



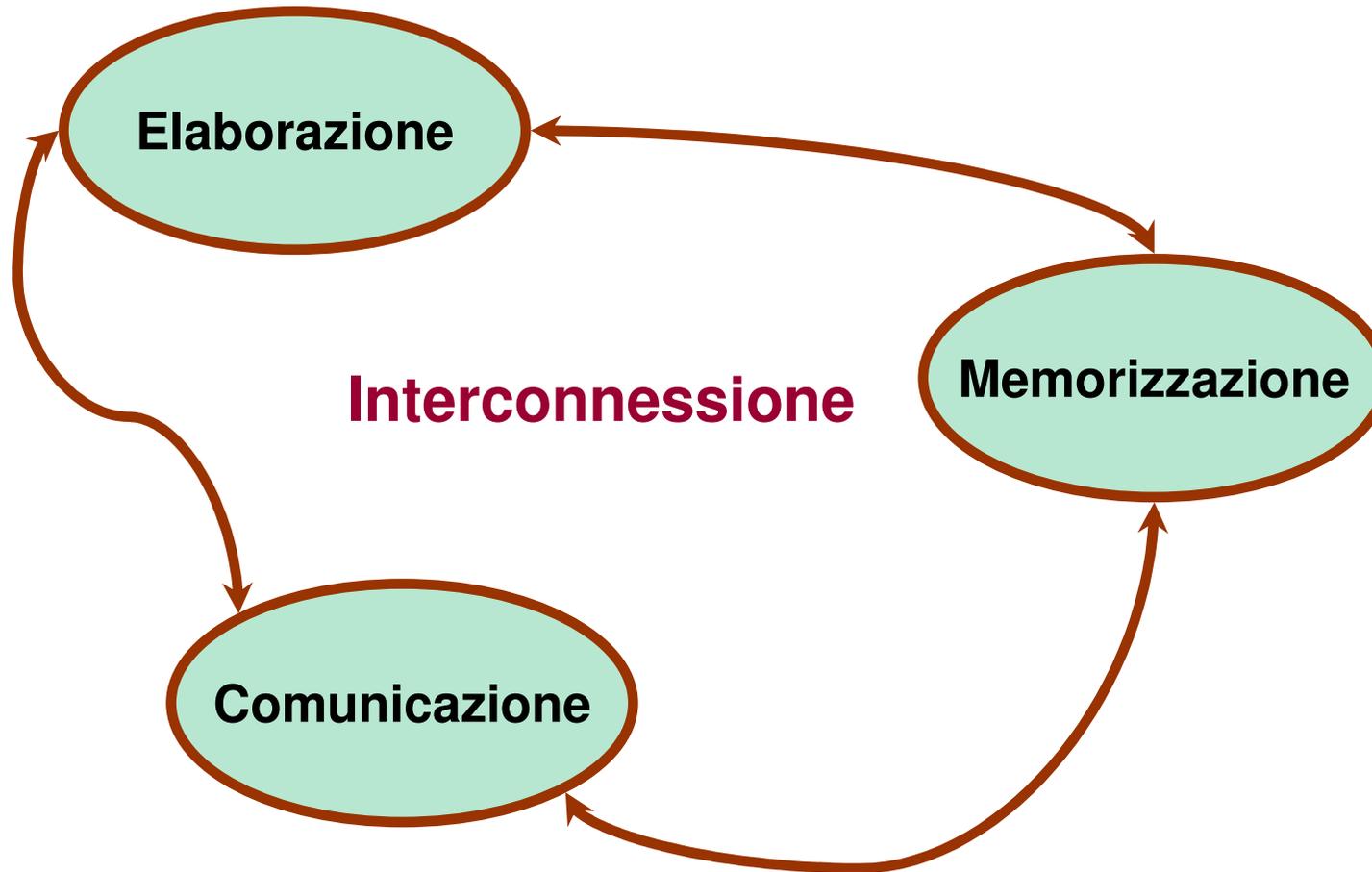
Parte Quarta: Sistemi Hardware

Fondamenti di informatica

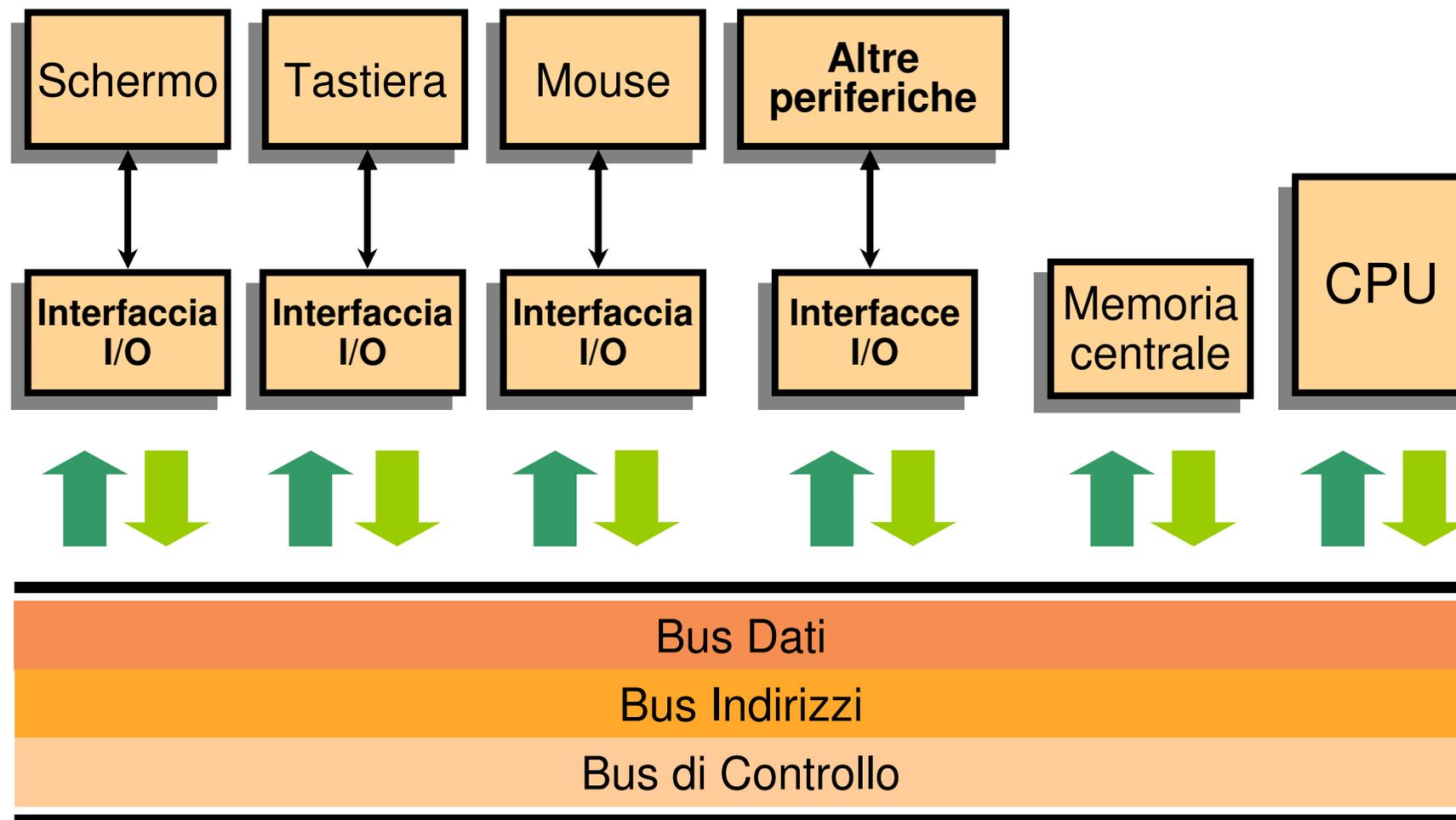
Caratteristiche dell'architettura

- **Flessibilità:** l'architettura è 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

Modello concettuale di un calcolatore



Lo schema di riferimento



Caratteristiche del collegamento a BUS

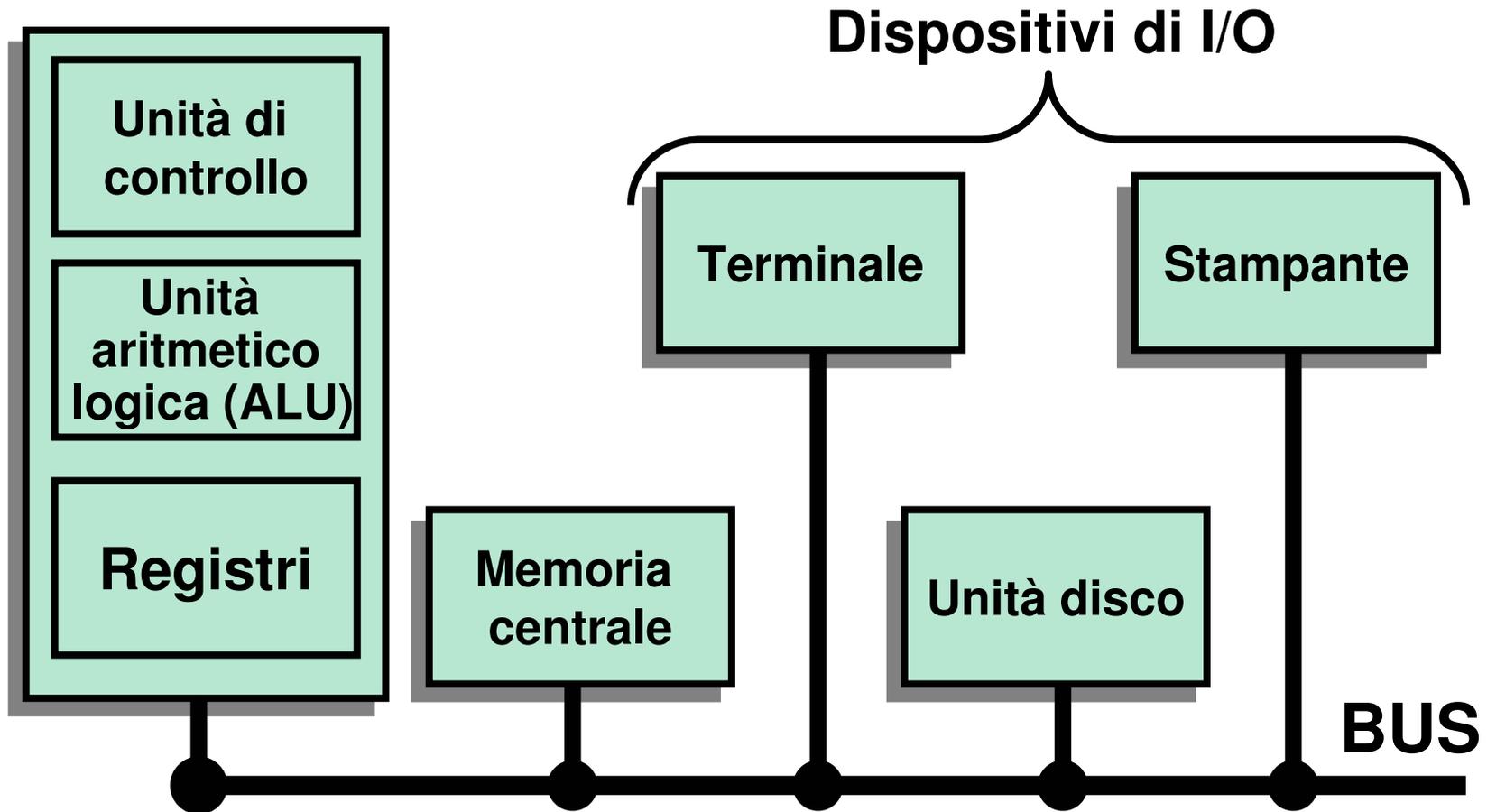
Vantaggi

- **Semplicità:** unica linea di connessione implica costi ridotti
- **Estendibilità:** aggiunta di nuovi dispositivi molto semplice
- **Standardizzabilità:** regole precise di comunicazione tra dispositivi diversi.

Svantaggi

- **Lentezza:** il bus è utilizzabile solo in mutua esclusione
- **Limitata capacità:** al crescere del n. di dispositivi collegati
- **Sovraccarico del processore:** la **CPU** funge infatti da *master* sul controllo del bus.

Organizzazione di un calcolatore “bus oriented”



Tipologie di istruzioni

- Istruzioni **aritmetico-logiche**
 - somma, sottrazione, divisione, ...
 - AND, OR, XOR, ...
 - maggiore, minore, uguale, minore o uguale, ...
- Controllo del **flusso** delle istruzioni
 - flusso sequenziale
 - selezione semplice, a due vie, a n vie, ...
 - ciclo a condizione finale, iniziale, ...
- **Trasferimento** di informazione
 - trasferimento dati e istruzioni tra CPU e memoria
 - trasferimento dati e istruzioni tra CPU e dispositivi di I/O attraverso le relative interfacce

Elementi della 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 - caratteristiche:**
 - **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
 - registri specifici sono ad esempio: **program counter (PC)**, che indica l'indirizzo dell'istruzione successiva, l'**instruction register (IR)**, che indica l'istruzione che si sta eseguendo, lo **stack pointer (SP)** ecc.

Esecuzione delle istruzioni: ciclo Fetch-Decode-Execute

- Prendi l'**istruzione corrente** (in linguaggio macchina) dalla memoria e mettila nel **registro istruzioni IR (fetch)**
- **Incrementa il program counter PC** in modo che contenga l'indirizzo dell'istruzione successiva
- Determina di che tipo è l'istruzione corrente (**decode**);
- Se l'istruzione usa una parola in memoria, determina dove si trova
- Se necessario carica la parola in un registro della CPU;
- Esegui l'istruzione (**execute**)
- Ripeti il ciclo.

Evoluzione delle CPU

CPU	Anno	Frequenza (MHz)	Dimensione registri - bus dati (bit)	Numero 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
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Legge di Moore (1965)

“Il numero di transistor per cm^2 raddoppia ogni 18 mesi”

Ovvero di circa il 60% ogni anno.



Incrementare le prestazioni: Parallelismo

- La **frequenza di clock** influenza direttamente il tempo di esecuzione delle istruzioni ed 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 e superscalari)
 - **parallelismo a livello di processori** (multiprocessori e multicomputer).

Architettura pipeline

Consiste nell'organizzare la CPU come una "catena di montaggio"

- la CPU viene suddivisa in **stadi**, ognuno dedicato all'esecuzione di un compito specifico
- l'esecuzione di una istruzione richiede il **passaggio attraverso** tutti o alcuni degli **stadi della pipeline**
- in un certo istante, ogni stadio esegue la parte di istruzione di sua "competenza"
- in un certo istante esistono diverse **istruzioni contemporaneamente in esecuzione**, una per stadio.

Un esempio: pipeline a 5 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. individuazione e **recupero** degli operandi dai registri o dalla memoria
- S4. **esecuzione** dell'istruzione
- S5. **invio dei risultati** all'apposito registro.

Multiprocessori e multicalcolatori

- Nei **Multiprocessori** diverse CPU condividono una **memoria comune**:
 - **le CPU devono** coordinarsi per accedere alla memoria
 - esistono diversi schemi di collegamento tra CPU e memoria; quello più semplice prevede ci vi sia un **bus condiviso**.
- Nei **Multicalcolatori** si utilizzano più calcolatori, ognuno dei quali dotato di una **memoria privata**:
 - la comunicazione tra CPU è basata su **scambio di messaggi**
 - si è arrivati a costruire multicalcolatori con ~10000 CPU.



Memorizzazione dei dati

La memoria

- **Supporto alla CPU:** deve fornire alla CPU dati ed 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
- Esigenze:
 - **velocità** per il supporto alla CPU
 - **non volatilità** ed **elevate dimensioni** per l'archivio
- Tecnologie:
 - **elettronica:** veloce ma costosa e volatile
 - **magnetica** e **ottica:** economica e non volatile, ma molto lenta.

Caratterizzazione di una memoria

- **Velocità:**
 - **tempo di accesso:** quanto trascorre tra richiesta e relativa risposta
 - **velocità di trasferimento:** quanti byte/sec 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?
- **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**
 - **associativa:** indicato il dato, la memoria risponde indicando l'eventuale posizione che il dato occupa.

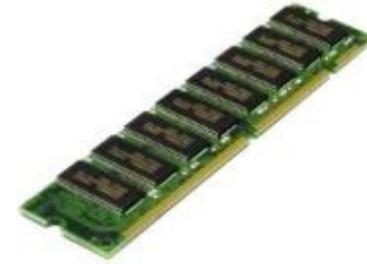
Memoria centrale - R.A.M.

- Mantiene al proprio interno **dati** e **istruzioni** dei programmi in esecuzione.
- È una memoria ad accesso “casuale” (Random Access Memory)
- Tecnologia elettronica (**veloce** ma **volatile** e **costosa**)
- Due diversi tipi di memoria elettronica:
 - **R.O.M.** (Read Only Memory): permanente e di sola lettura (serve ad esempio a memorizzare le istruzioni da effettuare all'accensione del calcolatore (*bootstrap*))
 - **Flash**: permanente e riscrivibile (USB, memorie per piccoli apparecchi elettronici quali palmari, cellulari, fotocamere, ...).

Il principio di località: la cache

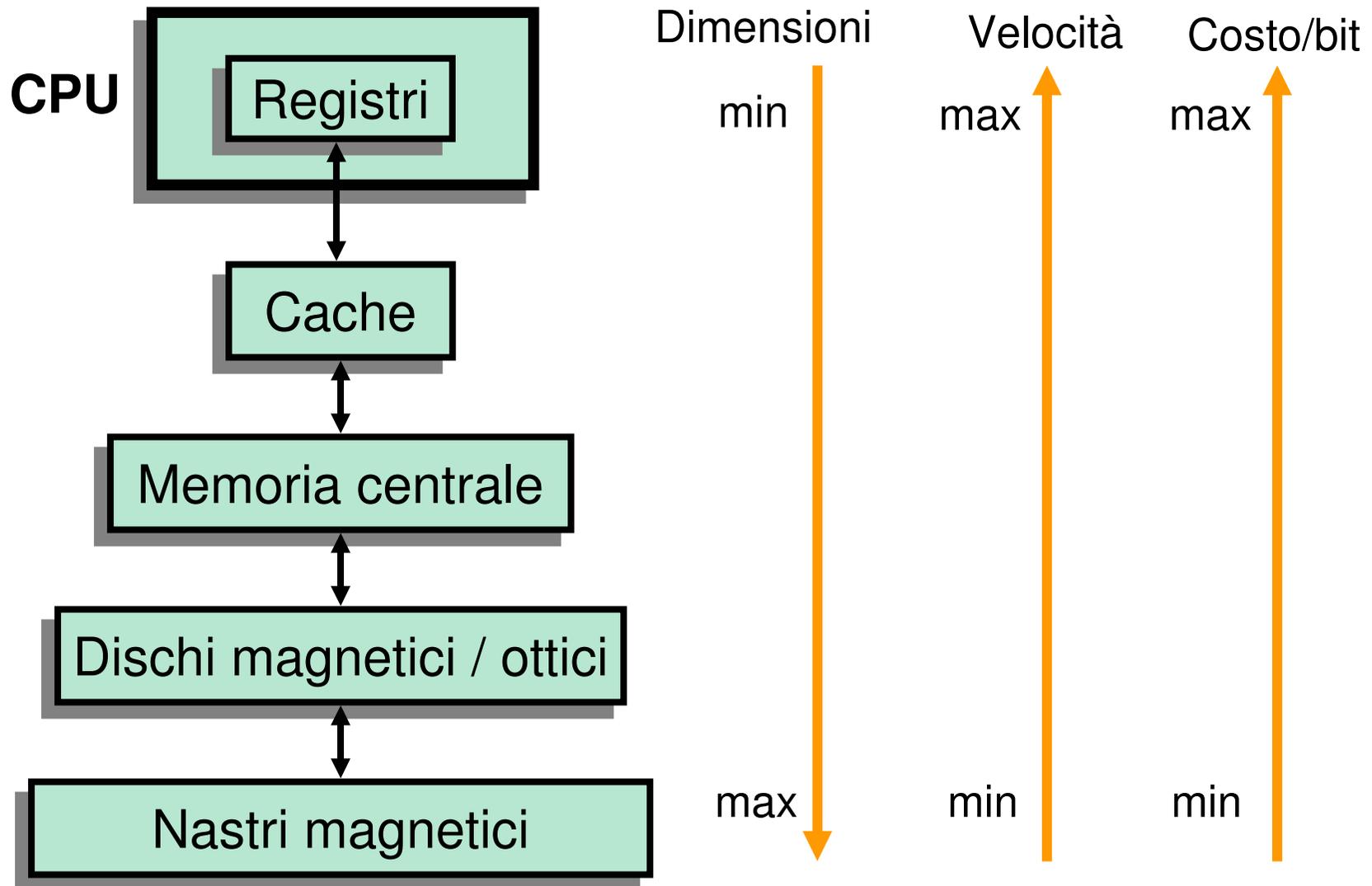
- **Località spaziale:** “quando si accede all’indirizzo *A*, è *molto probabile* che gli accessi successivi richiedano **celle vicine ad A.**”
- **Località temporale:** “quando si accede all’indirizzo *A*, è *molto probabile* che gli accessi richiedano **di nuovo** la cella *A.”*
- Si utilizza quindi una memoria che consenta accessi estremamente veloci su blocchi utilizzati di recente. Questa memoria è la **cache**: veloce ma molto costosa, quindi piccola.

Packaging



- Fino all'inizio degli anni '90 la memoria veniva prodotta, acquistata ed installata su chip singoli
- Oggi si monta un gruppo di chip, tipicamente 8 o 16, su una piccola scheda stampata
 - **SIMM (Single Inline Memory Module)**: la fila di connettori si trova da un solo lato della scheda
 - **DIMM (Dual Inline Memory Module)**: i connettori si trovano su ambedue i lati della scheda
- **SIMM** e **DIMM** sono spesso dotate di un codice di rilevazione o correzione degli errori.

Gerarchia di memorie



Dischi magnetici

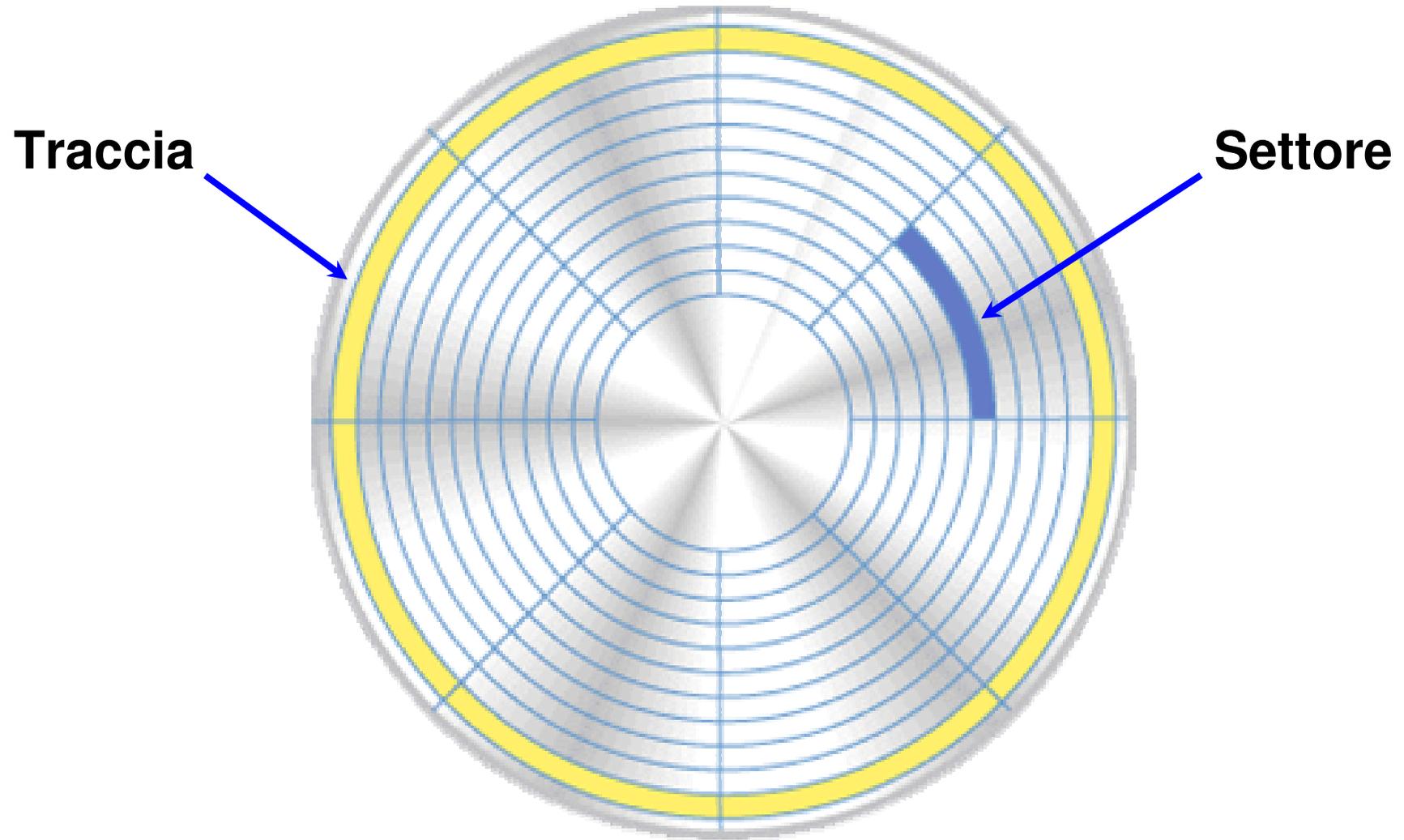


- Sono **piatti**, generalmente di alluminio, ricoperti di materiale **ferromagnetico**
- **Fattore di forma** (diametro)
 - sempre più piccolo, consente velocità di rotazione maggiori
 - 3.5 pollici per sistemi desktop e fino ad 1 pollice per i portatili.
- **Testina** (strumento di lettura/scrittura)
 - 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

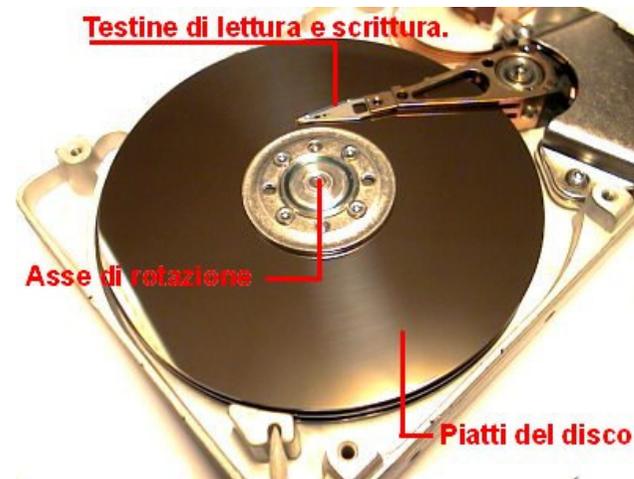
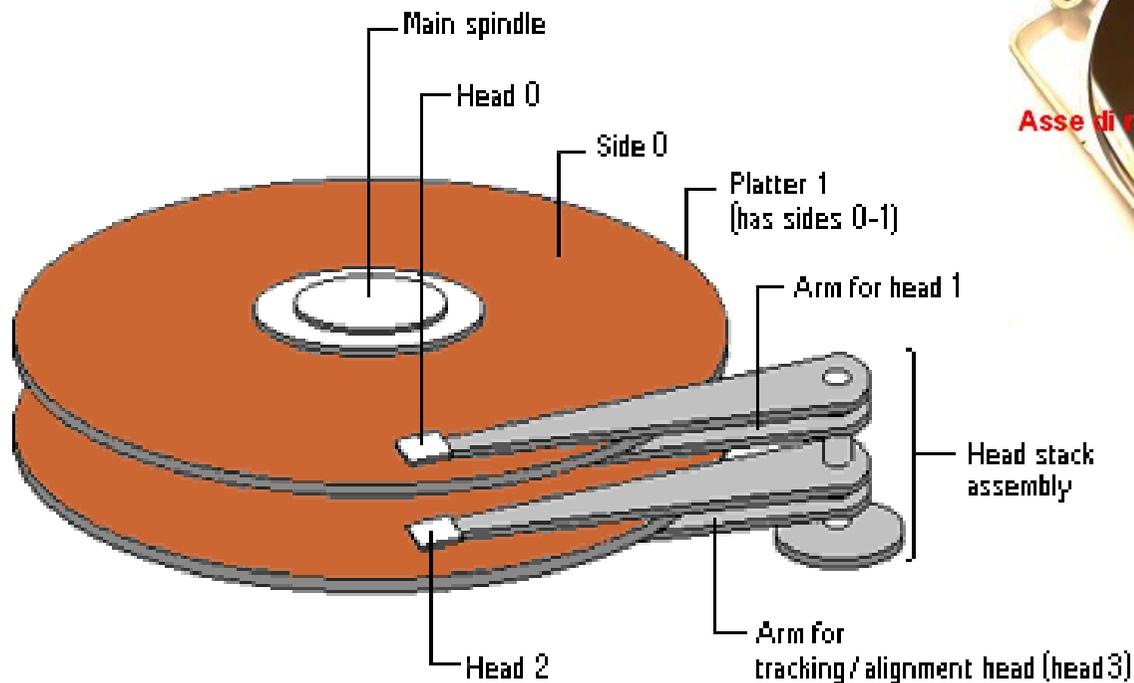
- **Traccia (track):** sequenza circolare di bit scritta mentre il disco compie una rotazione completa. Tra una traccia e l'altra c'è un piccolo spazio separatore (**gap**).
- **Settore (sector):** parte di una traccia corrispondente ad un *settore circolare* del disco
 - un settore contiene 512 byte di dati, preceduti da un *preambolo* e seguiti da un codice di correzione degli errori
- Altre sottostrutture sono i **cluster** e i **blocchi**.
- **Formattazione:** operazione che predispone tracce e settori per la lettura/scrittura
 - circa il 15% dello spazio si perde in gap, preamboli e codici di correzione errori.

Tracce e settori



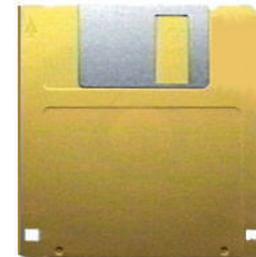
Hard Disk

L'**Hard Disk** è composto da più superfici (piatti) e da una testina di lettura per superficie.



Floppy disk

- **Funzioni:** distribuzione del software su larga scala (con l'avvento dei PC) e 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 $\frac{1}{2}$ **secondo**
- Caratteristiche tipiche di un floppy da 3.5":
 - capacità: **1.44 MB**
 - tracce × settori: **80 × 18**
 - giri per minuto (RPM): **300**
 - velocità di trasferimento: **500 Kbps.**



Dischi ottici



- Lettura ottica basata sulla riflessione (o sulla mancata riflessione) di un raggio laser sul supporto
- Densità di registrazione più alta che nei dischi magnetici
- Creati in origine per registrare programmi televisivi, successivamente applicati ai calcolatori.
- Tipologie:
 - CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD, DVD-RAM, ...

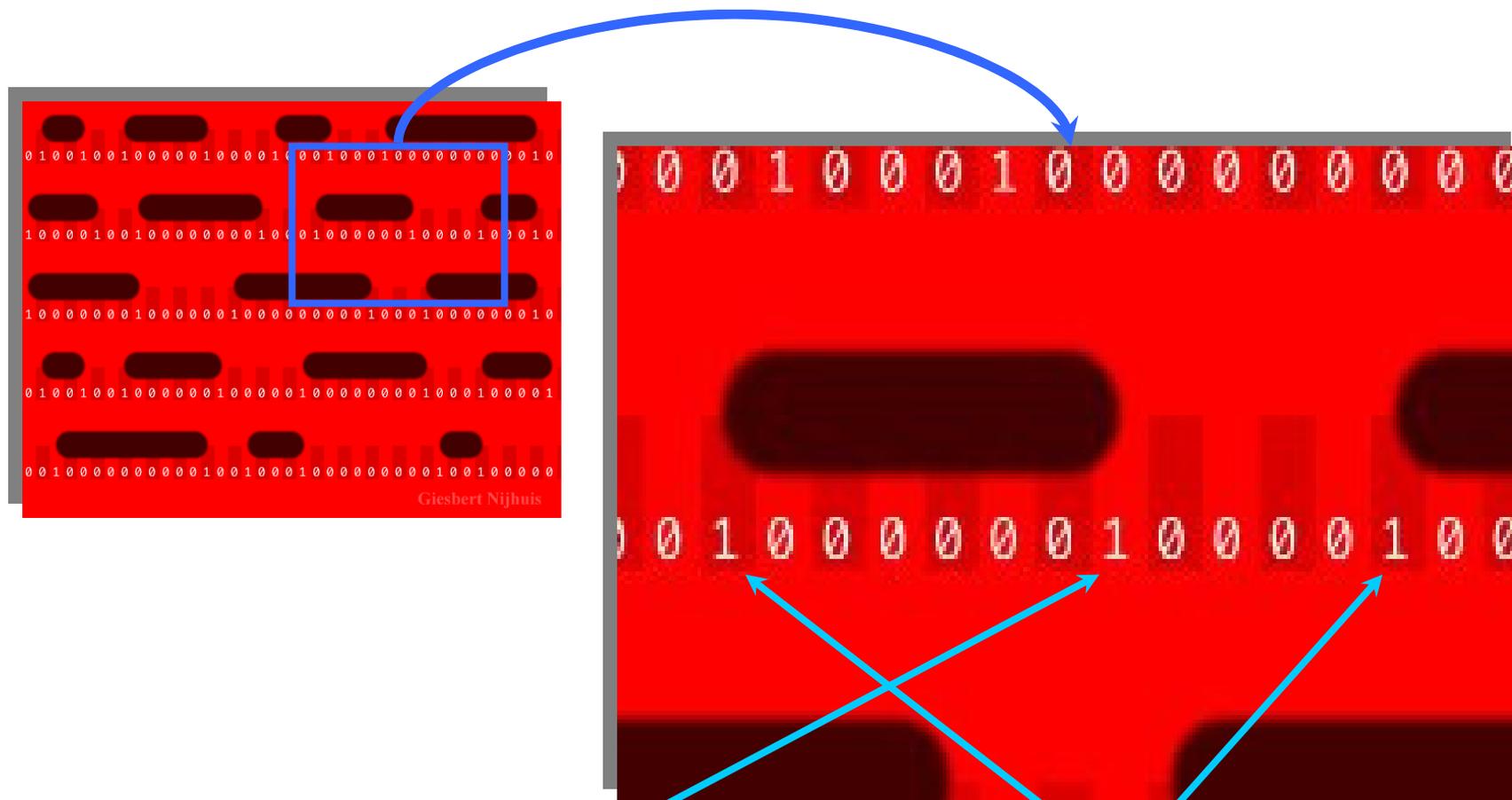
Compact Disk (CD)

- Supporto proposto nel 1980 da Philips e Sony per sostituire i dischi musicali in vinile
- Standard di fabbricazione IS-10149:
 - diametro: **12 cm**; spessore: 1.2 mm e foro di 15 mm al centro
 - produzione:
 - laser ad alta potenza che brucia fori di 0.8 μm in un **disco master** (le depressioni sono dette **pit** e le aree tra i pit sono dette land)
 - dal master si ricava uno stampo
 - nello stampo viene iniettata una resina liquida di **policarbonato** che forma un CD con la stessa sequenza di pit del master
 - sul policarbonato viene depositato uno strato molto sottile di **alluminio riflettente**
 - copertura con strato protettivo e poi con una etichetta.

Lettura di un CD

- Un **laser a bassa potenza** emette una luce infrarossa sul disco
- I **pit** appaiono come **cunette** su una superficie piatta
- I passaggi **pit/land** o **land/pit** indicano un **1**, e la loro assenza indica uno **0**
- Pit e land sono impressi in una **spirale unica** che compie 22.188 giri attorno al disco
- La lettura viene effettuata a **velocità costante** (120 cm/sec), molto meno della velocità di lettura degli **hard disk**.

Pit e land su un CD



Passaggio da **pit** a **land**

Passaggio da **land** a **pit**

CD - ROM

- Nel 1984 Philips e Sony definiscono uno standard per i **CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory)** in cui si definiva la struttura ed il formato da utilizzare per memorizzare dati digitali invece che “musica”
- Rispetto ai CD audio i CD-ROM hanno:
 - stesse dimensioni
 - compatibilità dell'**ottica** e della **meccanica**
 - stesso **processo produttivo**
 - meglio capacità di **correggere gli errori**
- Nel 1986 si definisce la possibilità di mischiare audio, video e dati nello stesso settore.

Velocità e capacità dei CD-ROM

- **Velocità base (1x):**
 - 75 settori/sec
 - 153.6 KByte/sec
 - velocità superiori (**n x**) crescono in proporzione
- **Capacità**
 - 74 minuti di musica ~ 640 MB
 - 80 minuti di musica ~ 700 MB
- **Tempo di accesso**
 - alcune centinaia di millisecondi.

CD Recordable (CD-R)

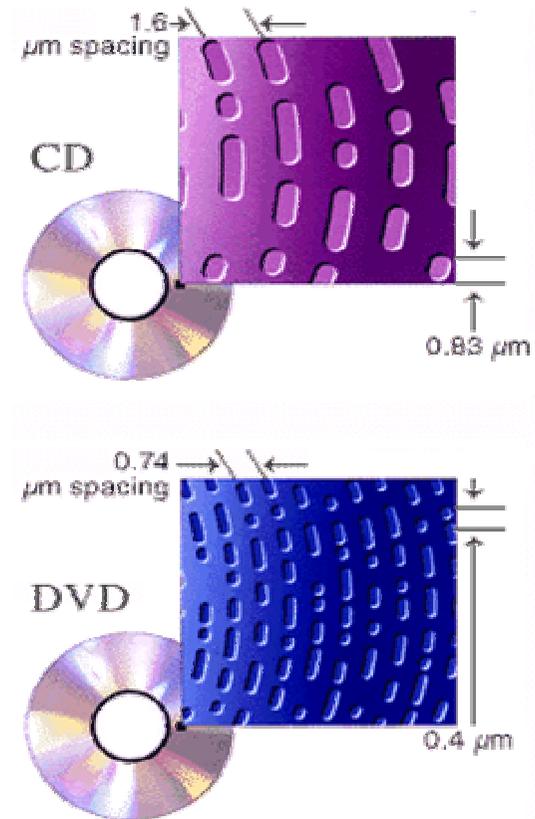
- Sono CD che vengono scritti una sola volta (WORM)
 - si utilizzano per backup, produzioni in piccole serie, generazione di master, ...
 - hanno le stesse dimensioni dei CD-ROM
- La riflettività di pit e land è **simulata**
 - c'è uno strato di colore tra il policarbonato e lo strato riflettente: nello 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 ReWritable (CD-RW)

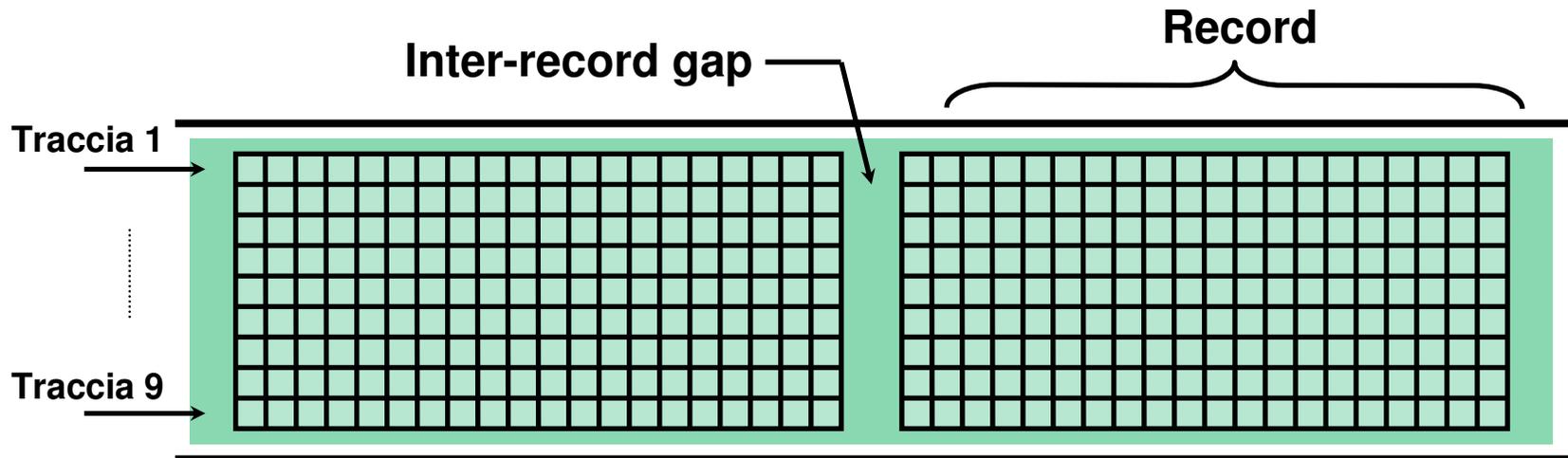
- Dischi ottici **riscrivibili**
- Lo strato di registrazione utilizza una lega di argento, indio, ammonio e tellurio che ha **due stati stabili**:
 - lo **stato cristallino**, con elevata capacità di riflessione (land)
 - lo **stato amorfo**, con ridotta capacità di riflessione (pit)
- Si usa un **laser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

Digital Versatile Disk (DVD)

- Pit più piccoli, spirale più serrata, utilizzo del **laser rosso**
- Caratteristiche dei DVD:
 - **capacità** di 4.7 GB = 133 minuti di video ad alta risoluzione, con colonna sonora in 8 lingue e sottotitoli in 32 lingue
- Diversi formati di DVD:
 - lato unico strato unico (4.7 GB)
 - lato unico strato doppio (8.5 GB)
 - due lati strato unico (9.4 GB)
 - due lati strato doppio (**17 GB**)



Nastri magnetici e unità DAT



- **Capacità** di diversi GB
- Accesso **sequenziale** ai dati
- Molto **lenti**
- Utili solo per operazioni di **backup**



I/O e periferiche

Input / Output

- Le operazioni di I/O si possono effettuare in **3 modalità**:
 - **Controllo da programma**: si utilizzano cicli di codice (*polling*) che esaminano periodicamente lo stato dell'interfaccia hardware su cui leggere/scrivere (i.e. una stampante), fino a completamento dell'operazione.
 - **Interrupt**: il dispositivo periferico è in grado di notificare alla CPU il completamento di una operazione “richiamando la sua attenzione” attraverso una *interruzione* del flusso di esecuzione.
 - **Direct Memory Access (DMA)**: uno specifico componente hardware (*DMA controller*), solleva la CPU dalla necessità di intervenire direttamente al trasferimento di ogni dato in I/O. La CPU comunica non con la periferica ma col DMA controller imponendogli l'inizio dell'operazione e comunicandogli l'indirizzo di memoria in cui il dato da trasferire è immagazzinato.

Componenti fisici di un PC

- Una **scheda madre** che contiene una CPU, alcuni connettori nei quali inserire moduli DIMM e vari chip di supporto
- uno o due **bus** ad alta o bassa velocità
- prese in cui possono essere inseriti i connettori delle **schede di I/O** che agiscono da **controllori** dei dispositivi, ovvero ne gestiscono gli accessi al bus:
 - **DMA controller**
 - **Interrupt handler**

Terminali

- Si compongono di **2** parti: **tastiera** e **monitor**.
- **Tastiere:**
 - possono essere **meccaniche** o **elettromagnetiche**
 - la pressione di un tasto genera un **interrupt** attraverso cui viene attivato il gestore degli interrupt della tastiera che decodifica il tasto premuto. Al rilascio del tasto di verifica un secondo interrupt.
- **Monitor:**
 - possono essere a **tubo catodico** e **cristalli liquidi**.

Monitor



- **CRT (Cathode Ray Tube):**
 - un “cannone” spara un raggio di elettroni contro uno **schermo fosforescente**; il raggio viene **deflesso** per coprire tutti i punti dello schermo, una riga per volta
 - un’immagine a tutto schermo viene completata **30/60** volte al secondo (**refresh rate**)
- **LCD (Liquid Crystal display)**
 - sono schermi piatti e leggeri, composti di **due lastre parallele di vetro** nella cui intercapedine sono contenuti i **cristalli liquidi**, illuminati da una luce situata dietro lo schermo
 - i cristalli liquidi scorrono come un liquido e hanno una struttura tridimensionale
 - un **campo elettrico** modifica l’allineamento molecolare dei cristalli e quindi le **proprietà ottiche**.

Mouse



- È una periferica di tipo “point and click”
- Nasce nel 1964 per poter utilizzare la prima interfaccia grafica (“a finestre”).
- Negli anni si è evoluto, sostituendo la classica “pallina” con un dispositivo ottico (optical mouse) che permette un utilizzo più versatile e perdendo la “coda” (cordless mouse).

Porte Standard e USB

- **Interfaccia Seriale:** trasporta **1 bit** per volta, ha velocità massima = 115 Kbps e si usa per periferiche lente, come mouse e modem esterni.
- **Interfaccia Parallela:** trasporta **8 bit** alla volta, ha velocità massima = 150 KB/sec e si usa per stampanti, scanner e unità di backup (nastri, Zip).
- **Universal Serial Bus (USB):** definito con l'intento di sostituire le attuali porte seriali e parallele
 - velocità = **12 Mbit/sec**, collega fino a **127** periferiche in **cascata**
 - **alimenta** direttamente periferiche a basso consumo (tastiere, mouse) ed è completamente **plug & play**
 - la **USB 2.0** del 1999 arriva fino a **480 Mbps**.



Stampanti B&W - 1

Stampanti ad aghi

- **Funzionamento:** la testina di stampa contiene fino a 24 aghi, e ogni ago è azionato da un'elettrocalamita; mentre la testina si muove, l'azione combinata degli aghi compone i caratteri
- **Caratteristiche:** sono **economiche e affidabili**, ma **lente, rumorose** e con **grafica di bassa qualità**.

Stampanti a getto d'inchiostro

- **Funzionamento:** al posto degli aghi ci sono **ugelli** collegati a serbatoi di inchiostro di diversi colori; mentre la testina si muove, gli ugelli spruzzano gocce di inchiostro per comporre i caratteri
- **Caratteristiche:** risoluzioni fino a 1440 dpi (dots per inch); **economiche, silenziose**, di **buona qualità** ma sono **lente** e le cartucce sono **costose**.

Stampanti B&W - 2

Stampanti laser

- **Funzionamento:** il **tamburo** viene caricato fino a 1000 volt, ed un raggio laser scorre sul tamburo producendo una configurazione di punti chiari e scuri; il tamburo ricoperto di toner viene premuto sulla carta e trasferisce la polvere **nera** sulla carta. Il toner viene poi fissato facendo scorrere la carta attraverso rulli riscaldati
- **Caratteristiche:** alta **qualità e** flessibilità, buona **velocità** e costi contenuti; utilizzano una tecnologia simile a quella delle fotocopiatrici.

Stampanti a colori

Stampanti a getto d'inchiostro

- **Caratteristiche:** permettono buoni risultati per la grafica a colori ma risultati mediocri per le fotografie. Per risultati migliori si usano **inchiostri a base asciutta** e **inchiostri a base di pigmenti**.

Stampanti a inchiostro solido

- **Caratteristiche:** si utilizza un inchiostro speciale a base di cera in quattro blocchi solidi, ma è richiesto un **lungo tempo di avviamento** per sciogliere l'inchiostro.

Stampanti laser a colori

- **Caratteristiche:** funzionano come il modello monocromatico, ma generano **quattro immagini**, una per ogni colore del toner, **C, Y, M, K**. Sono **costose**, ma **veloci**, di **alta qualità** e producono **immagini stabili nel tempo**.



Sistemi di comunicazione

Modem

- Servono ad effettuare una connessione di calcolatori attraverso la normale linea telefonica (**analogica**)
- Dal 1980 le velocità sono via via aumentate, fino ai 56 Kbit/sec di oggi
- Il modem effettua una modulazione della **portante analogica** della linea telefonica per trasmettere un segnale **digitale** (modulazione di ampiezza, frequenza o fase).

Integrated Services Digital Network (ISDN)

- La linea analogica viene “sostituita” dalla **linea digitale**; in realtà **non** viene sostituita, ma utilizzata in modo differente e con apparecchiature differenti alle estremità
- **Uso domestico:** si utilizzano **due canali** digitali indipendenti da 64 Kbit/sec l'uno, ed un **canale di segnalazione** da 16 Kbit/sec; totale: **144 Kbit/sec**
- **Uso commerciale:** si utilizzano **30 canali**
- **Caratteristiche:** il tempo di setup per la connessione è minimo (1 sec), non serve un modem analogico ed è molto più affidabile della connessione analogica (meno errori).

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

- Funziona sul tradizionale **doppino telefonico**
- Usa **tre canali** diversi sulla stessa linea:
 - Plain Old Telephone System (POTS)
 - Upstream (64-640 KBps)
 - Downstream (1.5-6.1 MBps)
- Appartiene alla famiglia dei protocolli **xDSL**
 - diverse velocità di **download** (fino a 52 Mbit/sec) e **upload** (fino a 2 Mbit/sec)
 - oggi in Italia viene offerta una connessione con 640 Kbps downstream e 128 Kbps upstream.

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

- È uno standard per i telefoni cellulari di **terza generazione**, attivo commercialmente dal 2002
- UMTS fornisce ad ogni utente una banda fino a 2 Mbit/sec
- Rende possibile la trasmissione di **contenuti multimediali** attraverso la rete mobile.

Reti e Sistemi distribuiti

- **Rete di calcolatori**

- è un insieme di calcolatori autonomi collegati tra loro mediante una *rete di comunicazione*
- gli utenti possono interagire esplicitamente con la rete
- in caso di guasto della rete, ogni calcolatore mantiene la sua indipendenza continuando a funzionare.

- **Sistemi distribuiti**

- gli utenti non hanno alcuna visibilità sull'architettura del sistema
- il sistema appare omogeneo, progettato per una particolare applicazione (es. il bancomat).

Reti: motivazioni

- L'elaborazione di dati tramite un unico calcolatore isolato, è stato soppiantato negli ultimi anni dall'utilizzo sempre più massiccio di sistemi connessi in rete
- Una ragione la **condivisione delle risorse**, al fine di utilizzare al meglio dispositivi costosi e garantire affidabilità e disponibilità
- Inoltre la **comunicazione** permette scambio di informazioni e possibilità di collaborazione a distanza.

Classificazione delle reti

- **Reti locali** (Local Area Network, LAN)
 - hanno estensione limitata e collegano dispositivi situati in genere nello stesso edificio
- **Reti metropolitane** (Metropolitan Area Network, MAN)
 - connettono dispositivi situati nella stessa area urbana
- **Reti geografiche** (Wide Area Network, WAN)
 - collegano dispositivi situati in una ampia area (nazione, continente, ecc.)
- **Reti di reti** (Internetwork)
 - collegano più reti mediante opportuni elementi di interfaccia, e si possono estendere su tutto il pianeta (Internet).

Sistema client-server

