
- > Evoluzione tecnologica ➔ maggior densità dei dati:
  - pit più piccoli (0.4 vs. 0.8  $\mu\text{m}$ );
  - spirale più serrata (0.74 vs. 1.6  $\mu\text{m}$ );
  - laser rosso (0.65 vs. 0.78  $\mu\text{m}$ ).
- > Caratteristiche dei DVD
  - capacità di 4.7 GB
    - 133 minuti di video fullscreen MPEG-2 ad alta risoluzione (720 x 480) con colonna sonora in 8 lingue e sottotitoli in altre 32;
  - 1x indica 1.4 MB/sec (vs. 150 KB/sec).

## Diversi formati di DVD

- > Esistono situazioni in cui servono **più di 4.7 GB**. Pertanto sono stati definiti quattro formati:
  1. Lato unico, strato unico (4,7 GB).
  2. Lato unico, strato doppio (8,5 GB).
  3. Due lati, strato unico (9,4 GB).
  4. Due lati, strato doppio (17 GB).
- > Tecnologia dello strato doppio:
  - uno strato riflettente sul fondo coperto da uno strato semiriflettente; a seconda di dove viene indirizzato il laser, il raggio viene riflesso da uno strato o dall'altro;
  - lo strato inferiore ha pit e land leggermente più grandi, per cui la sua capacità è leggermente inferiore.

## Nastri Magnetici e unità DAT

➤ Capacità di diversi GigaByte



- Accesso sequenziale
- Molto lenti
- Utili solo per operazioni di *backup*

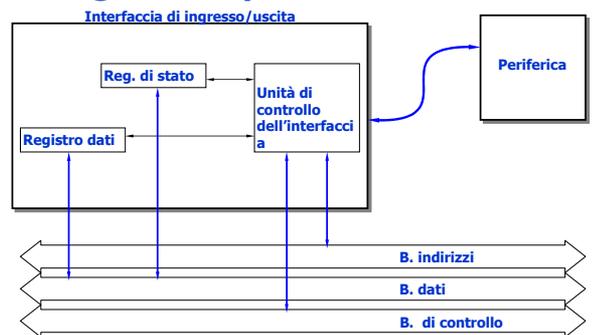
## Gestione dell' I/O

## I/O

➤ L' I/O può essere effettuato in 3 modalità:

- controllo da programma;
- interruzione (interrupt);
- DMA (Direct Memory Access).

## Collegamento periferica-calcolatore



## Esigenze

- Evitare perdite o duplicazioni di dati.
- Consentire comunicazioni asincrone.
- Nel caso di lettura da tastiera, le comunicazioni sono:
  - da tastiera a porta;
  - da porta a cella di memoria;
  - da cella di memoria a programma che utilizza il dato;indipendentemente dalle modalità di gestione di I/O adottata.

## A controllo di programma

- Durante la sua normale esecuzione un programma esegue una istruzione di lettura della porta:
  - es Intel: `IN R0, INDIRIZZOPORTA`
  - es Motorola: `MOV INDIRIZZOPORTA, R0`
- Nella fase di esecuzione di questa istruzione il processore esegue il ciclo di bus di lettura della porta.
- Il programmatore ha deciso dove, nel programma, inserire questa istruzione.
- Il flusso dell'esecuzione del programma stabilirà **quando** l'istruzione verrà eseguita.

## A interruzione

- La parte di programma che legge la porta (ad es. con la istruzione `IN R0, INDIRIZZOPORTA`) **NON** è nel programma ma è silente in memoria in una locazione convenuta.
- Quando l'interfaccia della periferica porta il dato alla porta di ingresso, con un segnale allerta il processore.
- Il processore interrompe l'esecuzione del programma in corso e salta automaticamente a eseguire la parte di programma che legge la porta. La lettura avviene come nel caso precedente.
- Al termine di questo, il processore riprende il programma interrotto.
- In pratica, la periferica ha deciso **quando** l'istruzione di lettura della porta deve essere eseguita.

## DMA

- Quando l'interfaccia della periferica porta il dato alla porta di ingresso, manda un segnale al processore, imponendogli di lasciare libero il bus.
- Appositi circuiti generano un ciclo di bus che forza l'attivazione della porta, genera l'indirizzo in memoria dove deve finire il dato, comanda la memoria alla scrittura.
- Intanto, il processore non utilizza il bus.
- Terminato il ciclo, l'interfaccia della periferica manda un altro segnale al processore, lasciandolo libero di proseguire.
- In pratica, alcuni circuiti di I/O hanno scritto il dato in memoria, pochi nanosecondi dopo il suo arrivo.

## Dispositivi di Ingresso/Uscita (I/O)



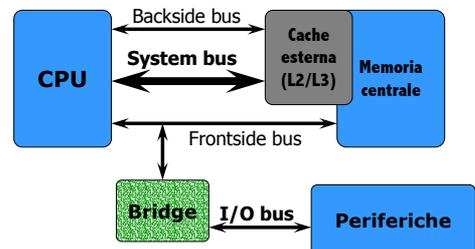
## Struttura fisica di un PC

- Nella scatola (case) sono contenuti:
  - una **scheda madre** che contiene una CPU, alcuni connettori nei quali inserire moduli DIMM e vari chip di supporto;
  - uno o due **bus**, uno ad alta velocità (per schede moderne) e uno a bassa velocità (per schede più vecchie);
  - prese in cui si possono inserire i connettori delle **schede di I/O** che agiscono da **controllori** dei dispositivi di I/O, cioè ne **gestiscono l'accesso al bus**:
    - un controllore che legge o scrive dati verso e da una memoria senza interventi da parte della CPU effettua un accesso diretto alla memoria (**Direct Memory Access – DMA**)
    - completato il trasferimento, il controllore **effettua un interrupt**, la CPU sospende il programma in corso e inizia una procedura speciale, (**interrupt handler**); quando l'interrupt handler termina, la CPU continua con il programma.

## La scheda madre



## System & I/O Bus



## Quanti bus di I/O

- Il bus di accesso alla memoria è condiviso dalla CPU e dai dispositivi di I/O: possono esserci dei **conflitti**
  - **arbitro del bus** decide a chi tocca;
  - i dispositivi di I/O hanno la precedenza sulla CPU.
- Problemi
  - il bus non regge il carico ed è il collo di bottiglia del sistema;
  - bisogna continuare a supportare le periferiche già disponibili.
- Soluzione: due bus
  - quello "vecchio" **ISA (Industry Standard Architecture)** o **EISA (Extended ISA)**;
  - un "nuovo" **PCI (Peripheral Component Interconnect)**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

103

## Evoluzione dei bus I/O /1

- **Industry Standard Architecture** – ISA (1980)
  - 8/16 bit – 4.77/8 Mhz – fino a 5MBps effettivi
  - Introdotto fin dai primi PC IBM (PC/AT)
  - Presente praticamente su tutti i sistemi
  - In fase di estinzione
- **Micro Channel Architecture** – MCA (1987)
  - 32 bit – 10 Mhz – più di 20MBps – P&P
  - Incompatibile con ISA (**no backward compatibility**)
  - Architettura proprietaria IBM (!!)
- **Extended ISA** – EISA (1988)
  - 32 bit – 10 Mhz – più di 20MBps – P&P
  - Compatibile con ISA (backward compatibility)

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

104

## Evoluzione dei bus I/O /2

- **VESA Local Bus** – VLB (1992)
  - Video Electronics Standards Association (VESA)
  - Strettamente accoppiato con il processore
    - Progettato per 486, difficile adattarlo ai successori
    - Non più di due dispositivi oltre i 33MHz
- **Peripheral Component Interconnect** – PCI
  - 32/64 bit – 33/66 MHz – **133/266 MB/sec** – P&P
  - Consente la condivisione degli indirizzi di interrupt IRQ
  - Tipico utilizzo per dischi, schede grafiche, ...
- **PCI-X** (by IBM, HP & Compaq)
  - 64 bit – 133MHz – **1.0 GBps** – P&P
  - Nato per GigabitEthernet, Ultra3SCSI, FiberChannel, ...

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

105

## Evoluzione dei bus I/O /3

- **Accelerated Graphics Port** – AGP (1997)
  - Collega scheda video, processore e memoria
  - Permette di utilizzare la memoria di sistema quando quella della scheda grafica si esaurisce.
  - 32 bit – 66 MHz – 254.3/1017MBps
  - Libera il bus PCI dal traffico della scheda video
  - Richiede un sistema di prestazioni elevate per essere sfruttata appieno
    - Banda passante di un sistema:  
64 bit x 133 MHz = 1017 MBps

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

106

## Terminali

- Composti di due parti: **tastiera** e **schermo**.
  - Nel mondo dei mainframe, sono integrati in un dispositivo singolo e collegati al calcolatore principale per mezzo di una linea seriale
  - Nel settore dei personal computer, sono dispositivi separati.
- **Tastiere**
  - molti tipi diversi, meccaniche o elettromagnetiche;
  - quando si preme un tasto viene generato un interrupt e viene avviato il gestore degli interrupt della tastiera, che legge un registro hardware all'interno del controllore della tastiera per avere il numero del tasto (da 1 a 102) premuto;
  - quando il tasto viene rilasciato si verifica un secondo interrupt.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

107

## Monitor CRT (Cathode Ray Tube)

- Un cannone spara un **raggio di elettroni** contro uno **schermo fosforescente** (per la riproduzione dei colori si usano tre cannoni, per il **rosso**, il **verde** e il **blu**).
- Il raggio viene **deflessa** in modo da coprire tutti i punti dello schermo, una riga per volta (**raster scan**).
- Un'immagine a schermo pieno viene completata **30/60** volte al secondo.
- Davanti allo schermo c'è una **griglia** che lo divide in **punti**:
  - quando la griglia ha una **carica positiva** gli elettroni vengono accelerati **raggiungono lo schermo**;
  - quando la griglia ha una **carica negativa** gli elettroni vengono respinti e il punto sullo **schermo rimane spento**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

108

## LCD (Liquid Crystal Display)

- Schermi "piatti", **leggeri** e facilmente trasportabili.
- **Cristalli liquidi**: molecole organiche viscoso
  - **scorrono** come un liquido;
  - hanno una struttura **tridimensionale**, come un **crystallo**;
  - quando tutte le molecole sono allineate le proprietà ottiche del crystallo dipendono da **direzione** e **polarizzazione** della luce in ingresso;
  - un **campo elettrico modifica** l'allineamento molecolare e quindi **le proprietà ottiche**.

## Struttura di un LCD

- Un LCD è compreso in **due lastre di vetro parallele** nella cui interapedine sono contenuti i cristalli liquidi.
- Ogni lastra è "rivestita" da **elettrodi trasparenti**.
- Una **luce** (naturale o artificiale) situata dietro alla lastra posteriore **illumina lo schermo da dietro**.
- Gli **elettrodi** attaccati alle lastre di vetro vengono usati per **creare campi elettrici** nel crystallo.
- Le diverse parti dello schermo ricevono voltaggi diversi a seconda dell'immagine desiderata.
- Sulla parte anteriore e posteriore dello schermo vi sono dei **polarizzatori**, che servono a filtrare la luce che attraversa il crystallo.

## Esempio di LCD: Twisted Nematic

- La **lastra posteriore** ha **scanalature orizzontali** e dietro lo schermo c'è un **polarizzatore orizzontale**.
- La **lastra anteriore** ha **scanalature verticali** e davanti allo schermo c'è un **polarizzatore verticale**.
- Se non c'è campo elettrico le molecole LCD tendono ad allinearsi con le scanalature: le molecole subiscono una rotazione di 90° e deviano di 90° la luce che le attraversa, in questo modo la luce passa!
  - In **assenza** di **campo elettrico** lo schermo LCD è completamente **luminoso**.
  - Applicando **una tensione** in alcuni punti della lastra si **distrugge la struttura** e si **blocca la luce**.

## Schermi piatti (LCD)

- **Double-layer SuperTwist Nematic – DSTN**
  - Tecnologia LCD a **matrice passiva**;
  - sono anche chiamati "**dual-scan LCD**".
- **Thin Film Transistor – TFT**
  - Ogni **pixel** è controllato da 1-4 transistor;
  - sono anche detti LCD a "**matrice attiva**".
- Equivalenza con CRT
  - LCD di 13.5in = CRT di 15in (800 x 600)
  - LCD di 14.5in = CRT di 17in (1024 x 768)
  - LCD di 18.0in = CRT di 21in (1280 x 1024)

## Confronto tra monitor

Caratteristica	PMLCD	AMLCD	CRT
<b>Angolo visuale</b>	50-90°	140°	180°
<b>Contrasto</b>	40:1	140:1	300:1
<b>Risposta</b>	300ms	25ms	NA
<b>Luminosità</b>	70-90	70-90	220-270
<b>Potenza</b>	45	50	180
<b>Tempo di vita</b>	60Kh	60Kh	anni

## Terminali a caratteri

- Basati su una visualizzazione "**character map**" che riproduce il contenuto di una **memoria video**:
  - ogni carattere è associato a un **attribute byte** (colore, intensità, intermittenza e così via);
  - la scheda video richiede caratteri alla RAM video e genera i segnali necessari al funzionamento dello schermo.

## Terminali grafici

- Visualizzazione "**bit map**": lo schermo è una matrice di **pixel indipendenti**
  - per indicare il **colore** di ogni pixel si usano fino a **32 bit** (8 bit per ogni colore fondamentale + 8 bit per la trasparenza);
  - per rappresentare un carattere si usa un rettangolo di pixel e si configurano i bit necessari per visualizzare il carattere (così si possono realizzare diversi **font**);
  - comodi per i **sistemi operativi a finestre**;
  - richiedono una **memoria video** di grandi dimensioni
    - VGA: 640 x 480 x 4 byte = 1.2 Mbyte
    - SVGA: 800 x 600 x 4 byte = 1.9 Mbyte
    - XGA: 1024 x 768 x 4 byte = 3.2 Mbyte
    - UXGA: 1600 x 1200 x 4 byte = 7.5 Mbyteriducibili grazie all'utilizzo di una "**palette**" (scelta di **2<sup>8</sup>=256** colori tra i **2<sup>32</sup>** possibili).

## Mouse

- Interfaccia "**point-and-click**" vs. "**command line**"
  - muovendo il mouse si sposta il cursore;
  - pressione di un tasto ⇒ invio di un comando;
  - il comando dipende dalla posizione del cursore.
- Diversi tipi di mouse
  - **meccanici**: movimento rilevato da sensori che controllano la rotazione di una pallina incastrata sotto il mouse;
  - **ottici** (vecchio tipo): un "LED" invia luce verso un "pad" che la riflette a un "fotolettore", sul pad è disegnata una griglia di linee e il fotolettore è in grado di rilevare il passaggio sopra una di queste linee;
  - **ottici** (nuovo tipo): una sorta di telecamera osserva il piano sotto il mouse e, confrontando le immagini riprese in istanti diversi, rileva il movimento
  - ...

## Interazione mouse-computer

- Ogni volta che si **sposta**, il mouse invia una sequenza di 3 byte al computer lungo una linea **seriale**:
  - un intero che indica lo **spostamento X**;
  - un intero che indica lo **spostamento Y**;
  - un intero che indica lo stato dei **pulsanti**.
- Il SO accetta queste informazioni e converte le indicazioni **relative** inviate dal mouse nella posizione **assoluta** del cursore.

## Porte Standard

- **Interfaccia Seriale**
  - Trasporta 8 bit per volta.
  - Velocità massima di 115 kbps
  - Utilizzata per periferiche lente, come mouse e modem esterni
- **Interfaccia parallela**
  - Trasporta 8 bit alla volta.
  - Velocità di 150 KB/sec (2MB/s in modalità EPP)
  - Usata per stampanti, scanner e unità di backup (nastri, Zip).
- Direzione della comunicazione
  - **Simplex**: la linea trasmette solo in una direzione;
  - **Half-duplex**: la linea trasmette in entrambe le direzioni ma non contemporaneamente (una direzione per volta);
  - **Full-duplex**: la linea trasmette contemporaneamente in entrambe le direzioni.

## Universal Serial Bus – USB

- Definito da un consorzio (Intel, Compaq, Microsoft, ...), con l'intento di **sostituire** le attuali **porte seriali e parallele**.
- Velocità di **12 MBit/sec**.
- Collega fino a **127** periferiche in cascata.
- Può **alimentare** direttamente le **periferiche a basso consumo** (e.g. tastiere e mouse).
- Completamente **Plug and Play** (anche per collegamento "**a caldo**").
- **USB 2.0** (1999) arriva fino a **360-480Mbps**.

## Firewire 1394

- Bus seriale ad **alte prestazioni** per la connessione di periferiche.
- Connette **64 periferiche in cascata**.
- Supporta il **Plug and Play e connessione a caldo**.
- Velocità di trasferimento di **400/800 Mbps**.
- Adatto per videocamere e videoregistratori digitali, lettori DVD e periferiche audio.

## Riassunto caratteristiche

Standard	Utilizzo	Burst DTR	Note
<b>ATA/IDE</b>	HD, CD, DVD	3.3 – 66.6	Standard per HD
<b>SCSI</b>	HD, dischi removibili, scanner	5 – 80	Standard per alte prestazioni
<b>USB</b>	Scanner, fotocamere digitali	12	Sostituisce porte parallela/seriale
<b>IEEE 1394</b>	Videocamere, dispositivi ad alte prestazioni	400	Diffusione nel 2000/01

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

121

## 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 e utilizzo:

- **economiche** e molto **affidabili**
- **lente, rumorose** e con **grafica di bassa qualità**
- Tre applicazioni principali:
  1. stampa su **formulari** prestampati di grandi dimensioni (> 30 cm),
  2. stampa su **piccoli pezzi** di carta,
  3. stampa su **formulari continui** a più segmenti con **carta carbone**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

122

## 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 dalla dimensione delle gocce.

### > Caratteristiche e utilizzo:

- risoluzioni che vanno da 300 a 1440 **dpi (dots per inch)**;
- **poco costose, silenziose** e di **buona qualità**;
- **lente**, usano **cartucce** d'inchiostro **costose** e producono documenti intrisi d'inchiostro;
- uso domestico, **SOHO** (small office, home office).

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

123

## Stampante laser

### > Funzionamento

1. il **tamburo** viene caricato fino a circa 1000 volt;
2. un raggio **laser** scorre sul tamburo e la sua modulazione produce una configurazione di punti chiari e scuri (i **punti** colpiti dal raggio **perdono** la loro **carica** elettrica);
3. la **rotazione** del tamburo permette di costruire le varie righe;
4. quando una riga si avvicina al **toner**, i punti carichi attirano la polvere d'inchiostro;
5. il tamburo ricoperto di toner viene premuto sulla **carta** e trasferisce la polvere nera sulla carta;
6. la carta passa attraverso dei rulli riscaldati che **fissano** il toner;
7. il tamburo viene **scaricato** e **ripulito** di eventuali residui.

### > Caratteristiche

- alta **qualità**, eccellente **flessibilità**, buona **velocità** e costi contenuti;
- **bianco e nero**;
- tecnologia simile a quella delle **fotocopiatrici**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

124

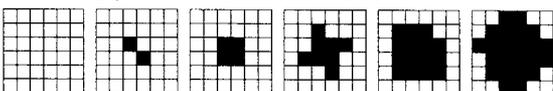
## Stampante laser per foto B&W

### > Fotografia letta a 600 dpi da stampare a 600 dpi:

- l'immagine letta contiene 600 x 600 dpi, ognuno dei quali si compone di un valore grigio da 0 (bianco) a 255 (nero);
- la stampante stampa con 600 dpi, ma ogni pixel stampato è nero (con toner) o bianco (senza toner).

### > Mezzotono (halftoning)

- L'immagine viene suddivisa in celle di 6 x 6 pixel, ogni cella può contenere fra 0 e 36 pixel neri;
- i valori di grigio fra 0 e 255 vengono rappresentati dividendo questa gamma in 37 zone: i valori da 0 a 6 si collocano nella zona 0, quelli da 7 a 13 nella zona 1, ...



04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

125

## Stampa a colori

### > Immagini a **luce trasmessa** (e.g. CRT)

- create dalla sovrapposizione lineare dei tre colori primari **additivi**: rosso, verde e blu (RGB).

### > Immagini a **luce riflessa** (e.g. fotografia)

- create dalla sovrapposizione lineare dei tre colori primari **sottrattivi**: ciano, giallo e magenta (**CYM**);
- per produrre un buon nero (i sistemi di stampa a colori utilizzano un quarto inchiostro: quello nero (black ⇒ **CYMK**)).

### > Problemi di **conversione** da schermo a stampa:

- gli **schermi** usano **luce trasmessa**, le **stampanti luce riflessa**;
- i **CRT** usano colori primari con **256 diverse intensità**, le **stampanti** a colori devono usare il **mezzotono**;
- gli **schermi** hanno **sfondo nero**; la **carta** ha **sfondo chiaro**;
- le **gamme** di colore di **RGB** e **CMYK** sono diverse.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

126

## Stampanti a colori /1

- **Getto d'inchiostro a colori**
  - buoni risultati per la grafica a colori
  - risultati mediocri per le fotografie.
- Per risultati migliori si usano inchiostri e carta speciali:
  - **inchiostri a base asciutta**
    - si basano su sostanze coloranti dissolte in un fluido
    - colori accesi che scorrono facilmente
    - scoloriscono se esposti ai raggi ultravioletti, come quelli del sole.
  - **inchiostri a base di pigmenti**
    - contengono particelle solide di pigmento sospese in un mezzo fluido che evapora dalla carta lasciando il pigmento
    - non scolorano con il tempo
    - sono meno intensi di quelli a base asciutta e le particelle di pigmento hanno la tendenza ad intasare gli ugelli (pulizia periodica)
    - la stampa di fotografie richiede carta speciale trattata o lucida.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

127

## Stampanti a colori /2

- **Stampanti a inchiostro solido**
  - **inchiostro speciale** a base di cera in quattro blocchi solidi;
  - tempo di **avviamento lungo** per sciogliere l'inchiostro;
  - l'inchiostro caldo viene spruzzato sulla carta, si rapprende e si fonde con la carta quando passa attraverso due rulli.
- **Stampante laser a colori**
  - funziona come il modello monocromatico ma genera **quattro immagini**: una per ogni colore **C, Y, M e K**;
  - un'immagine di 1200 x 1200 dpi per una pagina di 80 in<sup>2</sup> richiede **115 milioni di pixel**, con 4 bit/pixel la stampante ha bisogno di **55 MB** solo per la grafica, senza contare la memoria per processori interni, caratteri ecc
  - **costosa, veloce**, di alta **qualità** e crea **immagini stabili** nel tempo.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

128

## Stampanti a colori /3

- **Stampante a cera.**
  - un nastro di cera a quattro colori viene tagliato in bande delle dimensioni di una pagina;
  - elementi di riscaldamento sciolgono la cera mentre la carta passa al di sotto;
  - la cera viene fissata alla carta sotto forma di pixel.
- **Stampante a sublimazione**
  - un contenitore dei colori CMYK passa sopra una testina di stampa termica contenente migliaia di elementi di riscaldamento programmabili;
  - gli inchiostri vengono vaporizzati istantaneamente e assorbiti da una carta speciale;
  - ogni elemento di riscaldamento è in grado di produrre 256 temperature diverse;
  - è possibile ottenere colori quasi continui per ogni pixel, per cui non c'è bisogno del mezzotono.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

129

## Modem /1

- Connessione di calcolatori attraverso la rete telefonica (**analogica**).
- Velocità crescenti dal 1980 in poi
  - V.22bis, V.32 & V.32bis furono i primi standard per velocità di 2.4, 9.6 e 14.4Kbit/s.
  - V.34 (1994) supporta 28.8Kbit/s e corrisponde al minimo livello attualmente accettato
  - V.34+ (1996) arriva a 33.6Kbit/s
  - V.90 arriva a 56Kbit/s downstream e a 33.6Kbit/s upstream.
    - downstream indica dal digitale all'analogico
    - upstream indica dall'analogico al digitale

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

130

## Modem /2

- La linea telefonica trasmette bene segnali tra 1000 e 2000 Hz ⇒ si usano come portanti (**carrier**).
- Modulazione del carrier per portare un segnale digitale
  - Modulazione di **ampiezza** usa due voltaggi diversi per 0 e 1;
  - Modulazione di **frequenza (frequency shift keying)** tensione costante, ma cambia la frequenza
  - Modulazione di **fase** ampiezza e frequenza costanti, cambia la fase.
- Il numero di possibili cambiamenti di segnale al secondo si chiama **baud**.
  - È possibile **associare 2 o più bit a ogni segnale**, allora il **bit rate** è maggiore del **baud rate**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

131

## Integrated Services Digital Network - ISDN

- Linea analogica sostituita da **linea digitale**
  - in realtà non viene sostituita la linea, ma solo le **attrezzature alle due estremità**.
  - **Usò domestico**: **due canali** digitali indipendenti, ognuno da 64'000 bit/sec, e un canale di segnalazione da 16'000 bit/sec (per un totale di **144'000 bps**)
  - **Usò commerciale**: 30 canali per uso commerciale.
- Caratteristiche
  - tempo di **setup** della connessione praticamente nullo (1 s);
  - non serve più un modem analogico (**connessione digitale-digitale**);
  - è molto più **affidabile** (meno errori) di una linea analogica.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

132

## Asymmetric Digital Subscriber Line - ADSL

- Funziona sul **doppino telefonico** tradizionale
- Usa tre canali (in frequenza) diversi sulla stessa linea
  1. Plain Old Telephone System (POTS)
  2. Upstream (64-640Kbps)
  3. Downstream (1.5-6.1Mbps)
- Appartiene alla famiglia di protocolli **xDSL**
  - Diverse velocità di download (fino a 52Mbit/s) e upload (da 64Kbit/s a più di 2Mbit/s)
  - In Italia (a oggi) viene offerta una connessione con 640 Kbps downstream e 128 Kbps upstream.
  - Altre varianti **xDSL**
    - high-bit rate (**HDSL**)
    - single-line (**SDSL**)
    - very-high-data-rate (**VHDSL**).

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

133

## Universal Mobile Telecommunications System

- Noto con l'acronimo UMTS
- Standard per i telefoni cellulari di terza generazione.
- Attivo commercialmente dal 2002
- UMTS potrà fornire ad ogni utente una banda fino a 2Mbit/sec
- Rende possibile la trasmissione attraverso la rete mobile di contenuti multimediali

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

134

## Tassonomia dei calcolatori

## Quantità vs. qualità

- Cambiare di un ordine di grandezza la **quantità** significa cambiare anche la **qualità**:
  - un'auto in grado di raggiungere una velocità di 1000 km/h nel deserto del Nevada è una macchina **fondamentalmente diversa** da un'auto che fa 100 km/h sull'autostrada;
  - un grattacielo di 100 piani non è solo un edificio di 10 piani un po' più grande.
- Nei computer le differenze sono di **diversi ordini di grandezza**.
- I miglioramenti procurati dalla legge di Moore possono essere utilizzati in modi diversi:
  - costruire **calcolatori sempre più potenti a prezzo costante**;
  - costruire lo **stesso calcolatore a prezzi** ogni anno **più convenienti**.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

136

## Calcolatori disponibili /1

Tipo	Prezzo (€)	Applicazione tipica
Calcolatore monouso	1	Biglietti di auguri
Calcolatore dedicato	10	Orologi, automobili, ...
Calcolatore per videogiochi	100	Videogiochi personali
Calcolatore per PC	1 K	PC da tavolo o portatile
Server	10 K	Server di rete
Reti di workstation	100 K	Centro di calc. dipartimentale
Mainframe	1 M	Database di una banca
Supercalcolatore	10 M	Previsioni del tempo

I prezzi sono solo indicativi.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

137

## Calcolatori disponibili /2

- **Calcolatori monouso**:
  - chip singoli incollati all'interno dei biglietti di auguri;
  - si tratta in pratica di calcolatori usa e getta.
- **Sistemi embedded** (calcolatori dedicati):
  - calcolatori che si trovano in telefoni, televisori, forni, auto, ...
  - questi calcolatori contengono un processore, meno di un megabyte di memoria e qualche funzione di I/O.
- **Videogame**
  - normali calcolatori con particolari capacità grafiche, ma software limitato e poche possibilità di estensione; fanno parte di questa categoria anche i PDA;
  - contengono un processore, alcuni megabyte di memoria, un tipo di schermo (anche un televisore) e poco di più.

04/04/02

Introduzione ai sistemi informatici

138

## Calcolatori disponibili /3

### > **Personal computer (PC) o workstation:**

- dotati di alcune decine di megabyte di memoria, di un disco fisso contenente alcuni gigabyte di dati, drive CD-ROM, modem, scheda audio e altre periferiche;
- dotati di sistemi operativi elaborati, molte opzioni di espansione e una vasta gamma di software disponibile.

### > **Server di rete**

- si tratta di PC o workstation potenziati utilizzati come server di rete sia per le reti locali che per Internet;
- esistono sia in configurazione con processore unico che con più processori, hanno alcuni gigabyte di memoria, molti gigabyte di spazio sul disco fisso e interfacce di rete ad alta velocità.

## Calcolatori disponibili /4

### > **NOW (Networks of Workstations) o COW (Cluster of Workstations)**

- composti da PC o workstation normali collegate con reti ad elevate prestazioni (qualche gigabit/sec) e funzionanti con software speciale, che permette a tutte le macchine di lavorare insieme su un unico problema;
- architetture sono facilmente scalabili (da alcune macchine ad alcune migliaia) e sono paragonabili a minisupercomputer.

### > **Mainframe**

- calcolatori grandi come una stanza, in uso fin dagli anni '60;
- non sono più veloci di server potenti, ma solitamente hanno più capacità di I/O e sono dotate di grandi insiemi di dischi
- sono macchine estremamente costose, che vengono spesso mantenute per via dell'ingente investimento esistente in termini di software, dati, procedure operative e personale.

## Calcolatori disponibili /5

### > **Supercomputer**

- hanno CPU velocissime, molti gigabyte di memoria centrale, dischi e reti molto veloci.
- Recentemente molti supercomputer sono diventati macchine altamente parallele non molto diverse dai COW, ma con componenti più veloci e più numerosi.
- I supercomputer vengono utilizzati per risolvere problemi di calcolo molto complicati in campi scientifici e ingegneristici:
  - simulazione di uno scontro fra galassie,
  - sintesi di nuovi farmaci,
  - modelli del comportamento dell'aria attorno alle ali di un aereo.