

Calcolo numerico e **programmazione** Interfacciamento con periferiche

Tullio Facchinetti

<tullio.facchinetti@unipv.it>

25 maggio 2012

10:39

<http://robot.unipv.it/toolleoo>

Tastiera alfanumerica



- comprende decine di tasti
- la pressione di un tasto o di una combinazioni di tasti (SHIFT-tasto, CNTRL-tasto, ALT-tasto, ...) causa l'invio di uno o più caratteri ASCII all'unità centrale

Scheda e nastri perforati



- banda continua di carta avvolta in bobine
- ogni riga del nastro contiene un carattere

entrambi sono usati sia come mezzo di input che di output,
ma il loro uso tende a diminuire

Sistemi di puntamento

sono unità di input per sistemi grafici in grado di trasformare informazioni grafiche in informazioni numeriche

i vari tipi differiscono per:

- la tecnologia utilizzata
- la differente ergonomia dell'interazione uomo-macchina

Sistemi di puntamento

sono utilizzati per

- operazioni di puntamento (picking) su parti di figure
- scelta (choice) di opzioni nei menù presentati sullo schermo
- posizionamento (locator) nel disegno interattivo

si tratta di dispositivi che trasformano l'operazione della mano dell'operatore sullo strumento di puntamento nello spostamento di un marcatore grafico sullo schermo del videoterminale

Mouse



- il più diffuso ed economico sistema di puntamento
- il mouse è movibile liberamente sul piano e trasmette, quando mosso, la variazione delle proprie coordinate all'unità centrale
- è inoltre dotato di tasti la cui pressione causa l'invio di una sequenza di caratteri

Mouse



tecnologie:

- pallina di gomma
- ottica: led + fotorivelatore su tavoletta tramata (LED = Light Emitting Diode: è una sorgente di luce)
- a lettura ottica

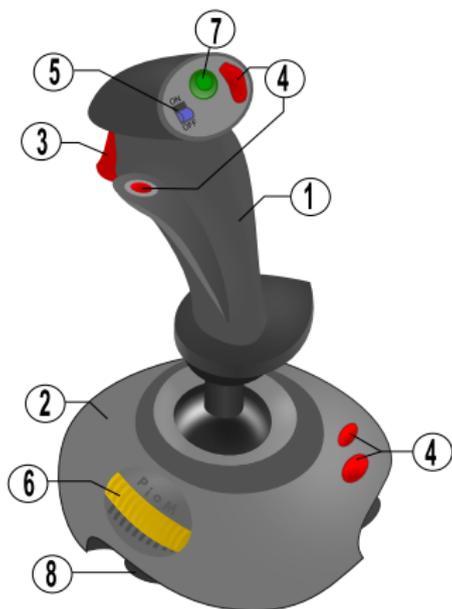
Mouse a lettura ottica

- il principio di funzionamento si basa su una telecamera che vede l'immagine della superficie
- in un solo circuito integrato sono presenti un sensore CCD (Charge Coupled Device), un DSP (Digital Signal Processor) ed un convertitore di segnali atto a fornire i dati in formato PS/2 o USB
- il sensore ha una risoluzione di 324 Pixel (18x18) su una superficie di $\sim 7 \text{ mm}^2$
- ogni 40 ms viene acquisita un'immagine che viene inviata al DSP: esso confronta ogni immagine con la precedente per calcolare la direzione e la distanza in cui è stato mosso il mouse
- la sensibilità del sensore è volutamente scarsa, per non essere influenzata dalla luce ambientale

Mouse a lettura ottica

- la funzione di faretto è svolta da un LED (Light Emitting Diode) normalmente di colore rosso
- il DSP deve elaborare differenze di immagini: più la superficie è tramata (venature del legno, testo di un foglio, stoffa di jeans, ...) maggiore sarà il contenuto informativo sulla matrice di 18x18 pixel
- il sensore non deve essere ingannato da riflessioni o diffusioni causate da materiali vetrosi o smerigliati (non funziona su uno specchio)
- sono meno sensibili alla pulizia dei mouse a pallina, ma i piccolissimi fori (per illuminatore e sensore) non devono essere occlusi da sporcizia
- precisione risultante migliore di quella dei mouse a pallina

Joystick



“cloche” di puntamento usata soprattutto per i videogiochi

Trackball



- simile ad un mouse a pallina rovesciato
- viene appoggiato in posizione fissa sul tavolo e l'operatore fa ruotare la pallina con la mano
- usato in ambiente industriale e con computer portatili

Tavoletta (digitizer)



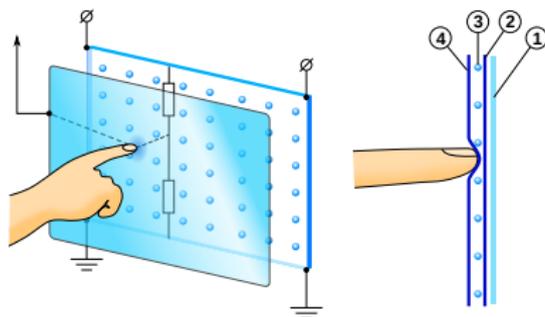
- supporto piano su cui viene appoggiato un mouse o una penna con punta metallica
- la tavoletta trasmette una sequenza di caratteri ASCII che forniscono le coordinate della penna
- ha elevata risoluzione (più di 10 linee/mm)
- usata per disegnare (CAD), in topografia, ecc.

Sistemi di puntamento: touchpad



- alternativa al mouse
- costituito da una piastrina rettangolare, sensibile al tatto, su cui si fa scorrere un dito
- i pulsanti hanno le stesse funzioni dei tasti del mouse
- hanno ridotto ingombro e largo impiego nei notebook
- il principio di funzionamento è basato sulle variazioni di capacità indotte dal dito su due griglie di fili paralleli
- si individua la coppia di fili su cui si è avuta la variazione di capacità (coordinate x e y)
- le variazioni di coordinate rivelano il movimento del dito

Sistemi di puntamento: penna luminosa, touch screen



- schermo sensibile al tocco del dito
- vengono lette le coordinate del punto indicato
- vengono realizzati con varie tecnologie: resistiva, capacitiva, a infrarossi, ad onde acustiche, piezo-elettrica

Trasduttori e acquisitori di dati

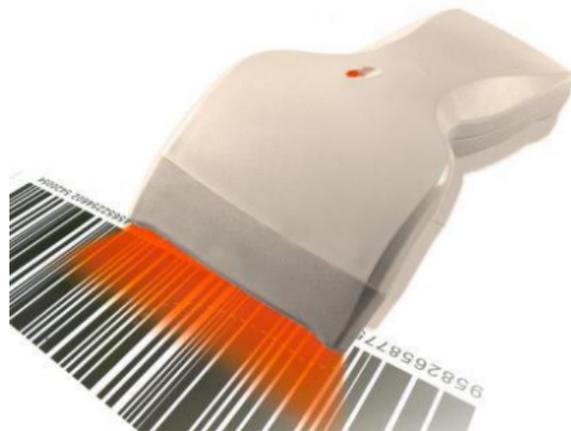
il trasduttore converte una grandezza fisica (spostamento, angolo, velocità, temperatura) in una grandezza elettrica (tensione)

- il segnale di tensione viene campionato con frequenza opportuna e convertito in numero dagli acquisitori i quali comunicano con la CPU
- possibili trasduttori: termocoppie, encoder, barometri, microfoni, scanner, TV camera, fotocellule, sensori di prossimità, ...

Lettori di codice

- magnetic ink character recognition: caratteri E13B (USA), caratteri CMC7 (Europa)
- viene letta la forma d'onda del flusso del campo magnetico a seguito del passaggio sulla testina del carattere

Lettori di codici a barre



- codici a barre ottici (barre verticali di diversa larghezza)
- lettura a penna ottica o scanner laser
- in Europa, EAN (European Article Number): 12 cifre decimali (nazione, azienda, codice prodotto)
- negli USA: codice 39 e UPC (Universal Product Code)

Codici QR



Scanner



permette di inserire nel computer

- immagini prese da riviste, fotografie, diapositive
- testi disponibili su supporto cartaceo

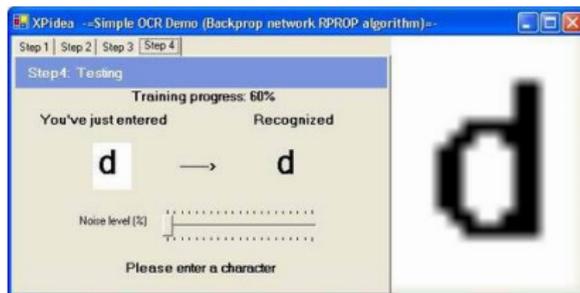
Scanner

- le immagini acquisite possono essere successivamente elaborate con programmi di “fotoritocco” e grafica
- l’acquisizione dell’immagini avviene punto per punto, perciò la memorizzazione richiede notevole spazio
- il principio di funzionamento è simile a quello di una fotocopiatrice, per la parte di acquisizione dell’immagine
- come di consueto, la risoluzione è il numero di punti (dot) per pollice (DPI): a DPI più alti corrispondono immagini più nitide, ma maggiore occupazione di memoria (es. 600 DPI)

Optical character recognition

- lettura e digitalizzazione tramite scanner o telecamera di testo stampato o scritto a mano
- si ottiene un'immagine
- un programma chiamato OCR esegue la trasformazione da immagine a testo
- riconoscimento basato sulle differenze di livello di grigio in diverse zone dei caratteri
- riconoscimento basato su caratteristiche intrinseche dei caratteri

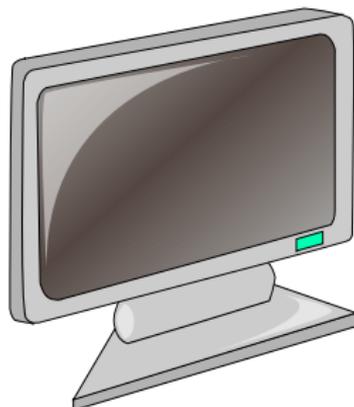
Optical character recognition



esempi

- B: 2 aree chiuse, 1 segmento verticale
- T: 2 segmenti perpendicolari

Apparecchiature di output: video



- l'unità di output più diffusa è il video
- si ha la presenza sia di file di testo, sia, se possibile, di disegni ed immagini
- in connessione con la tastiera, il video compone una unità di input/output (I/O) detta terminale

Apparecchiature di output: video

i video possono essere:

- alfanumerici: in grado di rappresentare dati alfanumerici (schermo diviso in 24 righe e 80 colonne)
- grafici: in grado di rappresentare oltre ai dati alfanumerici anche grafici o immagini
- un video può essere in bianco e nero (o verde e nero, ecc.) o a colori

```

Apple /// Utilities      Main Menu                      Version 1.2
© Apple Computer 1980,1981,1982                       All Rights Reserved

D - Device handling commands
F - File handling commands
S - System Configuration Program (SCP)
O - Quit

Press:                                d? For Help.
                                           d is Open Apple

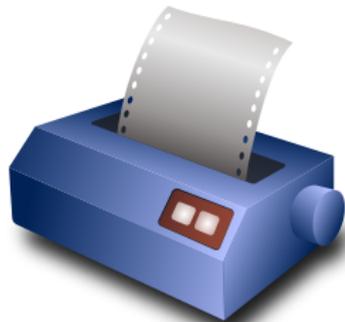
Please select a command: File handling commands
  
```

Caratteristiche principali

- dimensioni: da 13 a 21 pollici misurati sulla diagonale dello schermo e con rapporto larghezza/altezza di 4 a 3
- risoluzione (per i video grafici): numero di punti singolarmente indirizzabili e manipolabili (denominati pixel = picture element). Risoluzioni tipiche sono 640x480 pixel, 1280x1024 pixel e oltre
- dot pitch: distanza fra i pixel
- numero di colori disponibili (per i video a colori), numero dei livelli di grigio (per i video in bianco e nero)
- tecnologia: CRT (Cathodic Ray Tube) o LCD TFT (Liquid Crystal Display Thin Film Transistor)

Apparecchiature di output: stampanti

è la periferica che consente di avere copia su carta delle informazioni elaborate dal calcolatore o introdotte nel calcolatore



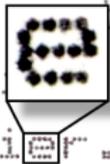
Apparecchiature di output: stampanti

parametri che caratterizzano le stampanti:

- velocità di stampa: numero di caratteri al secondo o numero di pagine al minuto trasferiti su carta
- caratteristiche grafiche: capacità di stampare non solo testi, ma anche grafici, disegni, immagini
- possibilità di stampa a colori
- rumorosità
- capacità di stampa su supporti di tipo diverso (ad esempio, fogli da lucido)

Stampante ad aghi

si basa sullo scorrimento orizzontale di una testina dotata di una matrice di aghi che, singolarmente pilotati, possono colpire il nastro inchiostro e stampare un punto sulla carta

ystem where a  ti
ld allow us t
mercial supplier.

Stampante ad aghi

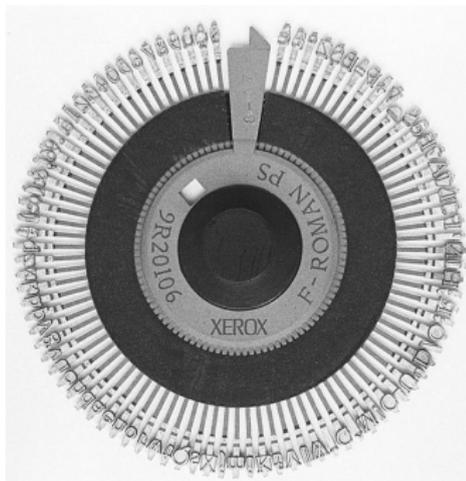
- meccanicamente semplice
- potendo comporre singoli punti (pixel), è dotata di caratteristiche grafiche
- stampa a colori ottenibile con nastri a più colori e diverse passate della testina sulla stessa linea
- stampante per uso generale, economica e adatta quando non è richiesta alta qualità di stampa

svantaggi:

- rumorosità
- resa di stampa dipendente dallo stato del nastro
- risoluzione non elevata (aghi troppo sottili bucano il nastro)

Stampante a margherita

utilizza una ruota (margherita) composta di barrette (petali) che all'estremità recano la matrice dei caratteri di stampa



Stampante a margherita

- principio di funzionamento delle macchine dattilografiche
- la stampa avviene posizionando il petalo corrispondente al carattere da stampare tra il nastro inchiostroato e un martelletto che, battendo, preme il nastro contro la carta
- da discrete caratteristiche di stampa se usata con nastri carbografici (tipo trasferibili)

svantaggi:

- ridotta velocità di stampa a causa del tempo per il posizionamento dei petali
- richiede meccanica di precisione
- non consente applicazioni grafiche
- rumorosità

Stampanti termiche

simili alle stampanti ad aghi, ma punti metallici riscaldabili elettricamente sostituiscono gli aghi nella testina



applicazioni:

- registratori di cassa
- POS
- etc.

Stampanti termiche

due tipi di stampanti termiche:

- i punti anneriscono una carta speciale termosensibile
 - in disuso a causa della carta costosa e del progressivo annerimento della carta
- il nastro, riscaldato dai punti, cede l'inchiostro alla carta retrostante
 - ottima resa di stampa
 - utilizzabile con supporti diversi
 - possibilità di stampe a colori
 - silenziosità

svantaggi:

- lentezza dovuta all'inerzia termica delle testine
- risoluzione limitata dalla propagazione del calore

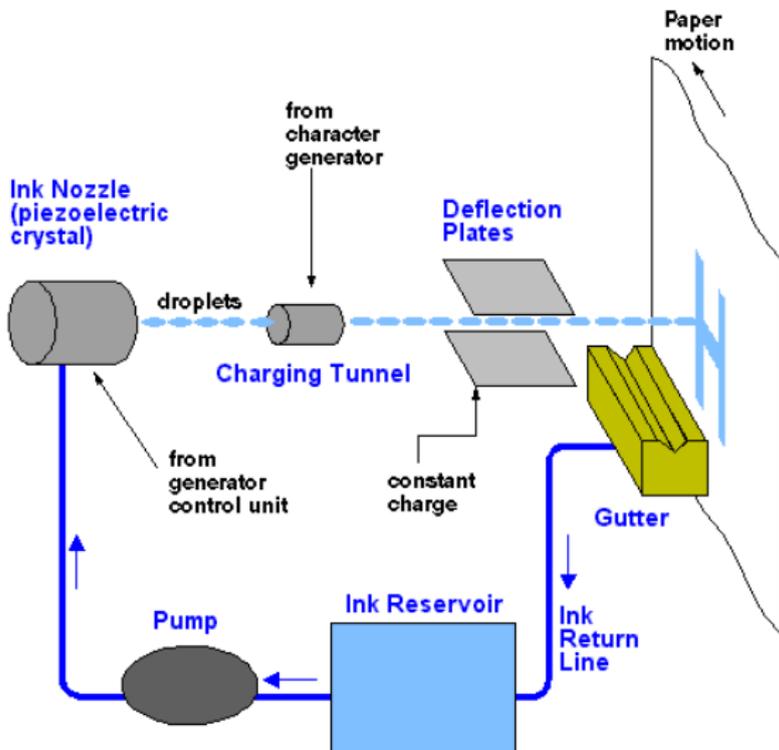
Stampanti a getto d'inchiostro

concettualmente simile alla stampante ad aghi, ma in questo caso il singolo punto è ottenuto trasferendo sulla carta gocce di inchiostro generate da appositi ugelli presenti nella testina (ugelli aperti o chiusi selettivamente)

- è una stampante a matrice di punti non ad impatto
- ha possibilità grafiche e di stampa a colori
- è silenziosa ed esente da vibrazioni
- può avere buona risoluzione dato che gli ugelli possono essere resi molto piccoli
- ha sostituito la stampante ad aghi come organo di stampa per applicazioni generali

Stampanti a getto d'inchiostro

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co. Inc.



Stampante laser

l'immagine della pagina da stampare è impressa su un tamburo fotoconduttivo da un raggio laser (sorgente di luce puntiforme)

vantaggi:

- ottima risoluzione
- resa di stampa
- possibilità grafiche ottime
- stampa veloce

svantaggi:

- elevati costi rispetto ad altre tecnologie

Stampante laser

- nella stazione di sviluppo, particelle di inchiostro in polvere (toner) sono attratte selettivamente sul tamburo e trasferite sulla carta poi
- una volta sulla carta, le particelle sono fissate per riscaldamento (procedimento analogo a quello delle fotocopiatrici)
- la fusione a caldo del materiale plastico di cui è in gran parte composto il toner permette di fissare l'inchiostro sul foglio
- lo stampato è indelebile e stabile nel tempo
- una forte sorgente luminosa ripristina l'intero tamburo, preparandolo per la passata successiva

Plotter (o tracciatori X-Y)

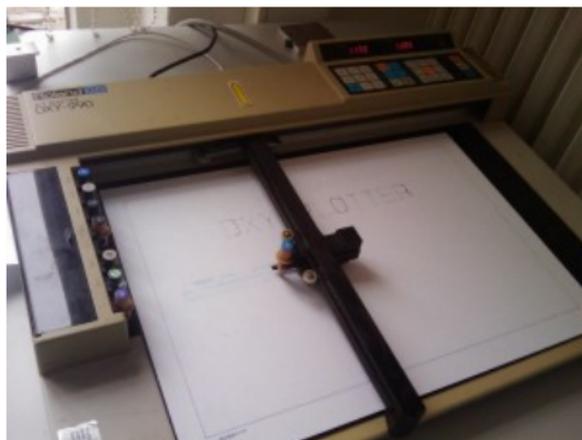
sono unità di uscita che trasferiscono immagini e disegni dal formato interno digitale del calcolatore ad un supporto di carta o di mylar

esistono due tipi di plotter:

- a penna (piano o a rullo)
- a matrice di punti (elettrostatici o a getto di inchiostro)

variando indipendentemente le velocità sui due assi, orizzontale e verticale, si realizzano curve arbitrarie

Plotter a penna



- sono dotati di un equipaggio mobile, contenente una o più penne, dotato di 2 gradi di libertà
- la componente orizzontale è data dal movimento dell'equipaggio lungo il supporto che lo sostiene

Plotter a penna

due tipi di plotter a penna a seconda del movimento verticale:

- nei plotter piani il supporto è mobile su due guide laterali
- nei plotter a rullo, la componente verticale è fornita dalla rotazione intorno al proprio asse del supporto cilindrico della carta

Plotter a matrice di punti



- nei plotter a matrice di punti il disegno viene generato copiando il contenuto di una matrice contenente i pixel dell'immagine da riprodurre
- l'inchiostro può essere attratto o spruzzato sulla carta

Principali dispositivi di memoria

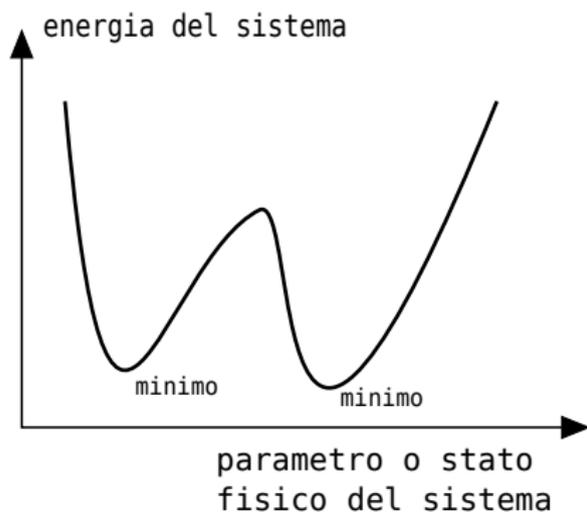
due tecnologie di memorizzazione di informazioni digitali si sono affermate in base alle loro caratteristiche economiche e tecniche:

- le memorie a semiconduttore
- le memorie a supporto magnetico

entrambe queste memorie si basano su bistabili

Diagramma energetico di un bistabile

da un punto di vista matematico, il diagramma energetico di un bistabile deve presentare due minimi relativi separati da un massimo relativo di ampiezza significativa



il parametro o stato fisico può essere una tensione, una carica elettrica, una polarizzazione, ecc.

Principali dispositivi di memoria

- in termini pratici, il diagramma energetico si traduce in un elemento che è in grado di permanere, per un tempo a priori indeterminato, in uno dei due stati stabili (cioè di minima energia)
- deve verificarsi un fenomeno di entità sufficiente a far commutare il bistabile, cioè a farlo passare da uno stato a minima energia all'altro

associando convenzionalmente il valore logico ZERO ad uno dei due stati ed il valore logico UNO all'altro, è possibile memorizzare un'informazione binaria (bit) in ogni bistabile

Classificazione delle memorie

la classificazione delle memorie si basa su:

- modalità di accesso (a cui è legata la velocità di risposta)
- stabilità dell'informazione memorizzata

Memorie a semiconduttore: memorie RAM (Random Access Memory)

ne esistono di due tipi:

SRAM (RAM statica)	DRAM (RAM dinamica)
la cella elementare che memorizza un bit è costituita da un circuito contenente diversi transistor	la cella elementare che memorizza è costituita da un unico transistor
l'informazione scritta si mantiene finché sono alimentate	l'informazione tende a cancellarsi e va rinfrescata, riscrivendola ogni pochi millisecondi (refresh)
più veloci	più lente
costo maggiore	più economiche
minore capacità	capacità elevata

Memorie a semiconduttore: memorie RAM (Random Access Memory)

- esistono anche le RAM sincrone (SDRAM e SSRAM):
offrono la possibilità di trasferire blocchi di dati presenti in memoria a indirizzi consecutivi, specificando un indirizzo di partenza e una lunghezza
- il trasferimento è più veloce perché si genera solo il primo indirizzo e un segnale di clock sincronizza la sequenzializzazione dei dati

Memorie a semiconduttore: memorie ROM

- sono memorie a sola lettura che contengono in genere solo programmi, tipicamente di inizializzazione dei calcolatori
- mantengono l'informazione anche se viene meno l'alimentazione

ne esistono di vari tipi:

- ROM (Read Only Memory): l'informazione viene scritta in fabbrica durante il processo di fabbricazione e non è più modificabile
- PROM (Programmable ROM): possono essere scritte una volta sola dall'utente attraverso una particolare apparecchiatura detta programmatore di PROM

Memorie a semiconduttore di tipo PROM

EPROM (Erasable Programmable ROM)

- come la PROM, può essere programmata dall'utente
- può essere cancellata tramite esposizione ai raggi ultravioletti
- per questo motivo, i contenitori di EPROM hanno sempre una finestrella che lascia vedere il chip

OTP ROM (One Time Programmable ROM)

- identiche alle EPROM, ma prive della finestrella trasparente (per produzioni in serie)

EEPROM o E2PROM (Electrically Erasable Programmable ROM)

- come la EPROM, ma anche la cancellazione viene effettuata con segnali elettrici

Memorie a semiconduttore di tipo PROM

EAROM (Electrically Alterable ROM)

- alterabili elettricamente
- non è più necessaria la cancellazione di tutto il contenuto della memoria quando si vogliono modificare anche solo poche celle

FLASH

- offrono significativi vantaggi rispetto alle EPROM
- utilizzano una tecnica di cancellazione tramite impulsi elettrici, al posto della radiazione UV
- permettono cancellazioni parziali, direttamente sulla scheda e rapide

Memorie a supporto magnetico

- i bistabili sono costituiti da areole di materiale ferromagnetico (ossido di ferro)
- il materiale è depositato su un supporto plastico o ceramico
- viene portato in movimento sotto un dispositivo elettromagnetico (testina di lettura/scrittura)

Memorie a supporto magnetico

- i due stati stabili corrispondono ai due sensi di magnetizzazione di tale materiale, nella direzione di traslazione del supporto rispetto alla testina
- la magnetizzazione delle diverse areole si ottiene forzando una corrente positiva o negativa nella spira avvolta intorno alla testina orientando nel verso desiderato le singole areole
- la rivelazione dello stato di magnetizzazione (lettura) si effettua sfruttando la tensione che si manifesta nella spira a seguito del passaggio, sotto la testina, di areole polarizzate nei due sensi

Memorie a supporto magnetico

- all'interno di questo filone tecnologico, il progresso è stato senza soste
- si è passati dalla memorizzazione di decine di bit per millimetro quadro a svariate decine di migliaia
- ciò è stato ottenuto riducendo alcuni fattori geometrici, i cui valori sono ormai dell'ordine di frazioni di micron:
 - lo spessore dello strato magnetico
 - le dimensioni della testina di lettura/scrittura
 - la distanza fra testina e superficie magnetica
- la tecnologia attuale può essere ulteriormente migliorata, ma si è ormai vicini ai limiti intrinseci di fattibilità
- c'è un forte stimolo a realizzare nuove memorie basate su principi fisici completamente diversi

Memorie a supporto magnetico

caratteristiche comuni dei dispositivi di memorizzazione a supporto magnetico sono:

- l'elevata quantità di informazione immagazzinabile (da Mbyte a Gbyte)
- la permanenza dell'informazione anche in assenza di alimentazione

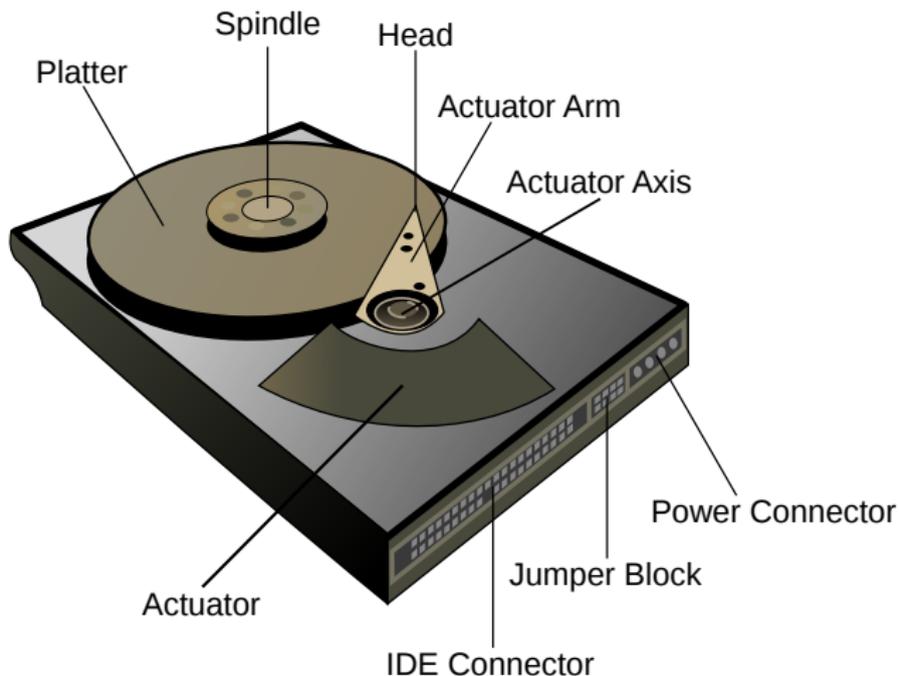
ciò che differenzia i diversi dispositivi è essenzialmente la forma della struttura sulla quale viene depositato il materiale ferromagnetico; esistono infatti:

- tamburi
- dischi rigidi o flessibili (hard disk o floppy disk)
- nastri

Memorie a supporto magnetico: tamburi

- il materiale magnetico è deposto sulla superficie di un cilindro, tenuto in rotazione a velocità costante attorno al proprio asse
- la superficie è suddivisa in anelli adiacenti (tracce), che possono avere una propria testina, oppure condividere un'unica testina, posizionabile su ciascuna traccia mediante scorrimento in direzione assiale lungo la superficie del cilindro
- sono attualmente poco usati a causa del rapporto poco favorevole fra il numero di parole memorizzabile e dimensioni del dispositivo

Memorie a supporto magnetico: hard disk



Memorie a supporto magnetico: hard disk

- il materiale (2-3 micron di spessore) è deposto sulle superfici di un disco (di alluminio), tenuto in rotazione a velocità costante attorno al proprio asse
- ogni superficie è suddivisa in tracce costituite da corone circolari concentriche, che possono condividere un'unica testina, o disporre di proprie testine dedicate
- le testine sono mantenute a pochi micron di distanza dal disco

Memorie a supporto magnetico: hard disk

- i dischi fissi a testine sono più veloci, ma sono molto costosi ed il disco non può essere asportato ed essere sostituito
- sono più diffusi i dischi fissi a testine mobili e sigillati insieme alle testine in un unico contenitore ermetico (Winchester)
- un'unità a disco può essere costituita da un solo disco o da più dischi coassiali

Memorie a supporto magnetico: hard disk

parametri tipici:

- densità lineare di memorizzazione: > 500.000 bit/pollice
- numero di tracce per pollice: > 10.000
- velocità di rotazione: da 7200 a 15.000 rpm (giri/minuto)
- velocità di spostamento del braccio: 30 ms attraverso tutte le tracce
- velocità di trasferimento: 10 - 60 MByte/secondo
- capacità di memorizzazione: 20 Gbyte-Terabyte

Memorie a supporto magnetico: hard disk

memorie RAID (Redundant Array of Independent Disks):

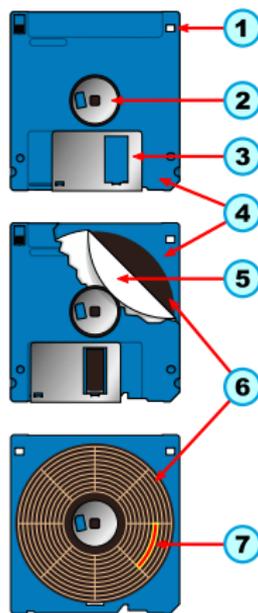
- insieme di dischi rigidi a basso costo collegati tra di loro
- servono per proteggere i dati in caso di malfunzionamento di un disco rigido
- insieme di dischi visto come un unico disco
- dati distribuiti su più di un disco (ridondanza)
- dati recuperati in caso di guasti

Memorie a supporto magnetico: floppy disk



- analoghi ai dischi rigidi
- il supporto in tal caso è flessibile
- possono essere estratti dal dispositivo di memorizzazione (drive) in modo da poter trasferire le informazioni tra diversi calcolatori mediante trasporto di dischi magnetizzati

Memorie a supporto magnetico: floppy disk



- ① foro che indica un disco a alta capacità
- ② l'ncastro per l'azionamento
- ③ portello per proteggere la superficie quando il floppy non è nel drive
- ④ alloggiamento in plastica
- ⑤ lamina di poliestere per ridurre l'attrito durante la rotazione
- ⑥ il disco in plastica ricoperto di materiale ferromagnetico
- ⑦ rappresentazione schematica di un settore del disco

Memorie a supporto magnetico: floppy disk

- i floppy disk sono normalmente fermi
- il tempo di accesso alle informazioni (circa 0.1 s) è più lungo rispetto a quello dei dischi rigidi (dato dal tempo di posizionamento della testina più il tempo necessario a raggiungere l'informazione)
- i più diffusi, anche se ormai obsoleti, sono da 3.5 pollici (capacità di 720 KByte o 1.44 MByte)
- in precedenza si usavano anche da 5.25 pollici (capacità di 360 KByte o 1.2 MByte) o da 8 pollici (capacità da 128 o 256 Kbyte)

Memorie a dischi ottici

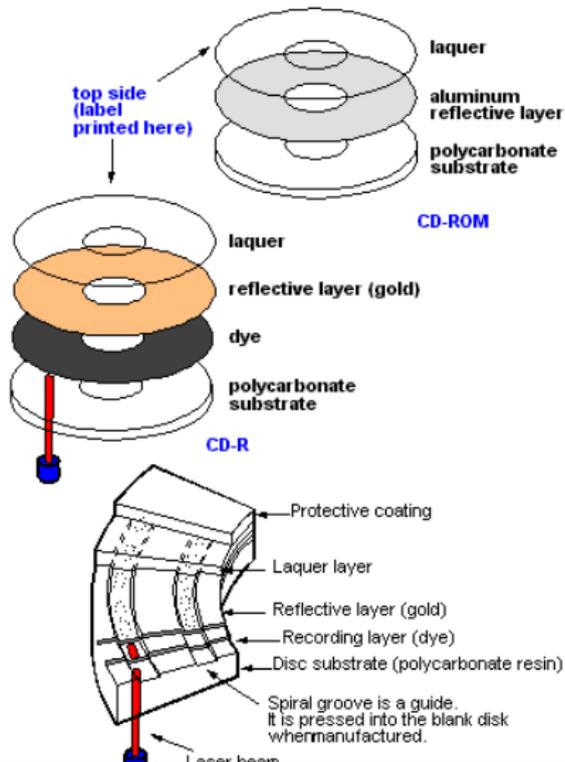
- sono particolarmente interessanti per le caratteristiche di affidabilità, economicità e capacità
- derivate dai CD (compact Disk) per riproduzioni audio
- la struttura meccanica di supporto è un disco di materiale plastico
- sono basate su bistabili costituiti da deformazioni permanenti (buchi o pit) apportate durante la fase di scrittura alla struttura meccanica di supporto

From Computer Desktop Encyclopedia
© 2005 The Computer Language Company Inc.



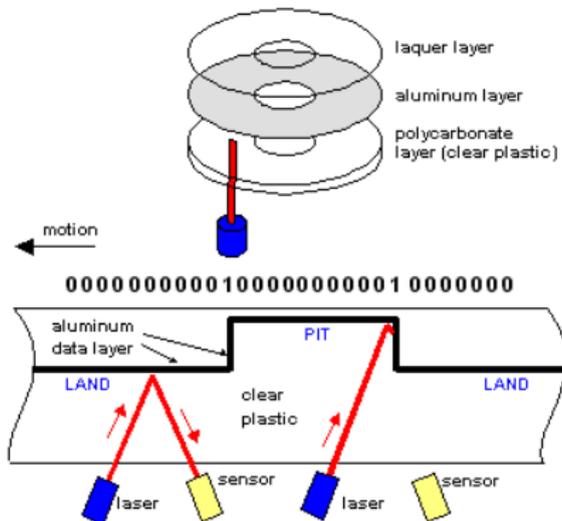
Memorie a dischi ottici

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co. Inc.



Memorie a dischi ottici

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co., Inc.



Memorie a dischi ottici

- un raggio di luce, generato da un laser per garantire la dimensione limitata richiesta, colpisce la superficie del disco
- in assenza di deformazioni della superficie, una percentuale considerevole dell'energia incidente viene riflessa verso il fotorivelatore
- al contrario, la presenza di una deformazione provoca una dispersione di energia luminosa che solo in piccola parte raggiunge il fotorivelatore
- le variazioni di tensione di tale dispositivo consentono di ricostruire l'informazione presente sul disco
- come le ROM sono memorie a sola lettura che mantengono l'informazione senza possibilità di cancellazione o riscrittura

Memorie a dischi ottici: WORM

- WORM: Write Once Read Many
- le unità sono dotate della possibilità di alterare la superficie dei dischi
- il laser di scrittura ha potenza molto superiore a quello di lettura
- la scrittura consente all'utente di memorizzare in modo permanente informazioni destinate a successive consultazioni
- sulla superficie del disco è presente un'unica traccia, avvolta a spirale
- è un dispositivo ad elevata capacità: oltre 1/2 Gbyte su un disco di 5 pollici di diametro
- i tempi di accesso sono relativamente lunghi (fino a 1 secondo)
- può permettere di archiviare periodicamente tutte le informazioni disponibili sul calcolatore e avere a

CD riscrivibili: CD-RW

CD-ReWritable detto anche CD-E (Erasable)

- cancellabili e riscrivibili
- usano la tecnologia del phase-change
- usati per prototipi di CD-ROM e archiviazione dati

dischi a variazione di fase (phase-change):

- sandwich di policarbonato e tellurio o selenio
- bit scritto come spot usando un laser da 8 mW oppure da 18 mW
- lettura tramite un laser di minore potenza
- riscrivibile direttamente
- ogni spot può essere in stato amorfo o cristallino

Formato dei DVD

- Digital Video Disk (Digital Versatile Disk)
- stesso diametro del CD-ROM, ma molto più capiente
- capacità di un DVD-ROM: da 4.7 GB (singola faccia singolo strato) a 17 GB (doppia faccia doppio strato)