

Lezione 4:

Hardware (cont.)

Memorie
Periferiche ed interfacce di I/O



La memoria

La memoria

Le memorie sono dispositivi usati per immagazzinare e reperire informazioni: dati e i programmi

- ◆ **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

Memoria centrale vs. memoria secondaria

La suddivisione della memoria in due categorie, che si differenziano soprattutto per le diverse funzionalità che svolgono:

- ◆ Memoria centrale (o principale):
 - è acceduta direttamente dal processore
 - memorizza dati e programmi in esecuzione
 - tecnologia elettronica (semiconduttori)
- ◆ Memoria secondaria (o di massa):
 - memorizza le informazioni in modo permanente
 - il processore non può accedervi direttamente
 - tecnologie usate: magnetica, ottica, magneto-ottica, elettronica

Criteri di caratterizzazione di una memoria

◆ Velocità

■ tempo di accesso

quanto passa tra una richiesta e la relativa risposta

■ ciclo di memoria

$$t_{\text{accesso}} + \Delta$$

■ velocità di trasferimento – transfer rate (larghezza di banda)

quanti bit (byte) al secondo si possono trasferire da o verso memoria

◆ 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)

Criteri di caratterizzazione di una memoria

◆ Modalità di accesso

- **diretta (o casuale):**
il tempo di accesso è indipendente dalla posizione della cella
- **sequenziale:**
il tempo di accesso dipende dalla posizione della cella
- **mista:**
combinazione dei due casi precedenti
- **associativa:**
 - è un metodo ad accesso casuale che esamina il contenuto delle celle
 - indicato il dato, la memoria risponde indicando l'eventuale posizione che il dato occupa in memoria
 - Il tempo d'accesso è costante per tutte le celle

La memoria centrale

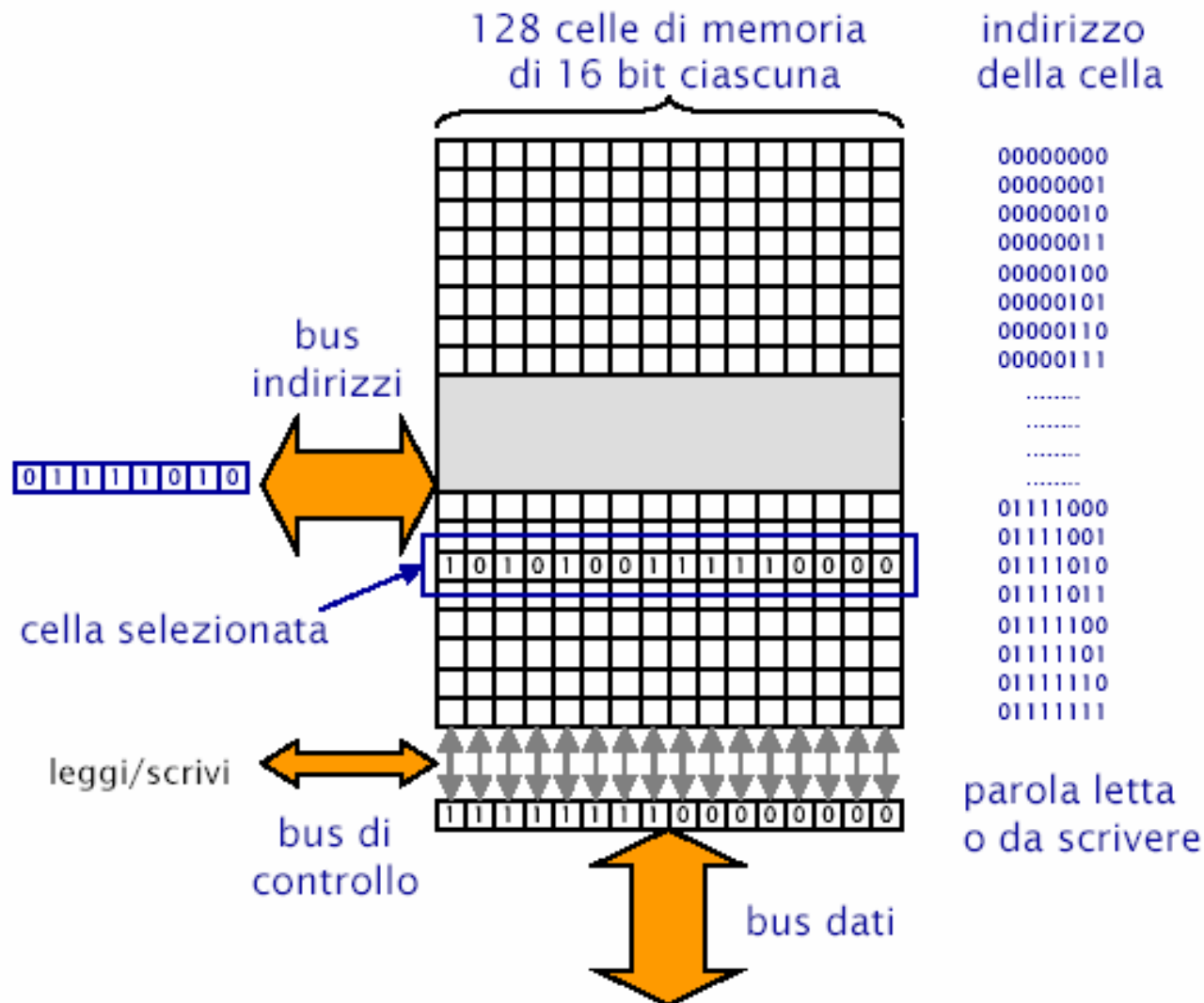
Memoria centrale

- ◆ La **memoria centrale** (o **principale**) è la memoria che può essere acceduta direttamente dal processore
 - è costituita da **celle** (o **locazioni**)
 - ogni cella può contenere una quantità fissata di memoria (numero di bit), detta **parola** di memoria
- ◆ Ogni cella è caratterizzata da
 - un **indirizzo**, che è un numero che identifica la cella e ne consente l'accesso
 - un **valore**, che è la sequenza di bit memorizzata dalla cella
- ◆ La memoria fornisce le operazioni di:
 - **lettura**: consultazione del valore di una cella con un dato indirizzo
 - **scrittura**: modifica del valore di una cella con un dato indirizzo

Memoria centrale

- ◆ Le operazioni avvengono sotto il controllo della CPU
 - La CPU seleziona una particolare cella di memoria ponendone l'indirizzo nel **Registro Indirizzi (MAR)**
- ◆ Se il Registro Indirizzi (MAR) è costituito da N bit, si possono indirizzare 2^N celle di memoria, da 0 a $2^N - 1$
 - Nei PC attuali il MAR è almeno di 32 bit
- ◆ Operazione di **lettura**:
 - copia nel Registro Dati (MDR) il contenuto della cella di memoria indirizzata dal Registro Indirizzi (MAR)
- ◆ Operazione di **scrittura (store)**
 - copia il contenuto del Registro Dati (MDR) nella cella di memoria indirizzata dal Registro Indirizzi (MAR)

Struttura di una memoria centrale



Caratteristiche delle memorie centrali

- ◆ **Capacità:** il numero di bit che possono essere memorizzati, misurati in byte (e multipli del byte).
Il numero massimo è determinato dalla dimensione del Registro Indirizzi (MAR) della CPU. Se MAR è costituito da N bit, si possono indirizzare 2^N celle di memoria, da 0 a $2^N - 1$.
- ◆ **velocità di accesso:** misura la velocità di esecuzione delle operazioni di lettura/scrittura
- ◆ **Volatilità:** indica la capacità di conservare i valori memorizzati in modo permanente o meno

Tipi di RAM

◆ **SRAM – RAM statica**

- più veloci,
- molto costose
- Utilizzo: memorie cache

◆ **DRAM – RAM dinamica**

- grande capienza
- sono economiche,
- più lente: deve effettuare operazioni di “rinfresco” ogni 2-4 ns, e dopo ogni operazione di lettura/scrittura. Queste operazioni vengono eseguite da un circuito interno alla memoria stessa. (ciclo di memoria = $t_{\text{accesso}} + \Delta$).
- Utilizzo: memoria centrale

Memorie RAM e memorie ROM

- ◆ Le memorie **RAM** (random access memory)
 - possono essere accedute sia in lettura che in scrittura
 - sono volatili (i dati memorizzati vengono persi allo spegnimento del calcolatore)
 - sono usate per memorizzare dati e programmi
- ◆ La memorie **ROM** (read only memory)
 - permettono solo la lettura dei dati
 - sono persistenti (mantengono il suo contenuto anche quando non c'è alimentazione)
 - sono usate per memorizzare alcuni programmi di sistema (*firmware*)

Evoluzioni delle memorie ROM

- ◆ **ROM** - Read Only Memory
notevoli costi di produzione, richiedevano cambiare intera linea di produzione per cambiare anche una minima parte dei circuiti logici
- ◆ **PROM** - Programmabile Read Only Memory, (scritte una sola volta)
contengono dei *fusibili* i quali possano essere bruciati secondo le esigenze per creare i circuiti logici richiesti
- ◆ **EPROM** - Erasable Programmabile Read Only Memory (scritte più volte)
è cancellabile tramite raggi ultravioletti, quindi riprogrammabile
- ◆ **EEPROM** — Electrical Erasable Programmabile Read Only Memory
possano essere cancellate elettricamente senza dover ricorrere ai raggi UV.
- ◆ **Memoria Flash** è una evoluzione di EEPROM

Memoria Flash

Memoria Flash è una evoluzione di EEPROM

- ◆ È una memoria *elettronica, permanente* e nonostante ciò *riscrivibile*
- ◆ È particolarmente indicato per la trasportabilità
 - Resistente alle sollecitazioni e agli urti
 - Leggero
 - Ha piccole dimensioni
- ◆ È molto usato
 - nelle fotocamere digitali,
 - nei lettori di musica portatili,
 - nei cellulari,
 - nei Pendrive,
 - nei palmari
 - Etc.

Memoria cache

La RAM ha tempi di accesso molto alti rispetto alla velocità delle CPU e ne ritarda l'elaborazione. **Memoria cache** è più rapida ed è memoria “**intermedia**” fra registri e memoria centrale

- ◆ Memorizza il contenuto di celle della RAM che potrebbero essere acceduti nuovamente dalla CPU

- sfrutta la località dei programmi :

Statisticamente un programma indirizza 90% delle sue richieste di lettura/scrittura a un'area di memoria contigua di dimensioni inferiori al 10% dell'area complessiva occupata dal programma e dai suoi dati

- ◆ Strategia di utilizzo:

- la prima volta che la CPU carica dati dalla memoria centrale, questi sono caricati anche sulla cache
- le volte successive, i dati possono essere letti dalla cache invece che dalla memoria centrale (più lenta)

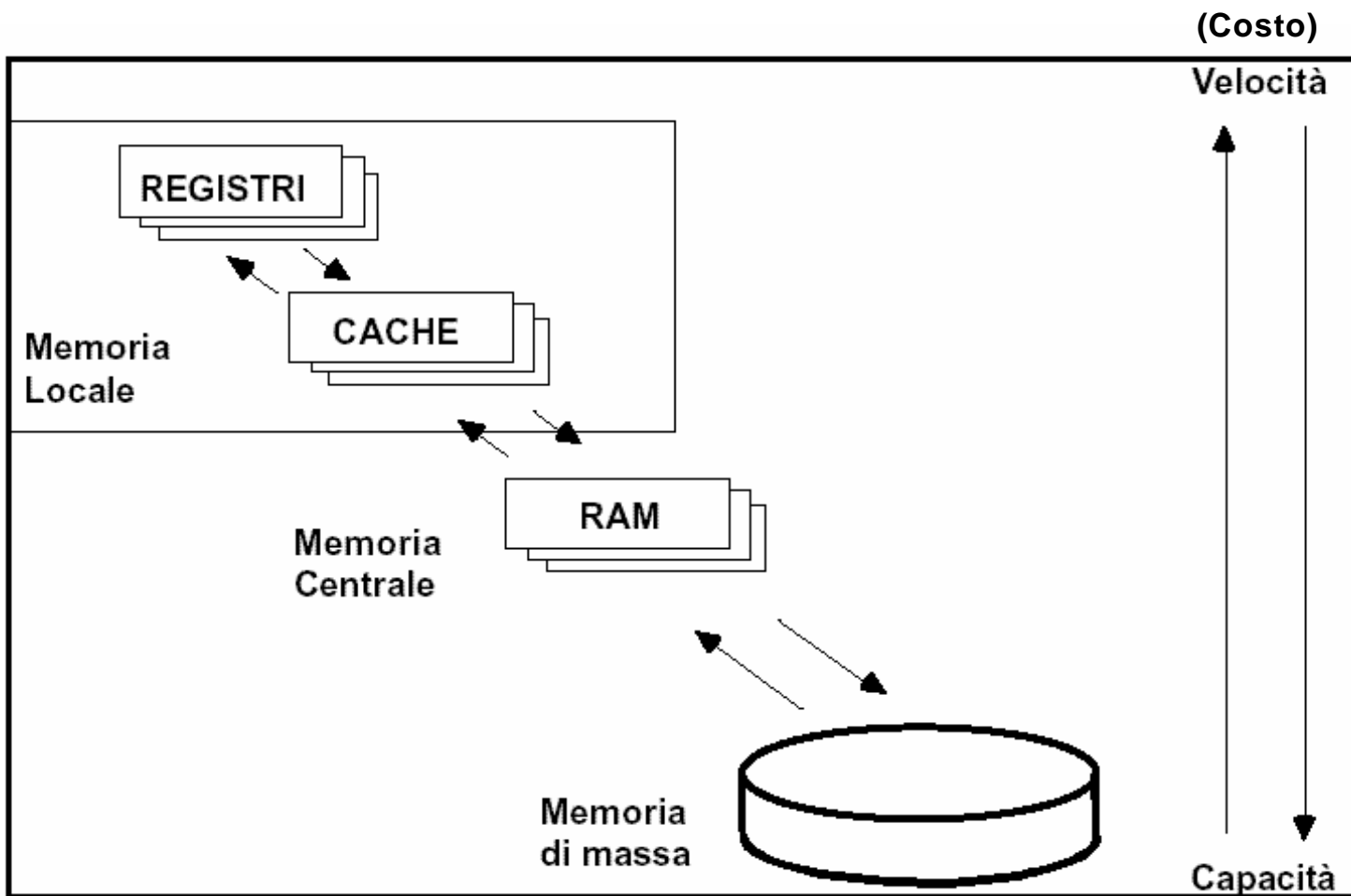
- ◆ Tipi di memoria cache:

- cache di I° livello: contenuta nel microprocessore
- cache di II° livello: aggiungibile successivamente

- ◆ Accesso: associativo

indirizzo	Contenuto della cella (istruzione o dato)
-----------	--

Gerarchia delle memorie



Caratteristiche delle memorie

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

La memoria di massa (memorie secondarie)

Memorie secondarie

- ◆ Memoria secondaria (o memoria *di massa*)
 - memorizza dati e programmi in modo permanente
 - non può essere acceduta direttamente dalla CPU
 - i dati devono passare nella memoria centrale per essere elaborati dal processore
- ◆ Principali tipi di dispositivi per le memorie secondarie:
 - Nastri magnetici
 - Dischi magnetici (hard disk, floppy disk)
 - Dischi ottici (CD, DVD)
 - Memorie elettroniche (flash, es.: pen-disk)

Memorie secondarie: caratteristiche

- ◆ non volatilità
 - i dati memorizzati permangono allo spegnimento del calcolatore
- ◆ bassa velocità di accesso
 - tempi di accesso maggiori (qualche ordine di grandezza) rispetto a quelli della memoria principale
- ◆ bassi costi
 - il **costo per bit** è molto inferiore (diversi ordini di grandezza) rispetto a quello della memoria centrale
- ◆ grande capacità
 - capacità maggiore (anche di diversi ordini di grandezza) rispetto alla memoria centrale

La memoria di massa magnetica

Nastri magnetici

Dischi magnetici: Hard Disk, Floppy Disk

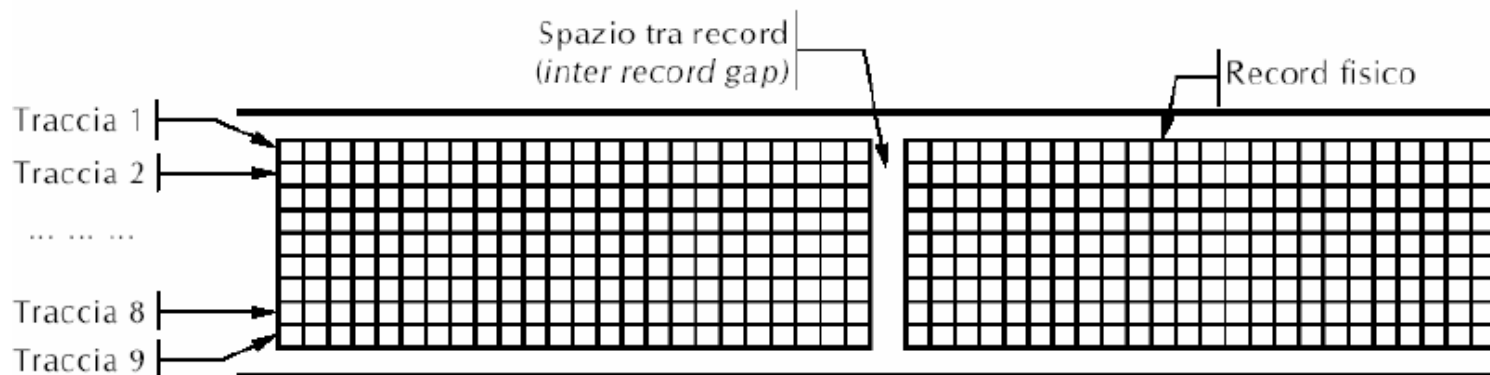


Dispositivi magnetici

- ◆ Sfruttano il fenomeno fisico della polarizzazione
- ◆ Sono costruiti da un supporto ricoperto da un sottile strato di materiale magnetico le cui condizioni di magnetizzazione consentono di memorizzare i dati
- ◆ i due diversi tipi di magnetizzazione corrispondono alle unità elementari di informazione (0 e 1)
- ◆ Le operazioni di lettura/scrittura sono effettuate tramite una testina che viene posizionata in prossimità della faccia magnetizzata e che può rilevare/modificare lo stato di magnetizzazione della superficie sottostante

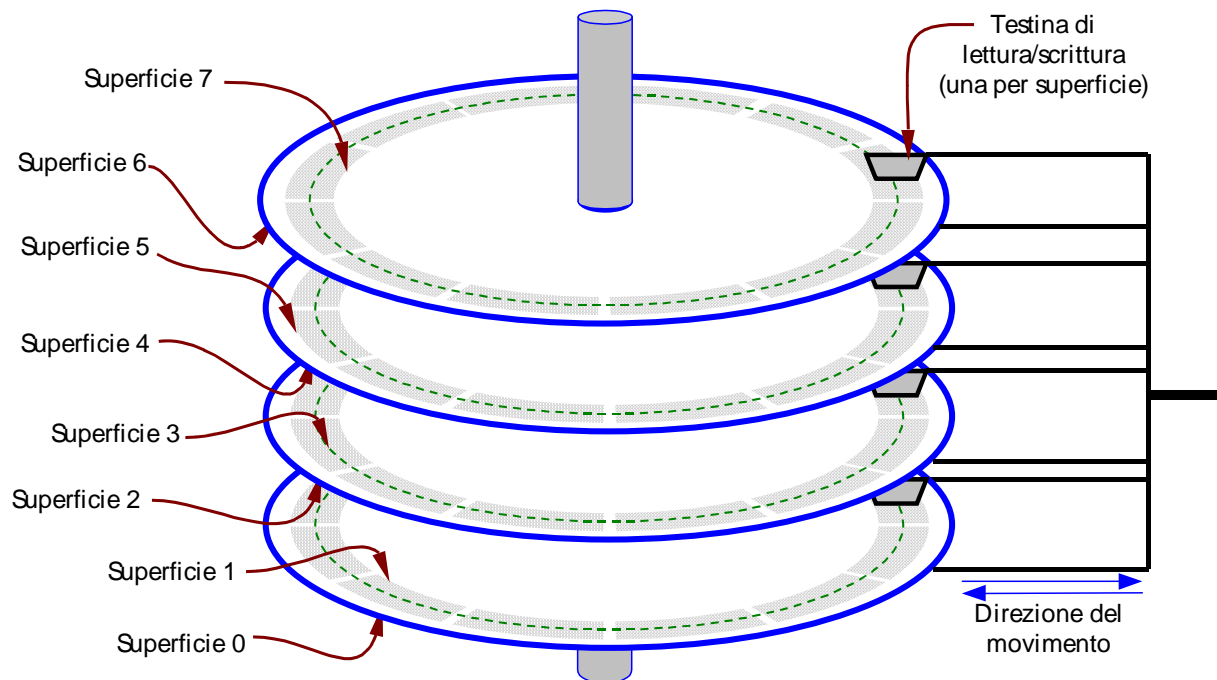
Nastri magnetici

- ◆ Sono nastri di materiale magnetizzabile raccolti su supporti circolari, o in cassette (es.: DAT-Digital Audio Tape)
- ◆ Sul nastro sono tracciate piste orizzontali parallele
 - di solito 9: un byte di dati + il bit di parità
- ◆ Le informazioni vengono lette e scritte a blocchi (zone contigue) chiamati **record fisici**
- ◆ Accesso alle informazioni è **sequenziale**



Dischi magnetici: hard disk

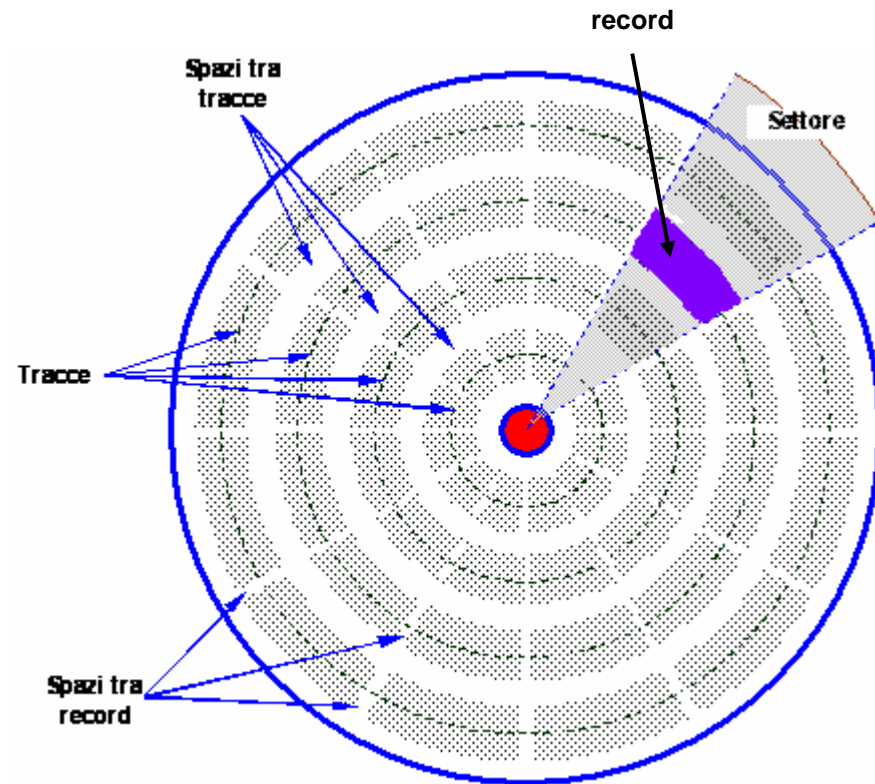
- ◆ Un disco consiste di un insieme di piatti con due superfici magnetizzabili
 - ogni superficie ha una propria testina di lettura/scrittura
 - i dischi ruotano attorno ad un perno centrale



Dischi magnetici: hard disk

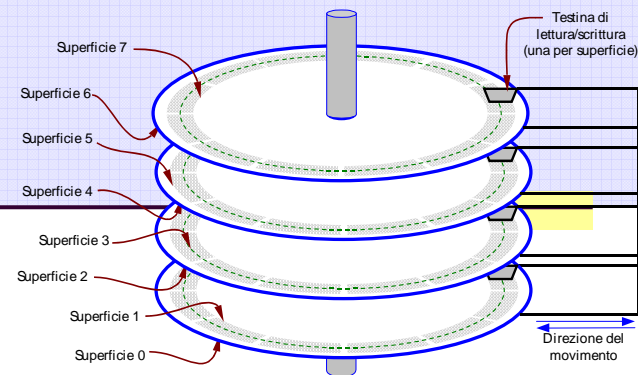
◆ “Organizzazione fisica

- le superfici sono organizzate in cerchi concentrici - **tracce** di pari larghezza, corrispondente alla dimensione della testina
- le tracce sono suddivise in **settori** (ognuno appartenente ad un diverso spicchio),
- **record** - una sequenza di bit, cui si può accedere in una singola operazione di lettura/scrittura
- tutte le tracce equidistanti dal centro (su più piatti) formano un **cilindro**



ogni record contiene lo stesso numero di bit

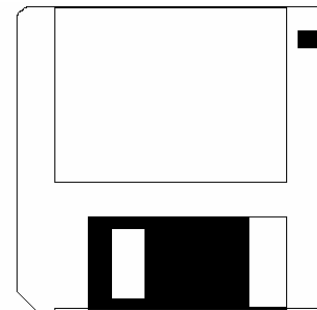
Prestazioni



- ◆ Tempo di accesso (accesso misto)
 - **Seek Time:** la testina deve arrivare alla traccia giusta
 - dipende dalla meccanica
 - misurato in millisecondi (ms)
 - **Latency Time:** il disco deve ruotare fino a portare il record nella posizione giusta
 - dipende dalla velocità di rotazione, misurata in giri/min (RPM)
- ◆ Transfer Rate
 - Velocità di trasferimento del disco
 - dipende dalla densità e dalla velocità di rotazione
 - misurata in MB per secondo (MBps)
 - valore tipico: 5-20 MBps

Dischi magnetici: floppy disk

- ◆ Sono dischi magnetici:
 - di piccola capacità
 - portatili
 - usati per trasferire informazioni (file) tra computer diversi
- ◆ Sono costituiti da un unico disco con due superfici.
- ◆ Storicamente ne sono stati creati vari tipi identificati dal loro diametro (3.5, 5.25 e 8 pollici).
 - oggi sopravvivono solo da 3.5" (1.4 Mbyte)



La memoria di massa (ottica)

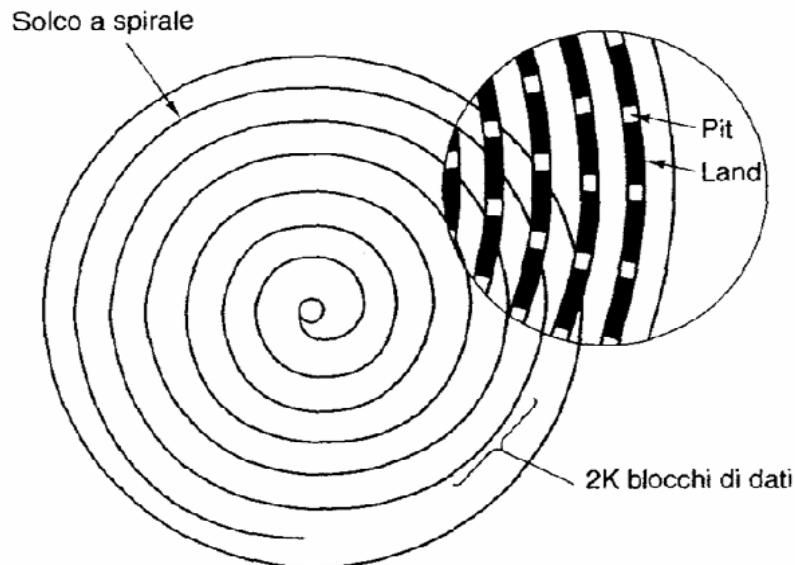
Dischi ottici

- ◆ 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
 - ...

Dischi ottici

- ◆ La superficie di un disco presenta una successione di tratti disposti secondo un'unica traccia a spirale
 - **pit**: tratto di superficie avvallata
 - **land**: tratto di superficie liscia

} **riflettono raggi luminosi in modo diverso**
- ◆ Il passaggio da pit a land (e viceversa) rappresenta 1 mentre l'assenza di variazione rappresenta 0



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 $0,8\text{ }\mu\text{m}$ 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 polycarbonato viene depositato uno strato molto sottile di **alluminio riflettente**,
 5. copertura con uno strato **protettivo** e infine con **un'etichetta**.

Lettura di un CD

- ◆ Un **laser a bassa potenza** manda una luce infrarossa (lunghezza d'onda di $0,78\text{ }\mu\text{m}$) 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).
- ◆ La velocità di lettura costante: 500 giri al minuto al centro a 200 giri al minuto all'esterno.

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.

Velocità/capacità dei CD-ROM

◆ Velocità base (“1x”)

- 75 settori/sec, circa 150 KByte/sec
- Velocità superiori crescono in proporzione
 - “32x” corrisponde a
 $32 \times 75 = 2400$ settori/sec, circa $32 \times 150 = 4800$ KByte/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.

CD Recordable (CD-R)

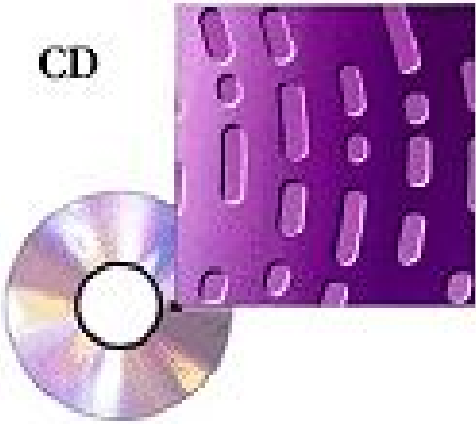
- ◆ CD registrabili, cioè che vengono scritti una sola volta:
 - utilizzati per backup, per produzioni in piccole serie, per la generazione di master, ...
 - standard definito nel **libro arancione**, stesse dimensioni dei CD-ROM
 - Accesso diretto ai settori
- ◆ La riflettività di pit e land è simulata
 - 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 ReWritable (CD-RW)

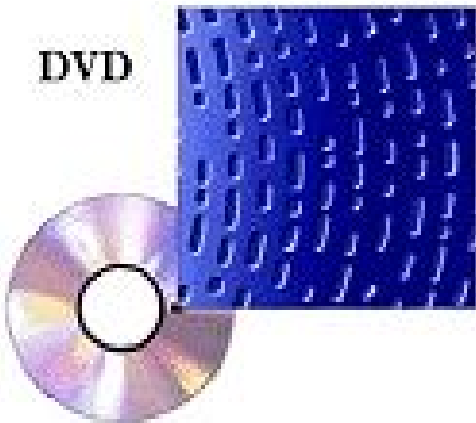
- ◆ Dischi ottici **riscrivibili**.
- ◆ Lo strato di registrazione utilizza una lega di argento, indio, antimonio e tellurio che ha **due stati stabili**:
 - lo stato **cristallino** con elevata capacità di riflessione (land);
 - lo stato **amorfo** con ridotta capacità di riflessione (pit).
- ◆ Si usa 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



DVD



- ◆ Evoluzione tecnologica ➡ maggior densità dei dati:
 - pit più piccoli (0.4 vs. 0.8 μm);
 - spirale più serrata (0.74 vs. 1.6 μm);
 - laser rosso (0.65 vs. 0.78 μm).
- ◆ 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).

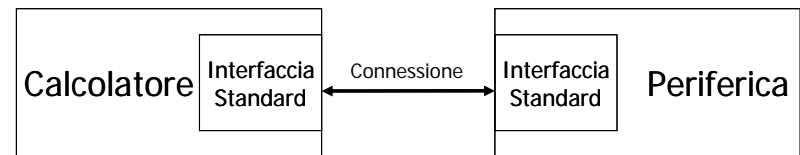
- ◆ Tecnologia dello strato doppio:

- 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.

Periferiche ed Interfacce di I/O

Interfacce standard

- ◆ Ogni periferica viene controllata tramite un'opportuna **interfaccia**, che ha il compito di tradurre i segnali interni al calcolatore in un formato comprensibile alla periferica stessa.
- ◆ Comodo avere interfacce standard per periferiche simili
 - le periferiche di diversi costruttori sono interscambiabili senza modificare i programmi



- ◆ Le interfacce sono realizzate tramite **schede** che vengono inserite nel calcolatore e connesse al bus mediante opportuni **connettori**, mentre il collegamento con le periferiche avviene attraverso le **porte** predisposte sulla scheda stessa e accessibili dall'esterno

Tipi di interfacce

◆ Interfaccia seriale

- è l'interfaccia più comune e più semplice
- modalità di comunicazione seriale
- l'intervallo tra due bit successivi è costante
- parametro principale: **bit-rate**
- standard: RS-232C

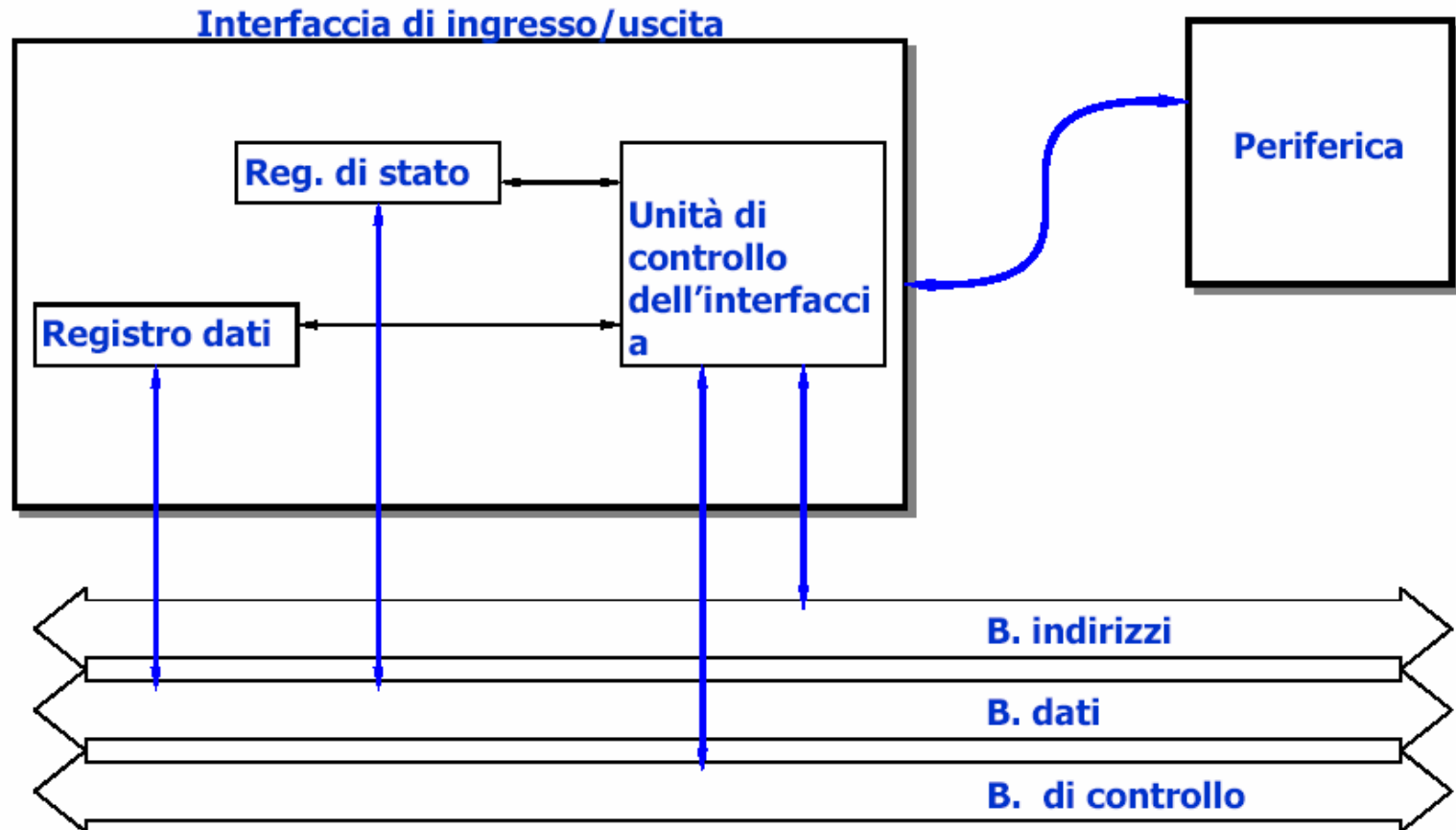
◆ Interfaccia parallela

- i bit vengono inviati tutti insieme, con l'aggiunta di segnali di controllo
- la comunicazione è più veloce, ma occorrono più fili rispetto alla seriale
- usata in modo monodirezionale (stampante, distanze brevi)
- standard: Centronics

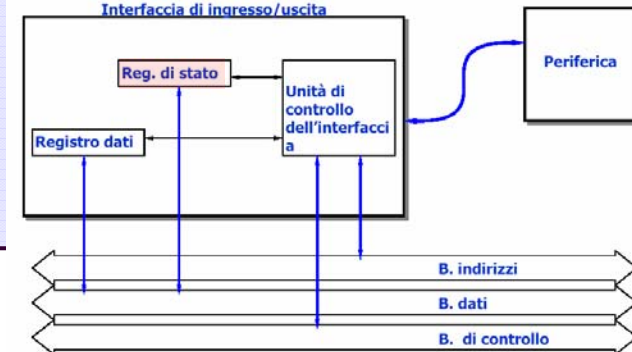
◆ Nuovi standard di interfaccia seriale

- USB
- Firewire(IEEE1394)
- wireless, es. Bluetooth

Interfacce di I/O e bus



Tipi di interazione



- ◆ A controllo di programma
 - La richiesta all'unità è fatta esplicitamente nel programma
 - La CPU verifica ciclicamente (polling) se l'operazione sia stata eseguita
- ◆ A interruzione (interrupt)
 - Quando il dato è pronto, l'interfaccia allerta la CPU
 - La CPU esegue una procedura di gestione dell'interruzione
 - Lo stato del processore (registri) è salvato in memoria
 - Quando la procedura termina lo stato del processore viene ripristinato ed il programma viene ripreso
- ◆ DMA (Direct Memory Access)
 - Usata nel trasferimento di regioni contigue di memoria
 - fra memoria centrale e periferica (memoria secondaria)
 - Un microprocessore dedicato (**DMA controller**) trasferisce direttamente i dati in memoria
 - CPU e DMA controller si alternano nel controllo del bus

Dispositivi di Input

Tastiera

Mouse

trackball

Touch pad

Microfono

Tavoletta grafica

Webcam

Penna ottica

Scanner

Fotocam. Dig.

Schermi touch screen

Joystick

Dispositivi di Output

Monitor

Plotter

Stampante

Casse acustiche

Videoproiettore

Cuffie