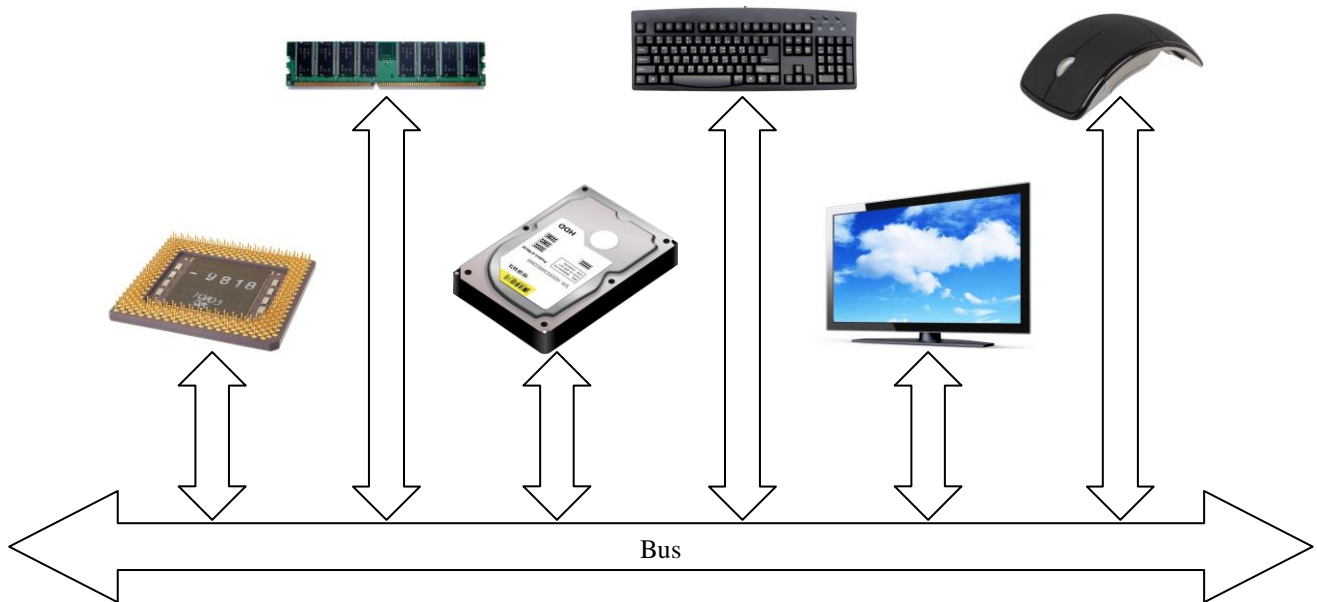


# Architettura del calcolatore e delle sue periferiche

# Organizzazione di un calcolatore

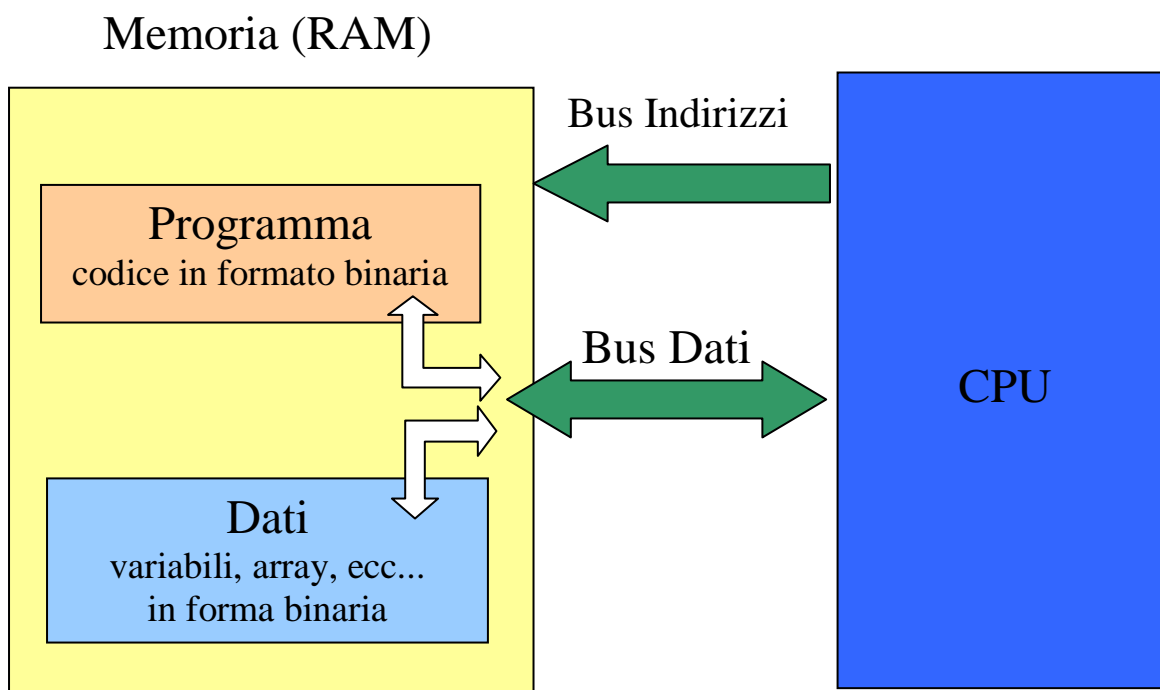
Un calcolatore digitale è un sistema composto da **processori**, **memorie** e **dispositivi di input/output (I/O)** collegati tra loro.



- Questa organizzazione (con l'unica differenza del bus) è uguale a quella della macchina di Von Neumann
- Questa organizzazione è detta "*bus oriented*". Un bus è un insieme di connessioni elettriche (fili) parallele utilizzati per trasportare tutte le informazioni da un componente all'altro.
- Il numero di bus, di processori e di memorie può variare.

**ATTENZIONE:** questa organizzazione è la più utilizzata ma non l'unica

# L'architettura di Von Neumann



La grande intuizione di Von Neumann, che oggi appare una cosa ovvia, fu quella di utilizzare la memoria non solo per i dati **ma anche per i programmi**. In questo modo i programmi (su schede perforate) potevano essere caricati in memoria con un lettore di schede evitando complesse e dispendiose configurazioni/programmazioni con interruttori e cavi.

**Programmi e Dati** al tempo di esecuzione sono caricati in memoria (codificati in forma binaria).

Programmi e dati sono **trasferiti entrambi attraverso il bus dati**. Il Bus indirizzi è utilizzato dalla CPU per indicare alla memoria le locazioni dove risiedono le informazioni da trasferire.

# La CPU

Il compito della **CPU** è quello di eseguire i programmi immagazzinati nella memoria centrale leggendo le loro istruzioni ed eseguendole in sequenza.

Una CPU è composta da:

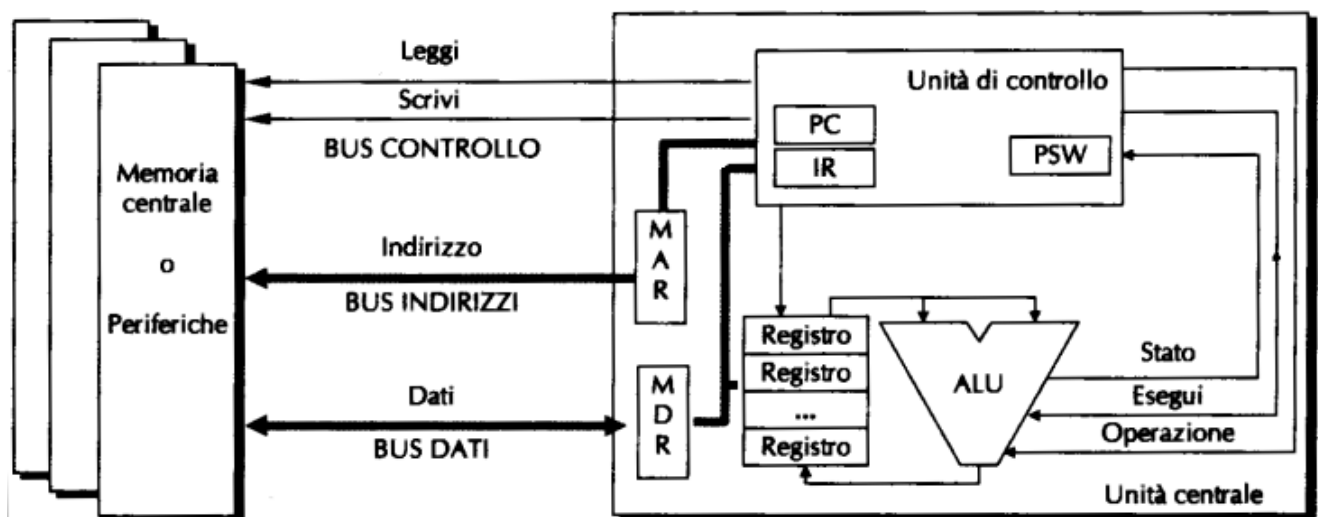
**Unità di controllo:** legge le istruzioni dalla memoria centrale e ne determina il tipo.

**ALU:** esegue le operazioni necessarie all'esecuzione delle istruzioni (AND, OR, addizione binaria).

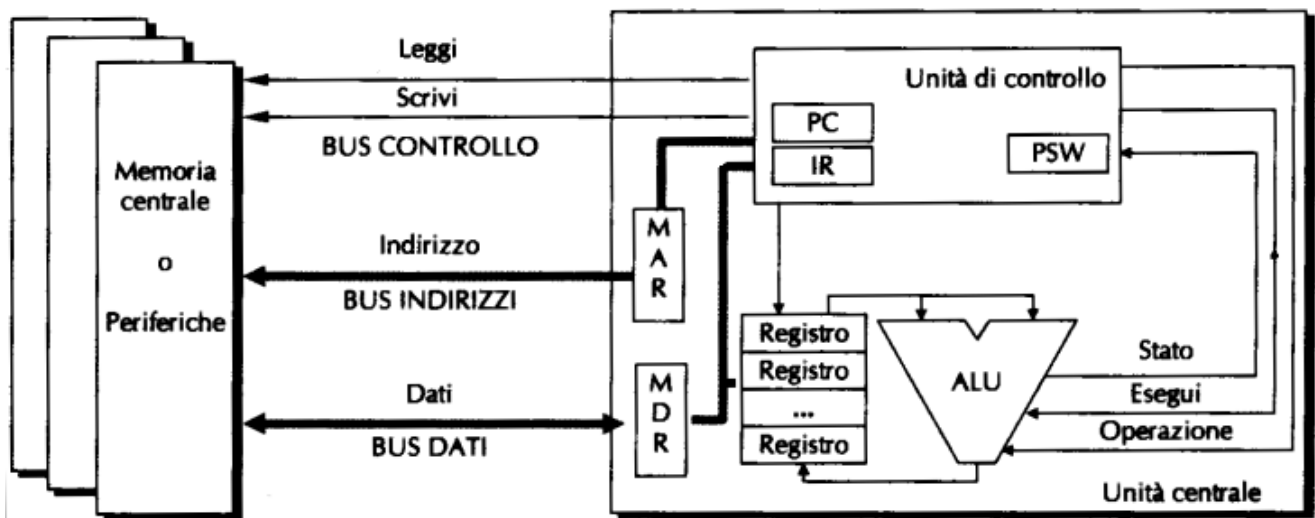
**Registri:** sono una piccola memoria ad alta velocità utilizzata per memorizzare i risultati temporanei e le informazioni di controllo necessarie al funzionamento dell'ALU. I registri risiedono **all'interno** della CPU.

- Normalmente i registri hanno tutti le stesse dimensioni, alcuni vengono utilizzati per compiti specifici altri sono general purpose.
- Il registro più importante è il **Program Counter (PC)** che indica la prossima istruzione da eseguire.
- L'**Instruction Register (IR)** è il registro che memorizza l'istruzione che si sta per eseguire.

All'interno della CPU i vari componenti sono a loro volta collegati tramite diversi bus.

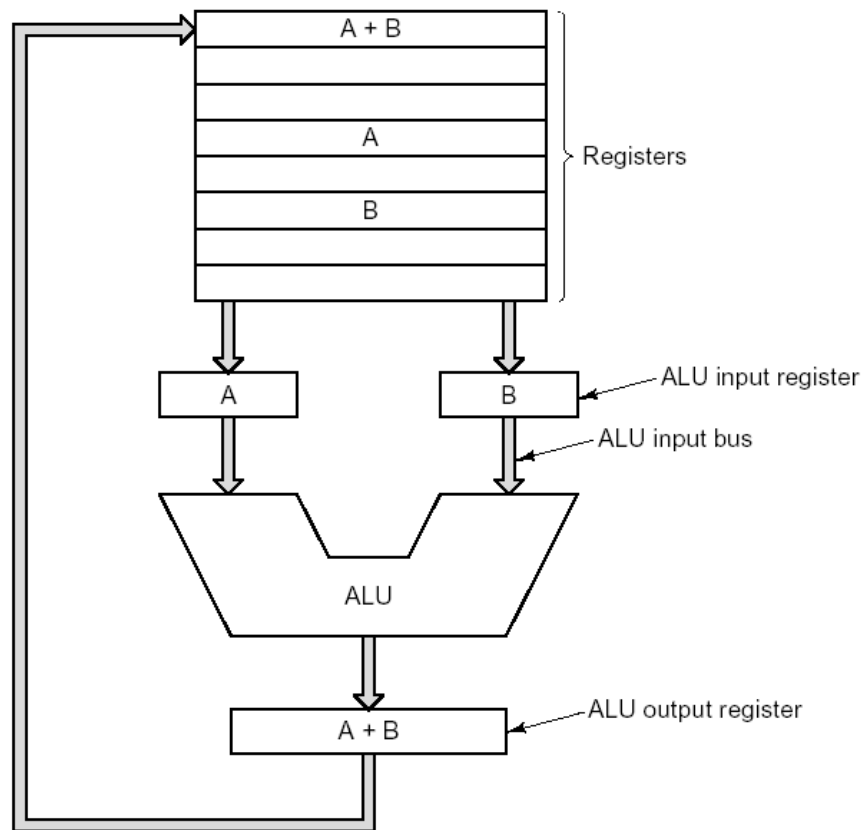


# Esempio: esecuzione di una istruzione



- 1) la **CPU** mette il valore di PC (indirizzo della prossima istruzione da leggere dalla memoria) su MAR e attiva la linea Leggi;
- 2) la **memoria** attraverso il bus indirizzi accede a MAR e, una volta reperito quanto richiesto, lo scrive su MDR attraverso il bus dati;
- 3) la **CPU** copia su IR il valore di MDR e decodifica l'istruzione;
- 4) l'istruzione passa in esecuzione sulla ALU;
- 5) se l'istruzione prevede la lettura di operandi dalla memoria, questi devono essere caricati sui registri; per ciascun operando da reperire:
  - 5.1) la **CPU** mette l'indirizzo dell'operando su MAR e attiva la linea Leggi;
  - 5.2) la **memoria** attraverso il bus indirizzi accede a MAR e, una volta reperito quanto richiesto, lo scrive su MDR attraverso il bus dati;
  - 5.3) la **CPU** copia sul registro destinazione il valore dell'operando che è in MDR;
- 6) terminata l'esecuzione la **CPU** copia sul registro destinazione il valore prodotto dalla ALU; se è prevista scrittura in memoria del valore calcolato:
  - 6.1) la **CPU** mette l'indirizzo della cella di destinazione su MAR e il risultato su MDR e attiva la linea Scrivi;
  - 6.2) la **memoria** attraverso il bus indirizzi accede a MAR, attraverso il bus dati a MDR e, una volta reperito il valore in MDR, lo scrive sulla propria cella interna indicata da MAR;
- 7) Si ritorna al punto 1 dopo aver aggiornato il valore di PC (prossima istruzione da eseguire).

# Il Data Path



In figura è rappresentato il classico **data path** per una CPU di Von Neumann. Il data path comprende l'ALU e i registri.

Il passaggio di due operandi attraverso la ALU e la memorizzazione del risultato in un nuovo registro viene detto **ciclo di data path**..

**Ogni istruzione ISA (assembly) viene eseguita in uno o più cicli di data-path**; diversi cicli sono necessari per istruzioni complesse (es. **divisione**).

In architetture non parallele il ciclo di data path corrisponde al **ciclo di clock** (misurato in nanosecondi) ossia l'intervallo di tempo utilizzato per sincronizzare le diverse operazioni del processore.

La **velocità** con cui viene compiuto un ciclo di data-path contribuisce significativamente a determinare la velocità della CPU.

# Velocità della CPU

**durata ciclo di data path = durata ciclo di clock =  $1/F$**

(dove F è la frequenza di lavoro della CPU)

**durata istruzione ISA =  $n \times$  durata ciclo di data path**

(con n variabile da istruzione a istruzione ma anche da architettura ad architettura)

**Istruzioni ISA per secondo =  $1/\text{durata istruzione ISA} = F / n$**

CPU	Anno	Frequenza	Bus	Registri	Transistor	Memoria
4004	1971	740 KHz	4 bit	4/8 bit	2.300 (10 $\mu$ )	1/4 Kb
8008	1972	200 KHz	8 bit	8 bit	3.500 (10 $\mu$ )	16 Kb
8080	1974	2 MHz	8 bit	8 bit	6.000 (6 $\mu$ )	64 Kb
8086	1978	5-10 MHz	16 bit	8/16 bit	29.000 (3 $\mu$ )	1 Mb
80286	1982	6-12.5 MHz	16 bit	16 bit	134.000 (1,5 $\mu$ )	16 Mb
Intel386	1985	16-33 MHz	32 bit	32 bit	275.000 (1 $\mu$ )	4 Gb
Intel486	1989	25-50 MHz	32 bit	32 bit	1,2 milioni (0,8-1 $\mu$ )	4 Gb
Pentium	1993	60-66 MHz	64 bit	32 bit	3,1 milioni (0,8 $\mu$ )	4 Gb
Pentium Pro	1995	150-200 MHz	64 bit	32 bit	5,5 milioni (0,35 $\mu$ )	64 Gb
Pentium II	1997	200-300 MHz	64 bit	32 bit	7,5 milioni (0,35 $\mu$ )	64 Gb
Pentium III	1999	0.65-1.2 GHz	64 bit	32 bit	9,5 milioni (0,25 $\mu$ )	64 Gb
Pentium 4	2000	1,3-3,8 GHz	64 bit	32 bit	42 mil. (0,13-0,18 $\mu$ )	64 Gb
Itanium	2001	733-800 MHz	64 bit	64 bit	25 milioni (0,18 $\mu$ )	16 Tb

Nel 2017 CPU top di gamma Intel (Core i7) operano a frequenza intorno a 4,3 GHz.

# Esecuzione delle istruzioni

La CPU opera in modo ciclico, ripetendo le seguenti operazioni fino al termine dell'esecuzione del programma:

- **Caricamento (Fetch)**: acquisizione dalla memoria di un'istruzione del programma.
- **Decodifica (Decode)**: identificazione del tipo di operazione da eseguire.
- **Esecuzione (Execute)**: effettuazione delle operazioni corrispondenti all'istruzione.

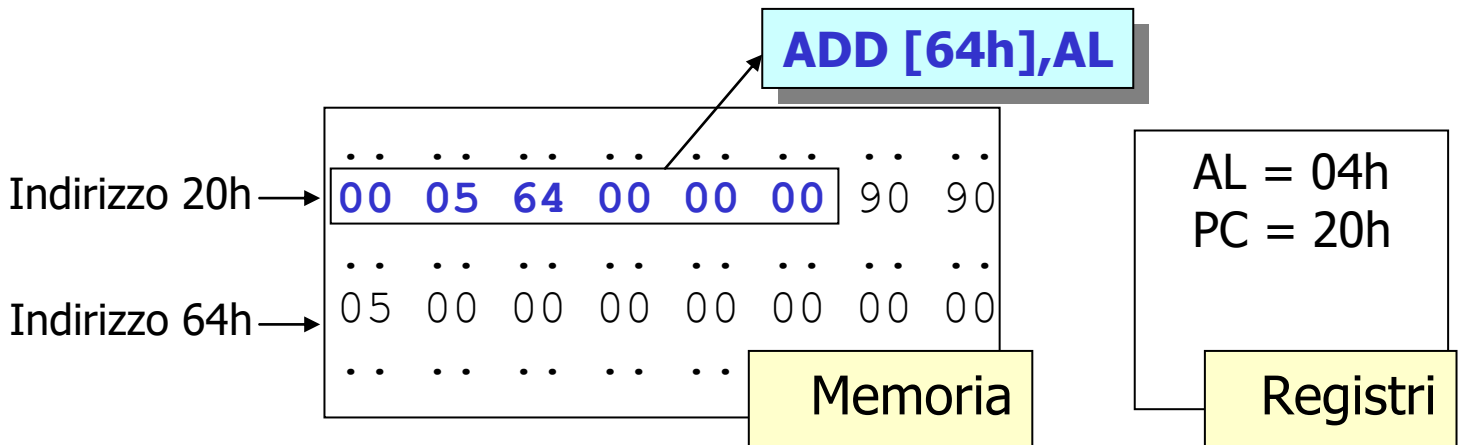
Più in dettaglio, l'esecuzione di ogni istruzione da parte della CPU richiede una serie di passi che, in linea di massima, possono essere così riassunti:

- |  |
|--|
| 1) Leggi l'istruzione seguente dalla memoria e mettila nel IR                                    |
| 2) Incrementa il PC per indicare l'istruzione seguente   |
| 3) Decodifica l'istruzione appena letta  |
| 4) Se l'istruzione utilizza degli operandi (parole) determina dove si trovano (memoria/registri) |
| 5) Se necessario metti gli operandi in registri della CPU  |
| 6) Esegui l'istruzione   |
| 7) Salva il risultato in un registro   |
| 8) Torna al punto 1  |

A sua volta il punto (6) può richiedere un insieme di sotto-passi a seconda della complessità dell'Instruction Set. La traduzione di una istruzione nei suoi passi elementari è effettuata da un **interprete** (microprogramma).



# Esempio: somma di 2 elementi



## Fetch:

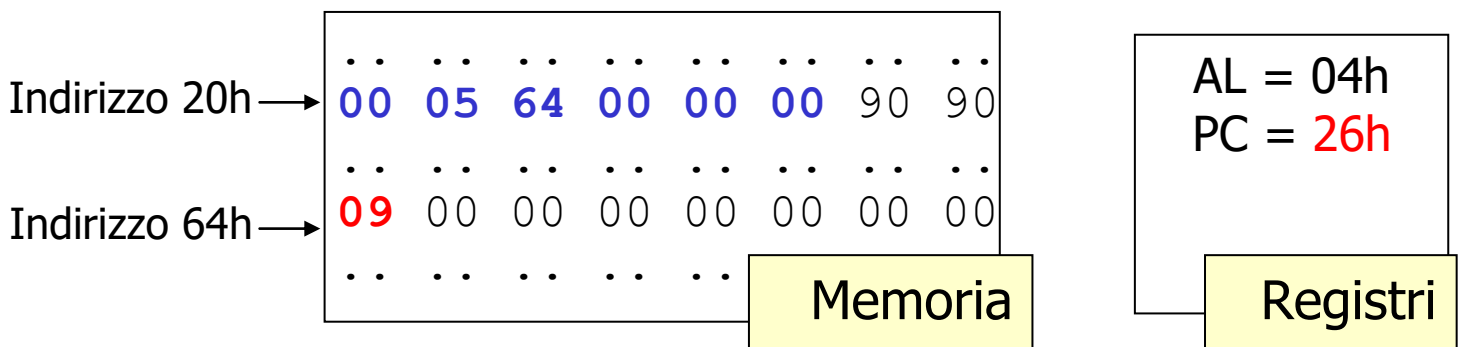
viene letta in IR la sequenza 00 05 64 00 00 00 dalla memoria all'indirizzo correntemente puntato da PC (20h); PC viene incrementato.

## Decode:

la sequenza 00 05 64 00 00 00 viene decodificata in **ADD [64h], AL**

## Execute:

viene recuperato dalla memoria il contenuto all'indirizzo 64h; questo viene sommato con il valore di AL e nuovamente scritto all'indirizzo 64h. L'operazione richiede sicuramente più cicli di data-path, se non altro per la necessità di recuperare operandi dalla memoria.



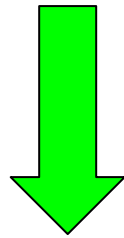
# Esempio nell'ambiente Visual Studio (1)

## ... vedere il programma in memoria

Un frammento di codice assembler, la sua codifica binaria (esadecimale) e caricamento in memoria per l'esecuzione.

```
void main(void)
{
    __asm {
        MOV AL,0x04
        MOV BL,0x02
        ADD BL,AL
    }
}
```

*Sorgente (Assembler inline)*



*Compilazione (in questo caso assembling) ed esecuzione*

```
5:
6:    __asm {
7:
8:    00401028 mov
9:    0040102A mov
10:   0040102C add
11:   }
```

```
MOV AL,0x04
MOV BL,0x02
ADD BL,AL
```

*ecco il frammento di programma in memoria*

*indirizzi di memoria dove è caricato il programma durante l'esecuzione*

Memory			
Address:		0x00401026	
00401026	F3 AB	ó«	
00401028	B0 04	*.	
0040102A	B3 02	>.	
0040102C	02 D8	.0	
0040102E	5F 5E	^	
00401030	5B 83	[!	
00401032	C4 40	A@	
00401034	3B EC	;i	
00401036	E8 15	è.	

## Esempio nell'ambiente Visual Studio (2)

### ... vedere i dati in memoria

Un frammento di codice assembler e l'allocazione in memoria dei propri dati (var1 e var2) al termine dell'esecuzione:

```
void main(void)
{
    BYTE var1,var2;
    var1=10;

    __asm {
        MOV AL,var1
        INC AL
        MOV var2,AL
    }
}
```

*Sorgente (Assembler inline)*

Name	Value
var1	10
var2	11
&var1	0x0012ff7c
&var2	0x0012ff78

*var2 (esadecimale)*

Memory					
Address: 0x0012ff78					
0012FF78	0B	CC	CC	CC	.iii
0012FF7C	0A	CC	CC	CC	.iii
0012FF80	C4	FF	12	00	Äy..
0012FF84	79	11	40	00	y. @.
0012FF88	01	00	00	00	....
0012FF8C	90	0E	43	00	..C.

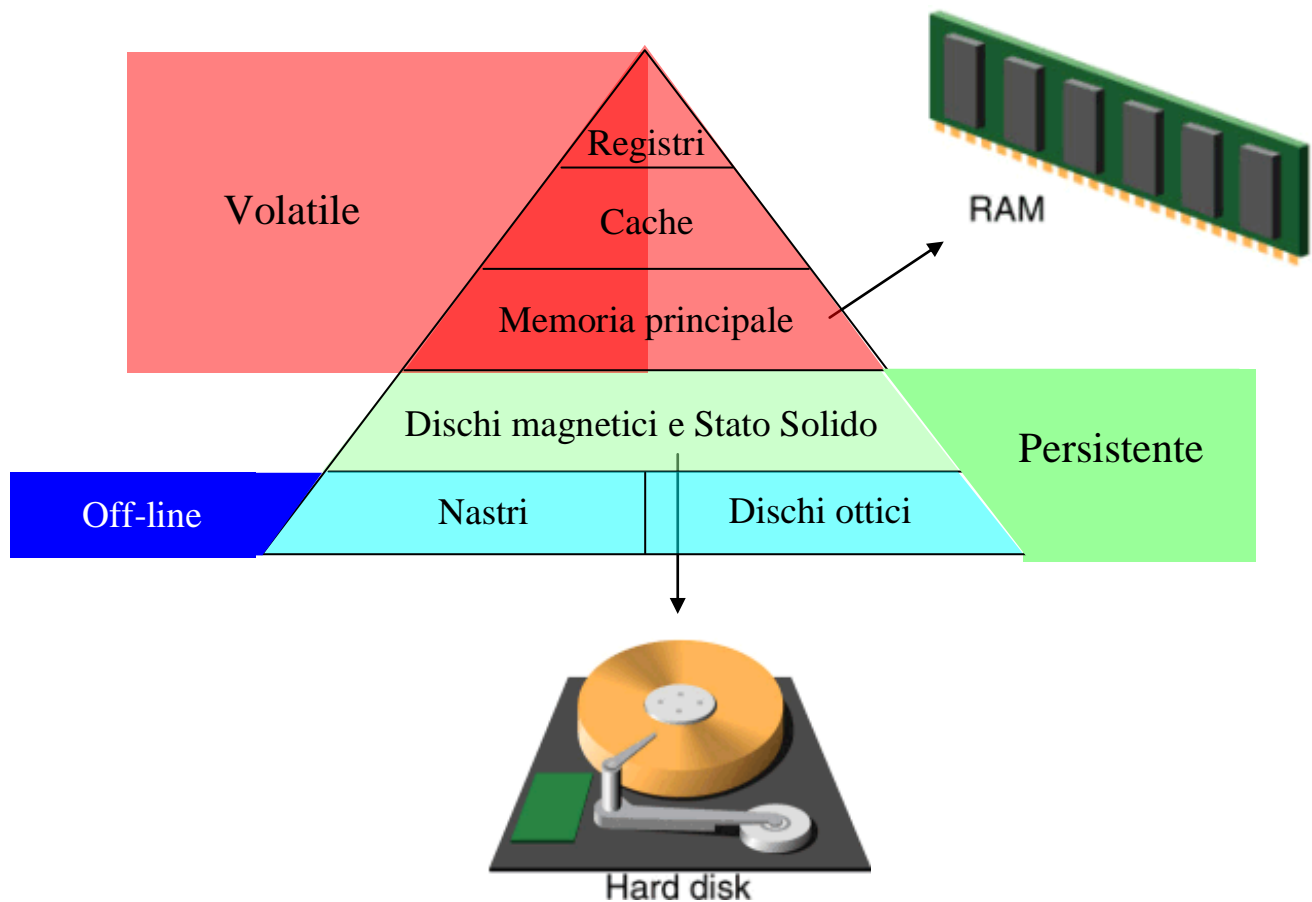
*& = operatore "C" che ritorna l'indirizzo di una variabile*

*var1 (esadecimale)*

# Le memorie

Le **memorie** sono le componenti del calcolatore in grado di memorizzare le informazioni: dati, programmi e risultati indispensabili per il suo funzionamento.

Ogni calcolatore utilizza tipi di memoria diversi per scopi diversi:



- **Volatile:** l'informazione rimane memorizzata fino a che il calcolatore è alimentato
- **Persistente:** l'informazione rimane memorizzata anche quando il calcolatore non è alimentato (spento)
- **On-line:** i dati sono sempre accessibili
- **Off-line:** il supporto deve essere montato per poter accedere ai dati

Il costo di memorizzazione per byte **cresce salendo** la piramide  
La dimensione delle memorie **cresce scendendo** la piramide

# Codici di correzione degli errori (1)

La memorizzazione possono occasionalmente commettere errori a causa, ad esempio, di picchi di tensione elettrica (o difetti). Questi errori possono essere prevenuti utilizzando dei codici di **correzione degli errori**.

**Distanza di Hamming:** indica il numero di bit corrispondenti che differiscono in due parole.

D. Hamming=2

10011100  
11010100

D. Hamming=4

11111110  
01100111

**Parola di codice:** indica un insieme di bit  $n$  formato da  $m$  bit di dati (parola) e  $r$  bit di controllo.

Se due parole di codice hanno distanza di Hamming  $H$ , saranno necessari  $H$  errori (cambiamenti di stato di 1 bit) per convertire una nell'altra.

Utilizzando parole di codice di lunghezza  $n$  con  $m$  bit di dati solo  $2^m$  delle  $2^n$  possibili combinazioni di bit saranno valide.

Il calcolatore identifica la presenza di un errore quando, nel leggere una parola dalla memoria, **incontra una parola di codice non valida rispetto al codice di correzione degli errori utilizzato**.

La **distanza (di Hamming) di un codice di correzione** è data dalla minima distanza tra tutte le parole di codice valide.

- Per **individuare**  $d$  errori di un bit serve un codice con distanza  $d+1$ .  
*in quanto non esiste alcun modo che consente con  $d$  errori singoli di cambiare una parola di codice in un'altra*
- Per **correggere**  $d$  errori di un bit serve un codice con distanza  $2d+1$ .  
*in quanto le parole sono abbastanza lontane per poter consentire anche nel caso di  $d$  errori di ricondursi alla parola originaria (la più vicina).*

# Codici di correzione degli errori (2)

Il più semplice codice di correzione degli errori è quello che si ottiene utilizzando un **bit di parità**.

- Ad ogni parola viene aggiunto un bit di controllo
- Il bit di controllo vale 1 se il numero di bit a 1 della parola è dispari
- Il bit di controllo vale 0 se il numero di bit a 1 della parola è pari

10001110	10001110 <b>0</b>
10001010	10001010 <b>1</b>

La distanza di Hamming di questa tecnica è 2 quindi non permetterà di correggere nessun errore e permetterà di identificare errori di un bit.

	↓ ↓	
11100111 <b>0</b>		<b>VALIDA</b>
11100101 <b>1</b>		<b>VALIDA</b>
10001110 <b>1</b>		<b>ERRORE</b>
10001010 <b>0</b>		<b>ERRORE</b>

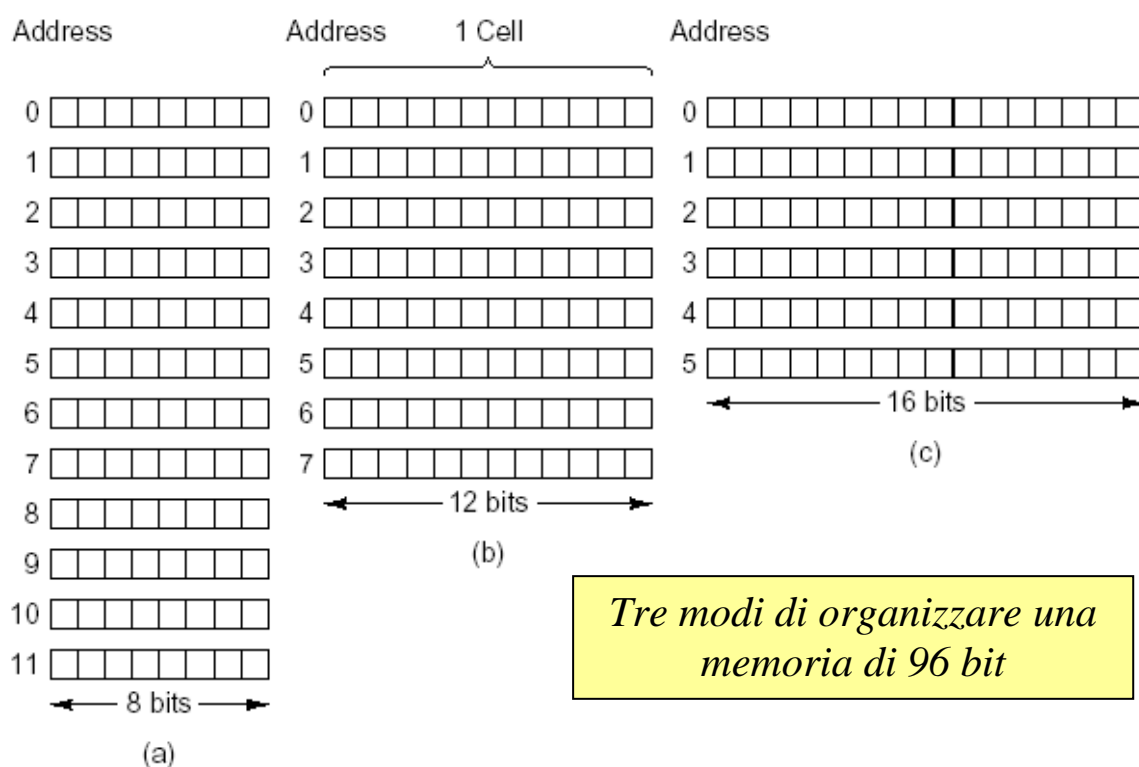
# Organizzazione della memoria

La **memoria principale** è quella parte del calcolatore preposta a immagazzinare i programmi in esecuzione e i relativi dati. La memoria principale è **volatile** ossia mantiene le informazioni sino a quando il calcolatore è alimentato.

Le memorie si compongono di un numero di celle (o locazioni) ognuna delle quali è in grado di memorizzare una parte delle informazioni. Ogni cella è associata a un numero (**indirizzo**) che la identifica univocamente.

Tutte le celle di una memoria mantengono lo stesso numero di bit. Il numero di bit associato a un indirizzo è detto **parola**. La dimensione minima per una parola è il byte (8 bit) anche se normalmente i calcolatori moderni utilizzano parole più lunghe (32-64 bit).

La dimensione della parola determina anche le dimensioni dei registri e delle istruzioni.



**Gli indirizzi di memoria sono espressi tramite numeri binari:** se un indirizzo ha  $m$  bit il numero massimo di celle indirizzabili sarà  $2^m$ .

# Assemblaggio della memoria

I chip di memoria non vengono venduti singolarmente ma sono normalmente organizzati su schede stampate. Ogni scheda contiene generalmente da 8 a 16 chip.



**SIMM** (**S**ingle **I**ncline **M**emory **M**odule): i contatti dorati (in genere 72) si trovano solo su un lato della scheda e trasferiscono 32bit per ciclo di clock. Bus dati a 32 bit. Sono oramai obsolete.

**DIMM** (**D**ual **I**ncline **M**emory **M**odule): i contatti dorati (da 168 a 288) si trovano su entrambi i lati della scheda. Bus dati a 64 bit: uso obbligato a partire dai processori Intel Pentium (bus dati 64 bit). La velocità dipende dal tipo di memoria (SDRAM, DDR, DDR-II, DDR-III, DDR4). I moduli tipici per DDR4 sono da 8-16 GB.

**SO-DIMM** (**S**mall **O**utline **D**IMM): sono DIMM a dimensioni ridotte usate in genere nei portatili.

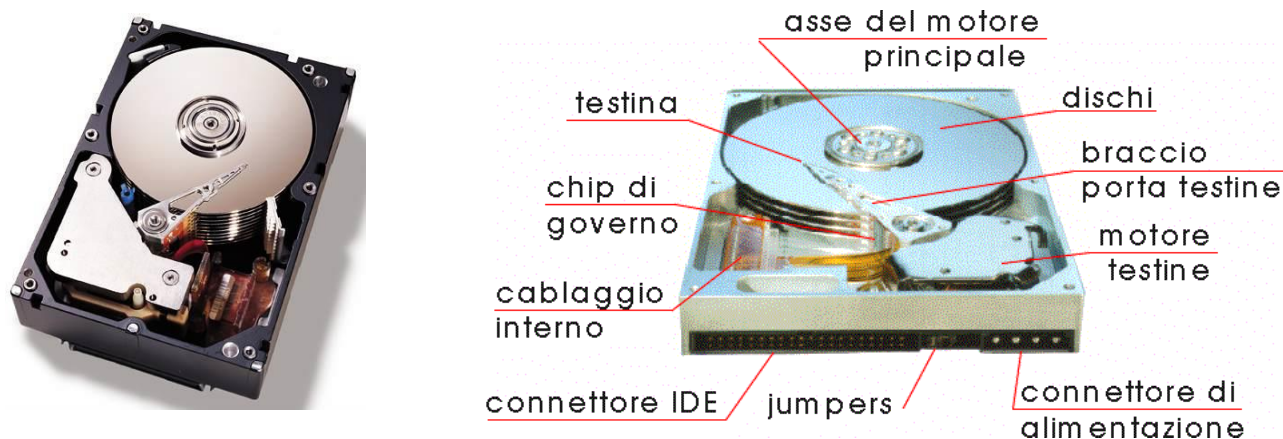
Alcune ricerche hanno dimostrato che, anche se con probabilità molto piccola (1 errore ogni 10 anni), i **raggi cosmici** possono causare errori nei singoli bit delle DRAM.

I moduli **ECC-DIMM** (**E**rror-**C**orrecting **C**ode) prevedono meccanismi di correzione errore ad esempio tramite bit di parità. Per motivi di risparmio e bassa probabilità di errore questi chip non sono presenti su calcolatori ordinari; per ovviare a questo durante l'avvio del sistema viene generalmente eseguito un test completo di lettura/scrittura.

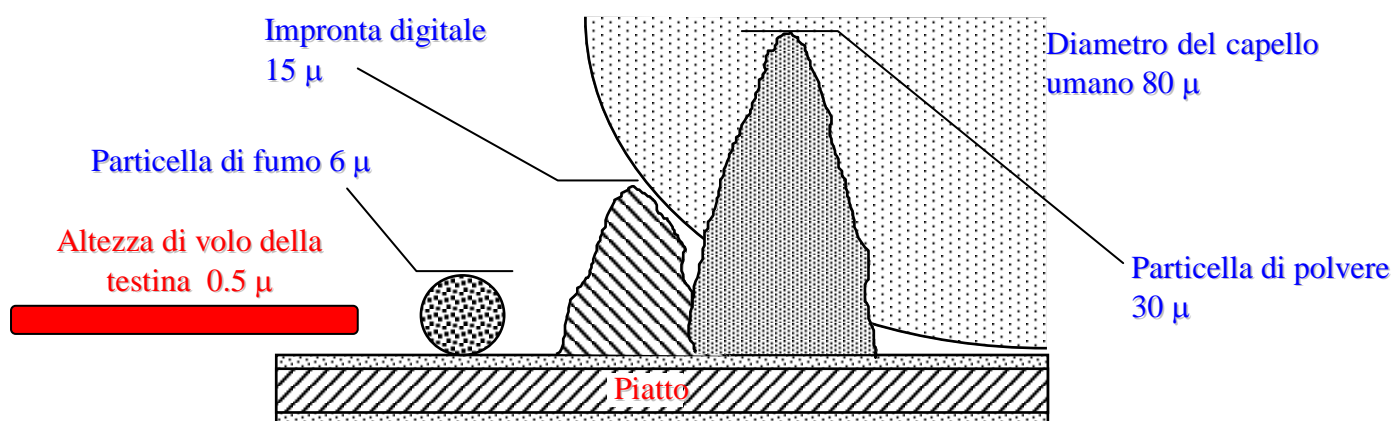


# Dischi magnetici (1)

Un **hard disk** (HD) è un dispositivo elettro-meccanico per la conservazione di informazioni sotto forma magnetica, su supporto rotante a forma di piatto su cui agiscono delle testine di lettura/scrittura.



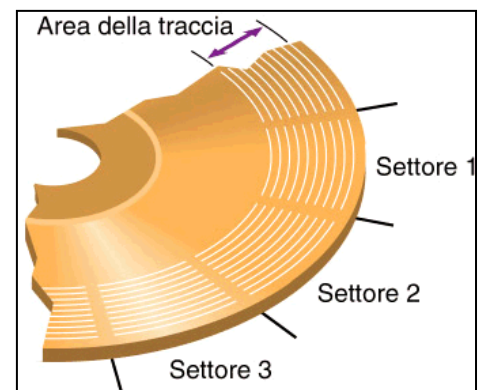
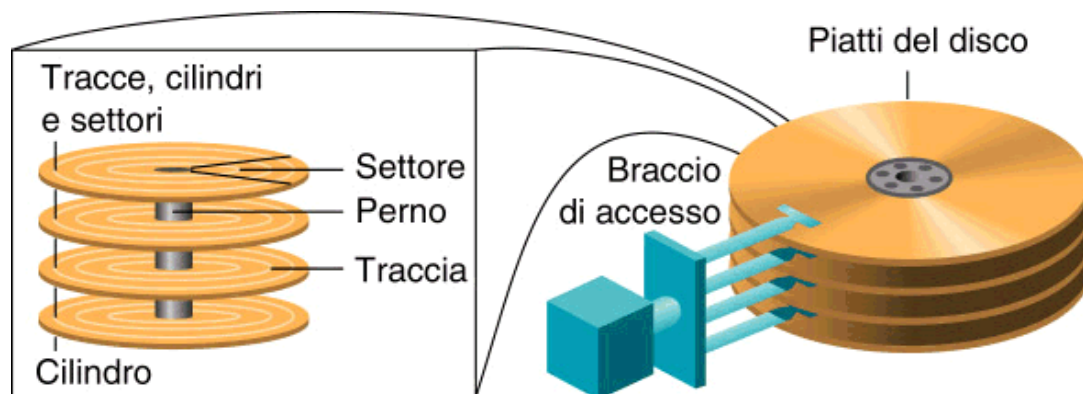
La **testina** di un disco, contenente un induttore, è sospesa sopra la superficie e viene sostenuta da un cuscino d'aria.



**Scrittura:** quando la corrente negativa o positiva passa attraverso la testina, viene magnetizzata la superficie appena sotto la testina e le particelle magnetiche si allineano verso sinistra o destra a seconda della polarizzazione della corrente.

**Lettura:** quando una testina passa sopra un'area magnetizzata viene indotta una corrente positiva o negativa nella testina e ciò permette di rileggere i bit memorizzati precedentemente.

# Dischi magnetici (2)



**Traccia:** sequenza circolare di bit

**Settore:** porzione di traccia di dimensione fissa.

Ogni settore è composto da:

- **Preambolo:** necessario alla testina per sincronizzarsi prima della lettura/scrittura.
- **Dati:** l'insieme dei byte memorizzati nel settore, normalmente 512.
- **Codice correzione errori**

**Cilindro:** insieme delle tracce in una data posizione radiale

Prima di poter leggere o scrivere la suddetta struttura (tracce, settori) deve essere creata. Questa operazione viene detta **formattazione**.

La capacità di un hard disk è in gran parte definita dalla densità di registrazione:

**Densità lineare:** è limitata dalla difficoltà di individuare le variazioni del campo magnetico sulla superficie del disco.

**Densità di area:** il primo hard disk IBM del 1956 aveva una densità d'area di circa 2 Kbits/in<sup>2</sup>. Nel 2015 si sono superati 1.3 Tbits/in<sup>2</sup>.

# Dischi magnetici (3)

Le prestazioni di un hard disk dipendono da diversi fattori.

**Seek time:** è il tempo necessario per spostare le testine sul cilindro desiderato e può essere a sua volta suddiviso in tre fasi (**speed up**, **coast** e **slow down**). I costruttori forniscono in genere:

- **Average Seek:** 8-10 ms (di solito si riferisce a letture)
- **Track-to-Track:** 1 ms
- **Full-stroke:** 15-20 ms (dalla traccia più interna alla traccia più esterna)

**Latency time:** rappresenta il tempo necessario affinché il settore interessato all'operazione passi sotto la testina. Questo fattore è definito dalla velocità di rotazione del disco che varia da 3600 a 15.000 RPM (rotazioni per minuto)

RPM	Caso peggiore ms (un giro intero)	Caso medio ms (½ giro)
3.600	16.7	8.3
4.200	14.2	7.1
5.200	11.5	5.8
7.200	8.3	4.2
10.000	6.0	3.0
15.000	4.0	2.0

Con i tempi di trasferimento tipici della tecnologia attuale (**100..300 MB/sec** nel 2017) un settore di 512 byte richiede pochi  $\mu$ sec. Il tempo di seek e di latency caratterizzano quindi fortemente le prestazioni dell'hard disk.

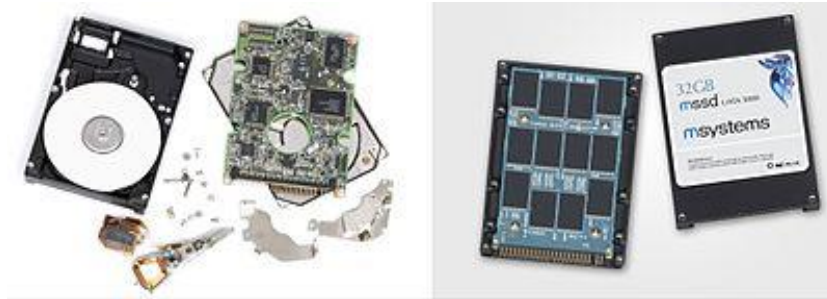
I tempi si riducono drasticamente leggendo/scrivendo più settori contigui.

Mentre la **capacità dei dischi continua ad aumentare costantemente** (nel 2017 sono disponibili dischi da 12 Terabyte), il **tempo impiegato per la lettura di un intero disco tende a peggiorare**. In generale la crescita del settore è molto più lenta rispetto a quella delle CPU.

# Unità allo stato solido: SSD

Si tratta di dispositivi completamente elettronici, normalmente basati su **memorie flash** (NAND), e senza nessuna parte in movimento.

La comune denominazione **disco** allo stato solido è pertanto inadeguata.



## Pro (al 2017):

- **tempo di accesso (seek) ridotto**: in genere inferiore a 100 microsecondi, ovvero 50-100 volte inferiore ai 5..10 millisecondi di HD magnetici;
- **maggiore velocità trasferimento dati**: rispetto ai 100-300 MB/sec di un HD magnetico → 100..600 MB/sec per modelli consumer e oltre 6 GB/sec per modelli enterprise;
- **minore possibilità di rottura e maggiore durata**: le unità a stato solido hanno mediamente un tasso di rottura inferiore a quelli degli hard disk;
- **rumorosità assente** e minore produzione di calore;
- **minori consumi** durante le operazioni di lettura e scrittura (meno di 1/2);
- **maggiore resistenza** agli urti.

## Contro (al 2017):

- **un maggiore prezzo per bit**: pari a circa dieci volte il costo di un disco rigido tradizionale (US\$0.23 per GB contro US\$0.03 per GB);
- **una possibile minore durata dell'unità se usata per frequenti scritture**: il numero massimo di riscritture dello stesso bit può andare da 3.000 a 100.000 cicli, a seconda del tipo di flash; i costruttori garantiscono, per ogni modello, un certo numero di TBW (Total Bytes Written), ad esempio 2400TB per un SSD da 4TB.

# Dischi magnetici: interfacce

Esistono diversi tipi di interfacce di trasferimento dati (implementate sui controller integrati nel disco) tra hard-disk e bus:

**IDE** (**I**ntegrated **D**rive **E**lectronics): oramai obsoleta è stata la tecnologia più utilizzata negli anni '80. Il controllore, integrato nel dispositivo, indirizza i settori indicando il numero di testina (4 bit), settore (6 bit) e cilindro (10 bit). Questa soluzione limita la dimensione dello spazio indirizzabile: **504 MB** con settori da 512 byte. *1 MB sarebbero stati 512 se non si fosse commesso l'errore di numerare i settori a partire da 1 invece che da 0.*

**EIDE** (**E**xtended **IDE**): supporta un diverso schema di indirizzamento chiamato **LBA** (Logical Block Addressing) che numera i settori da 0 a  $2^{28}-1$ . Sebbene sia necessario rimappare gli indirizzi in termini di settori, cilindri e testine permette di aumentare notevolmente lo spazio indirizzabile fino a **128 GB** =  $2^{28} \times 2^9$  (settori da 512 byte). Questo standard migliora IDE anche sotto altri punti di vista, i controller EIDE: possono pilotare fino a quattro unità (due per canale: uno master e uno slave), possono controllare anche i CD ROM e hanno una velocità di trasferimento maggiore (fino a 16.67 MB/sec).

Evoluzioni di EIDE:

## **ATA-3**

**ATAPI-4:** fino a 33 MB/sec.

**ATAPI-5:** fino a 66 MB/sec, ma sempre con il limite dei 128 GB

**ATAPI-6:** fino a 100 MB/sec; gli indirizzi **LBA** passano a **48 bit**, capacità massima di  $2^{48} \times 2^9$ , stimando una crescita di capacità del 50% all'anno, sufficienti per circa 2035 anni.

**ATAPI-7:** meglio noto come **serial ATA** rappresenta una **rottura radicale** col passato: si passa infatti da un trasferimento parallelo di 16 o 32 bit per volta (resa possibile da cavi piatti a 40 o 80 fili) al **trasferimento seriale di 1 bit per volta su un connettore a 7 fili.**



# Dischi magnetici: interfacce (2)

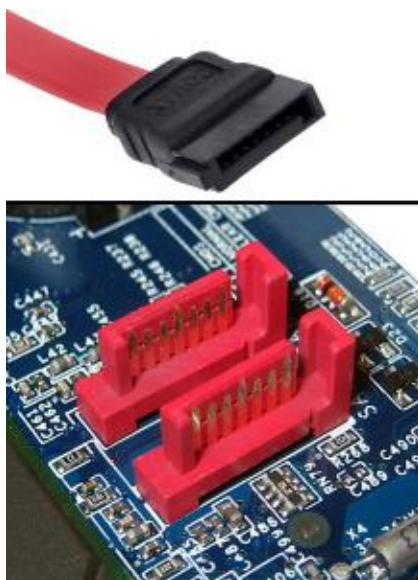
**Serial ATA** (denominato anche **SATA**) è una vera e propria rivoluzione in quanto consente:

- una velocità che parte (2002) da **150 MB/sec** e che nella versione 3.0 (2009) arriva a **600 MB/sec**!

Tipo	Prestazioni teoriche	Prestazioni effettive
SATA 1.0	1,5 Gbit/s (192 MB/s)	1,2 Gbit/s (150 MB/s)
SATA 2.0	3 Gbit/s (384 MB/s)	2,4 Gbit/s (300 MB/s)
SATA 3.0	6 Gbit/s (768 MB/s)	4,8 Gbit/s (600 MB/s)

2013: SATA revision **3.2** (SATA Express: supporta SDD PCI Express) - 16 Gbit/s, 1969 MB/s

- una diminuzione di costo per i cavi
- una migliore ventilazione del PC e semplicità di montaggio
- una riduzione dei consumi
- **l'hot-swap** (collegamento a caldo) delle unità
- il collegamento di 128 device per canale contro i 2 di **PATA** (in questo modo sono rinominate le versioni parallele IDE-EIDE-ATI-ATAPI) e i 15 di SCSI (vedi nel seguito).



## Dischi magnetici: interfacce (3)

Parallelamente allo standard IDE-EIDE si sviluppò un altro standard denominato **SCSI** (Small Computer System Interface, *si pronuncia SCASI*) destinato ai sistemi di fascia alta (server, workstation, ecc...) in ambito Enterprise.

Va sottolineato che la tecnologia di base dei dischi impiegati è la stessa (anche se in genere i dischi usati per SCSI girano a velocità maggiori e hanno un tempo di vita più lungo). Per utilizzare dischi SCSI è generalmente necessario utilizzare **una scheda controller aggiuntiva** (da innestare negli slot di espansione PCI). Sono state definite nel tempo diverse evoluzioni con prestazioni via via crescenti:

Interfaccia	Velocità del bus (Transfer rate) (MByte/s)	Larghezza del bus (bits)	Max lunghezza cavi (metri)	Max numero di dispositivi
SCSI	5	8	6	8
Fast SCSI	10	8	1,5-3	8
Wide SCSI	20	16	1,5-3	16
Ultra SCSI	20	8	1,5-3	5-8
Ultra Wide SCSI	40	16	1,5-3	5-8
Ultra2 SCSI	40	8	12	8
Ultra2 Wide SCSI	80	16	12	16
Ultra3 SCSI	160	16	12	16
Ultra-320 SCSI	320	16	12	16
Ultra-640 SCSI	640	16	12	16

Analogamente a PATA anche SCSI è evoluto verso un collegamento punto a punto di tipo seriale, noto come **SAS**: Serial attached SCSI.

- SAS-1: 3.0 Gbit/s, introdotto nel 2004
- SAS-2: 6.0 Gbit/s, disponibile dal 2009
- SAS-3: 12.0 Gbit/s, disponibile dal 2013
- SAS-4: 22.5 Gbit/s, disponibile dal 2017.

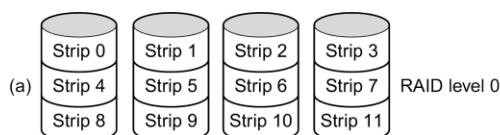
La differenza rispetto a SATA non è tanto in termini di prestazioni (es. velocità), ma soprattutto in termini di affidabilità.

# Dischi magnetici: RAID

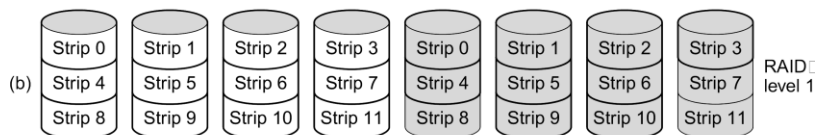
Il divario tra le prestazioni delle CPU e quello dei dischi aumenta continuamente. Per tentare di colmare questo gap e per migliorare anche la robustezza dei dischi sono state ideate anche soluzioni parallele: i dischi **RAID** (**R**edundant **A**rray of **I**nexpensive **D**isks). Un sistema RAID:

- Può essere gestito dal Sistema Operativo (Software Raid) o da un controller Hardware.
- Appare al sistema come un disco unico.
- Aumenta le prestazioni distribuendo i dati su più dischi a cui il controllore accede in parallelo.
- Fornisce modalità di backup e correzione degli errori che gli possono permettere di funzionare anche se una delle unità non è operativa.
- Ne esistono diverse configurazioni.

## Non-redundant data striping



## Redundant data striping



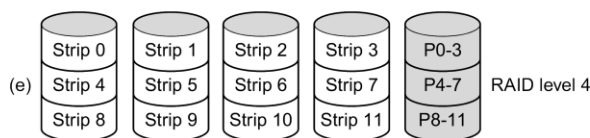
## Data striping at bit level



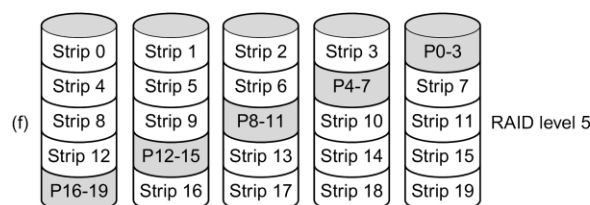
## Bit-interleaved parity



## Block-interleaved parity



## Block-interleaved distributed parity

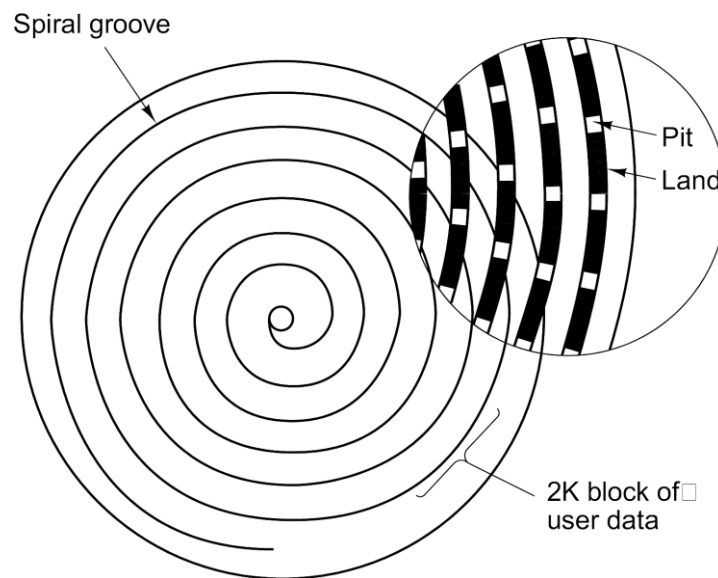




# Dischi ottici (1)

I **CD** (**C**ompact **D**isc) utilizzano un principio ottico, invece che magnetico, per la memorizzazione persistente di informazioni.

- Sono nati negli anni '80 (Philips e Sony) come supporto per la memorizzazione di musica.
- Le informazioni sono codificate per mezzo di fori (**Pit**) di 0,8 micron di diametro alternati con zone piane (**Land**) lungo un'unica spirale. Un passaggio Pit-Land o Land-Pit codifica un 1. L'assenza di variazioni codifica lo 0.

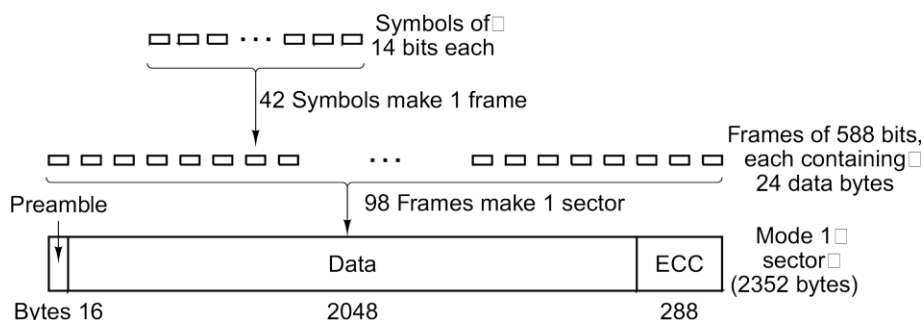


- Le informazioni sono lette tramite un raggio laser che viene riflesso diversamente al passaggio su pit e land.
- I CD vengono prodotti utilizzando uno stampo (ottenuto tramite erosione laser) su cui viene iniettata resina liquida che preserva gli incavi corrispondenti ai pit.
- Lungo la spirale i dati sono memorizzati con la stessa densità, quindi il CD ruota con **velocità angolare** non costante (da 530 a 200 giri/sec) per mantenere la medesima **velocità lineare** (120 cm/sec) nelle diverse aree del CD.

# Dischi ottici (2)

I **CD-ROM** (**C**ompact **D**isc-**R**ead **O**nly **M**emory) utilizzano la tecnologia dei CD per memorizzare dati informatici.

- Al fine di evitare la perdita di bit durante la lettura ogni byte viene codificato da un **simbolo** di 14 bit. Nei bit in eccesso viene inserito un codice per la correzione dell'errore.
- Un gruppo di 42 simboli viene denominato **frame**. Ogni frame contiene 192 bit di dati e 396 bit di correzione errore e controllo.
- Un gruppo di 98 frame viene denominato **settore di CD-ROM**.
- Ogni settore di CD-ROM inizia con un preambolo di 16 byte che permette di identificare il settore e la modalità di registrazione dei dati.
- Esistono due modalità di registrazione:
  - **Modo I**: 16 byte di preambolo+2048 byte dati+288 byte di correzione errori



- **Modo II**: 16 byte di preambolo+2336 byte dati

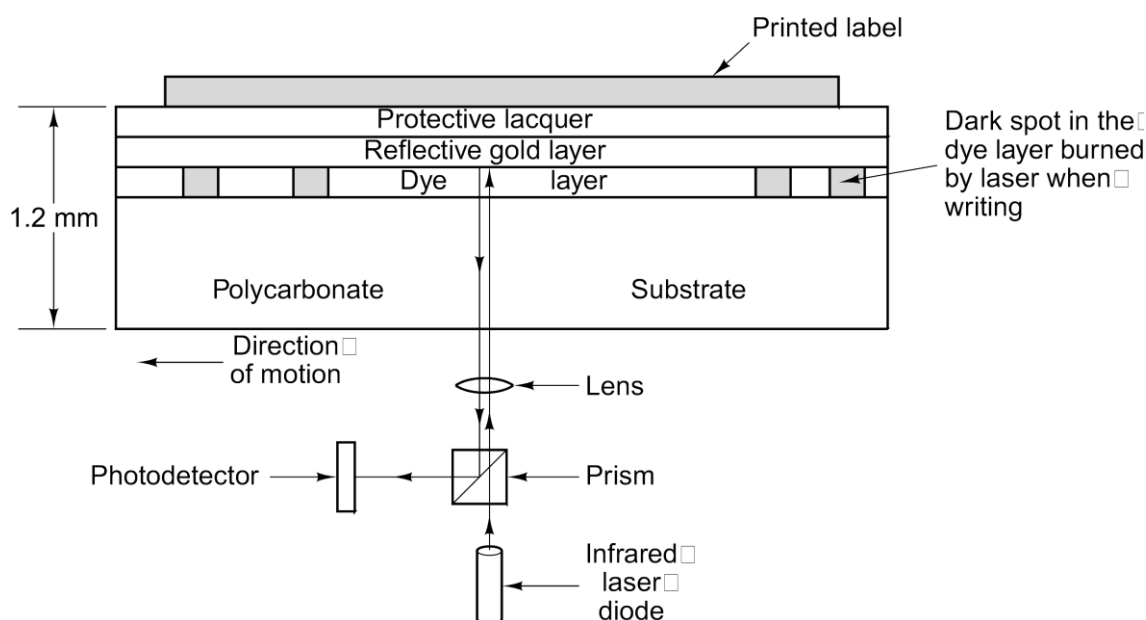
Il Modo II viene utilizzato dalle applicazioni che non richiedono il controllo di correttezza (musica, video).

- La velocità base di lettura dei CD-ROM (**single speed, o 1x**) è di 75 settori/sec (vedi codifica audio) che può essere aumentata significativamente in base alle caratteristiche del lettore (es. 40x).
- Per motivi di compatibilità tra le diverse piattaforme i CD-ROM utilizzano un proprio file system (standard di organizzazione dei file all'interno del CD) denominato **High Sierra**.

## Dischi ottici (3)

I **CD-R** (**C**ompact **D**isc **R**ecordables), nati a metà degli anni '90 svolgono le stesse funzioni dei CD-ROM ma sono registrabili dagli utenti senza l'utilizzo dello stampo.

- Diversamente dai CD la riflettività di pit e land viene ottenuta "bruciando" tramite un raggio laser uno strato di materiale colorato inserito tra il polycarbonato e lo strato riflettente.



- Lo standard dei CD-R prevede la possibilità di scrivere su un disco in modo incrementale. Un gruppo di settori consecutivi scritti nello stesso momento si chiama **CD-ROM track**. Questa soluzione richiede la presenza di più **VTOC** (**V**olume **T**able **O**f **C**ontents) una per ogni CD-ROM track. In una VTOC è possibile inserire anche riferimenti alle VTOC precedenti. Il sistema operativo farà riferimento alla VTOC più recente. Inserendo nell'ultima VTOC solo riferimenti a un numero limitato di file è possibile **simulare la cancellazione dei dati**.
- Le tracce si possono ulteriormente raggruppare in sessioni creando così **CD-ROM multisessione**.
- La registrazione di ogni traccia deve essere fatta con un'unica operazione se non si vuole rovinare il CD-R. La sorgente dei dati deve quindi essere sufficientemente veloce.

# Dischi ottici (4)

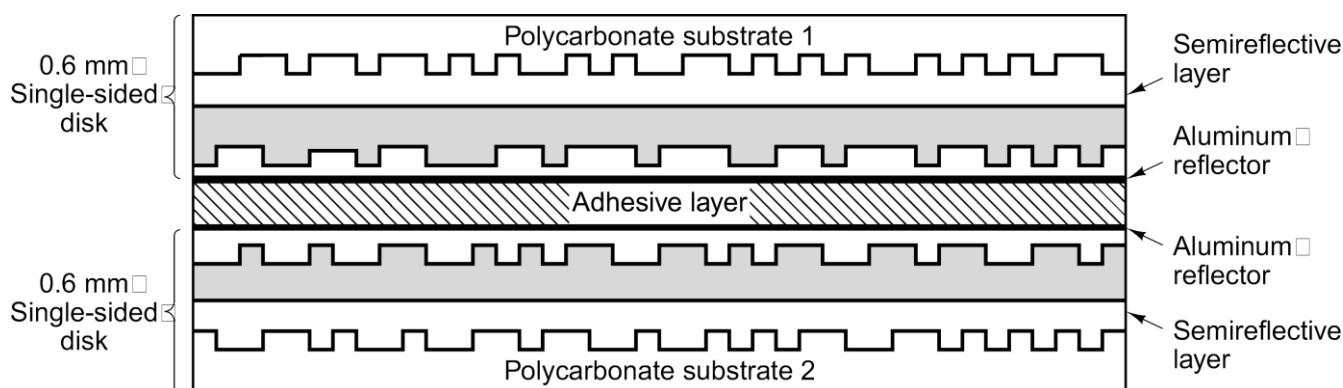
I **DVD** (**D**igital **V**ideo **D**isk o **D**igital **V**ersatile **D**isk) nascono alla fine degli anni '90 come supporto per la memorizzazione di video digitali.

- I DVD utilizzando lo stesso progetto dei CD-ROM inserendovi alcune innovazioni:
  - **Pit più piccoli** (0,4 micron invece di 0,8)
  - **Spirale più serrata** (0,74 micron tra ogni traccia invece di 1,6)
  - **Raggio laser rosso** (0,65 micron invece di 0,78)
- Permettono di memorizzare fino a 4,7 GB (133 minuti di video digitale in formato MPEG-2)
- La velocità di lettura dati (**1×**) è **1,4 MB al secondo** (*più veloce di un CD-R 1×*)

Poiché lo spazio a disposizione non è mai sufficiente (e per altri motivi legati al business del mercato cinematografico) sono stati introdotti 4 formati:

Formato	Capacità (GB)
Lato unico-Strato unico	4,7
Lato unico-Strato doppio	8,5
Lato doppio-Strato unico	9,5
Lato doppio-Strato doppio	17

La tecnologia con doppio strato è ottenuta inserendo tra i due strati uno strato semiriflettente. A seconda del punto su cui il laser è messo a fuoco, la riflessione avverrà da uno strato oppure dall'altro.



## Dischi ottici (5)

**Blu-Ray** è il nome di una tecnologia progettata per sostituire i DVD. Il nome deriva dall'uso di un **laser blu** (e non rosso) che, avendo una minore lunghezza d'onda, consente di avere pit e land più piccoli e migliore messa a fuoco. Il primo apparecchio ad aver utilizzato commercialmente questa tecnologia fu la **PlayStation 3** (2004).

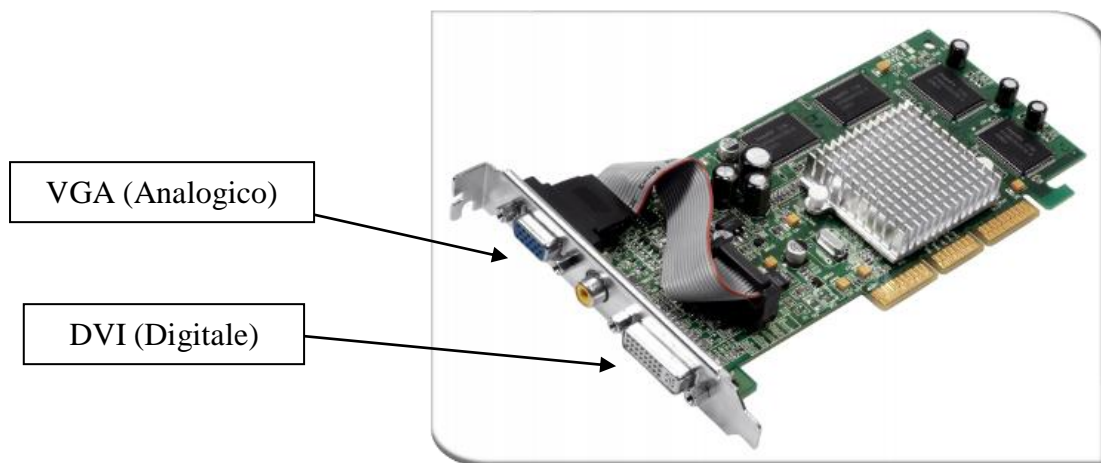
Originariamente progettati per contenere video fino alla risoluzione HD 1920×1080 pixel, nel corso degli anni sono stati definiti nuovi formati in grado di memorizzare video Ultra-HD (4K) con risoluzione fino a 3840×2160 pixel .

Formato	Strati/Lati	Capacità	Data rate	Anno
BD	1/1	25 GB	36 Mbit/s	2002
BD	2/1	50 GB	36 Mbit/s	2002
BDXL	3/1	100 GB	72 Mbit/s	2010
BDXL	4/1	128 GB	72 Mbit/s	2010
BDXL	3/2	200 GB	72 Mbit/s	2014
UHD BD	2/1	50 GB	92 Mbit/s	2015
UHD BD	2/1	66 GB	123 Mbit/s	2015
UHD BD	3/1	100 GB	123 Mbit/s	2015

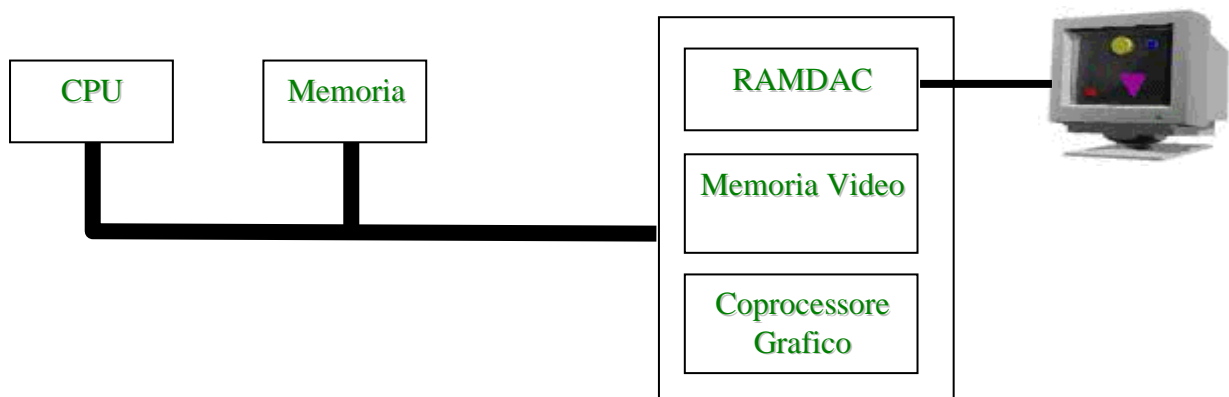


# Schede grafiche

Il compito della **scheda grafica** (o scheda video) è quello di **tradurre** la rappresentazione dell'immagine prodotta dal processore in un formato visualizzabile dal monitor. Ogni volta che il video deve essere ridisegnato la scheda video legge la rappresentazione digitale dell'immagine dalla memoria e invia al monitor il segnale che permette di rappresentare il colore di ogni singolo pixel.



Quando i monitor (così come i televisori) erano basati su **tubo catodico (CRT)**, i loro segnali di ingresso erano **analogici** e la scheda grafica aveva il compito di convertire la rappresentazione digitale dell'immagine da visualizzare in segnali analogici (es. uscita VGA). La traduzione vera e propria del segnale è realizzata da un componente denominato **RAMDAC** (**R**andom **A**ccess **M**emory **D**igital-**A**nalog **C**onverter).



## Schede grafiche (2)

Oggi quasi tutti i monitor sono **LCD** e prevedono **input digitale**. Pertanto il ruolo primario della scheda grafica non è più quello di tradurre il segnale in formato analogico, ma di:

- **adattare** l'immagine adeguando colori e risoluzione (attenzione al blurring!)
- mettere a disposizione una **memoria** locale da utilizzare come buffer
- supportare **l'accelerazione** grafica (es. 3D).

I principali formati di output sono:

- **Video Graphics Array (VGA)**: standard analogico introdotto nel 1987 e progettato per monitor a tubo catodico, ma utilizzato, per compatibilità, anche da diversi monitor LCD. Problemi di rumore elettrico, distorsione dell'immagine e alcuni errori nella valutazione dei pixel.
- **Digital Visual Interface (DVI)**: introdotto nei monitor LCD. Risolve i problemi di VGA facendo corrispondere a ogni pixel dell'output un pixel dello schermo, in quanto ne riconosce la risoluzione nativa. Trasporta anche (in piedini specifici) segnali analogici VGA.
- **High-Definition Multimedia Interface (HDMI)**: pubblicato nel 2003, questo standard, che supporta le risoluzioni ad alta definizione, ha come obiettivo la sostituzione degli altri standard.



**Attenzione:** non utilizzare collegamento VGA quando è possibile un collegamento DVI o HDMI. Con un monitor LCD (che nasce come digitale) questo richiederebbe una doppia conversione (prima D→A e poi A→D) con rilevante perdita di qualità.



# Schede grafiche: risoluzioni (1)

**Dimensione della griglia di pixel:** determina la definizione dell'immagine, tipiche configurazioni sono:

Risoluzione	N° pixel	Aspect Ratio
320×200	64,000	8:5
640×480	307,200	4:3
800×600	480,000	4:3
1024×768	786,432	4:3
1280×1024	1,310,720	5:4
1600×1200	1,920,000	4:3
1920×1080	2,073,600	16:9

Il rapporto "tipico" 4:3 è oggi spesso sostituito dal formato panoramico (16:9) tipico dei monitor Full HD.

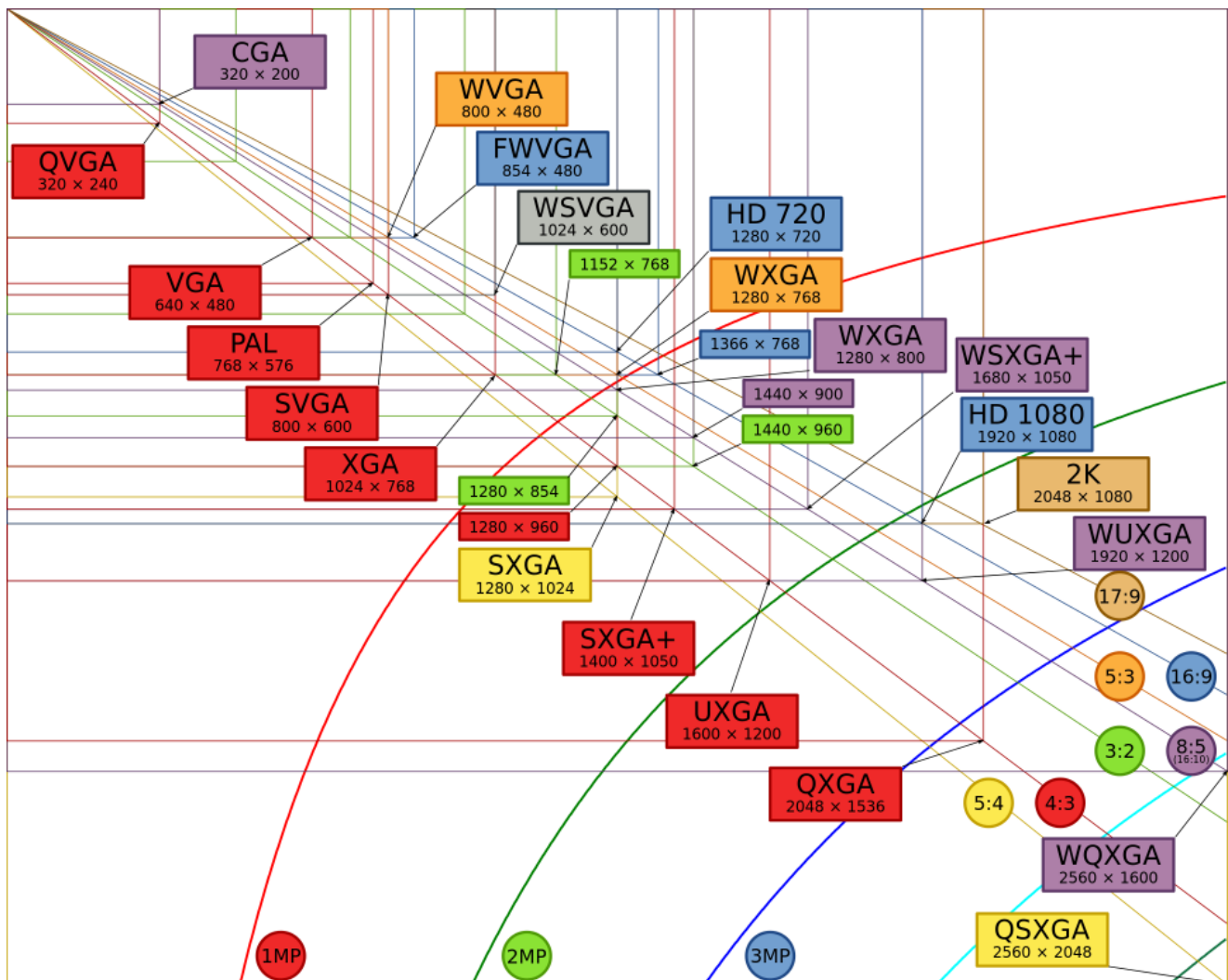
**Profondità del colore dei pixel:** indica il numero di bit utilizzati per codificare il colore di ogni singolo pixel. Tipiche configurazioni sono:

Profondità	N° colori	N° byte	Nome
4-Bit	16	0.5	Standard VGA
8-Bit	256	1.0	256-Color Mode
16-Bit	65.536	2.0	High Color
24-Bit	16.777.216	3.0	True Color

In modalità **True Color** ogni colore viene ottenuto mediante 256 diverse tonalità dei 3 colori primari additivi (**R**ed, **G**reen, **B**lue: **RGB**)



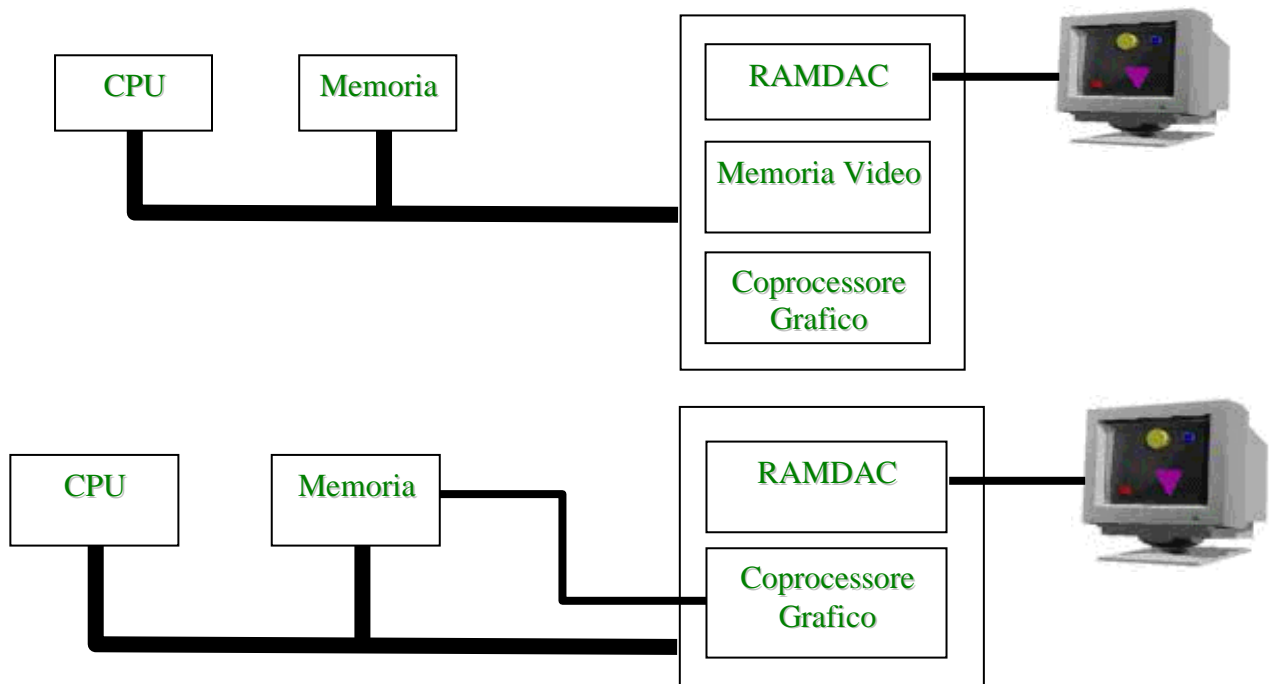
## Schede grafiche: risoluzioni (2)



# Schede grafiche: interfaccia

La quantità di memoria e tempo di CPU necessari per sopperire alle crescenti esigenze grafiche dei calcolatori (es. videogiochi in grafica 3D) hanno imposto una rapida evoluzione alle schede grafiche.

**Memoria:** al crescere del livello di definizione delle immagini cresce la quantità di memoria richiesta per rappresentare l'immagine video. Il flusso di dati dalla memoria alla scheda grafica rischia continuamente di saturare la capacità del bus. Per questo motivo oltre ad aumentare continuamente le dimensioni della memoria residente sulla scheda grafica (**memoria video**) è necessario ampliare la banda di trasmissione del bus o inserire bus o porte dedicate (**AGP: Accelerated Graphic Port** ).



Utilizzando una porta **AGP** il processore grafico utilizza, tramite un accesso diretto, parte della memoria centrale. Questa soluzione consente, oltre a un risparmio in termini economici, di ridurre il traffico sul bus e di mettere a disposizione del coprocessore grafico una grande quantità di memoria.

**PCI Express:** evoluzione del bus PCI rilasciata nel 2004 ha sostituito AGP come interfaccia di connessione delle schede grafiche in quanto offre una larghezza di banda maggiore e maggiore potenza erogata.

# Schede grafiche: larghezza di banda

Bus	Ampiezza (bits)	Frequenza Clock (MHz)	Larghezza di banda (MB/s)	Trasferimento
ISA XT	8	4,77	8	parallelo
ISA AT	16	8,33	16	parallelo
MCA	32	10	20	parallelo
EISA	32	8,33	32	parallelo
VESA	32	40	160	parallelo
PCI	32 - 64	33 - 100	132 - 800	parallelo
AGP 1x	32	66	264	parallelo
AGP 2x	32	133	528	parallelo
AGP 4x	32	266	1000	parallelo
AGP 8x	32	533	2000	parallelo
PCIe x1	1*32	25 / 50	100 / 200	seriale
PCIe x4	1*32	25 / 50	400 / 800	seriale
PCIe x8	1*32	25 / 50	800 / 1600	seriale
PCIe x16	1*32	25 / 50	1600 / 3200	seriale
PCIe x16 2.0	1*32	50 / 100	3200 / 6400	seriale

Le tecnologie **SLI (NVIDIA)** e **CrossFireX (AMD/ATI)** consentono di collegare e utilizzare più schede grafiche contemporaneamente (fino a 4).

# Schede grafiche: accelerazione

**Potenza di calcolo:** la porzione di tempo di CPU dedicato al calcolo dell'immagine video è aumentato proporzionalmente al crescere dell'utilizzo di interfacce grafiche da parte delle applicazioni. Al fine di limitare lo "spreco" di tempo CPU le schede video sono state dotate di **processori dedicati** denominati **GPU** (Graphical Processing Unit). Il processore grafico può essere utilizzato sia per la **grafica 3D**, sia per la **grafica raster**: la CPU del calcolatore non calcola la posizione e il colore di tutti i pixel da disegnare, ma invia un comando all'acceleratore indicandogli cosa deve essere disegnato. Esempio disegna *rettangolo blu centrato in 100, 150 e di dimensioni 20×20*.

Per poter sfruttare le capacità di accelerazione delle schede grafiche è necessario che **le applicazioni conoscano le funzioni da esse implementate**. A causa dell'elevato numero e delle differenze tra le schede grafiche è stato necessario sviluppare delle **librerie standard** (OpenGL, Direct3D) che permettano ai programmatori di **prescindere dalla scheda grafica utilizzata**. Sarà compito del costruttore supportare le funzioni previste dalla libreria. Nel caso in cui una particolare funzione non sia supportata la libreria stessa si occuperà di simularne (in software) il comportamento.

Le GPU delle attuali schede grafiche (prodotte da ATI ed Nvidia) sono costituita da un numero **molto elevato di core** in grado di operare parallelamente (**alcune migliaia**). Da ciò deriva un'enorme capacità di calcolo che ha destato l'interesse dei programmatori. Attraverso linguaggi specifici (es. **Cuda**) possono oggi eseguire algoritmi (non grafici) sulla GPU.



# I monitor LCD (1)

I monitor **LCD** (**L**iquid **C**rystal **D**isplay) hanno oramai quasi completamente soppiantato la tecnologia precedente dei monitor a tubo catodico (CRT). Infatti gli LCD (rispetto ai CRT) forniscono una qualità grafica migliore e hanno un ingombro e un peso nettamente inferiori.

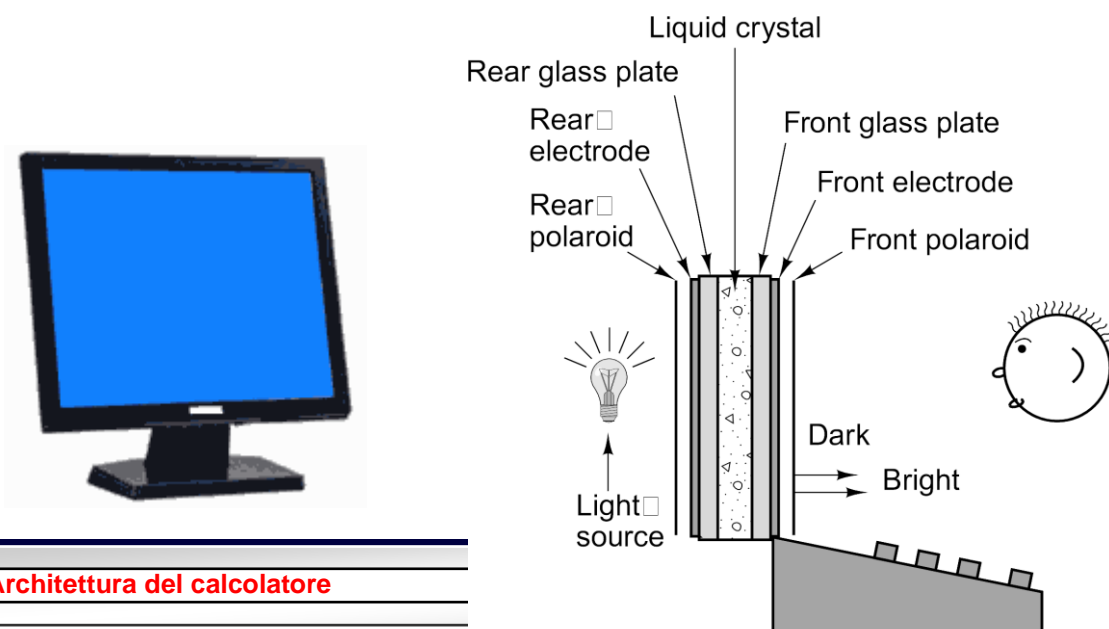
I **cristalli liquidi** sono **molecole organiche vischiose** che scorrono in un liquido, ma, come i cristalli, sono anche dotate di una struttura spaziale.

Utilizzando un campo elettrico per modificare l'orientamento delle molecole si variano le proprietà ottiche dei cristalli e quindi **l'angolo di polarizzazione** della luce che li attraversa.

Uno schermo LCD è composto da numerose **celle** (talvolta corrispondenti ai **pixel**) nelle quali sono intrappolati i cristalli liquidi:

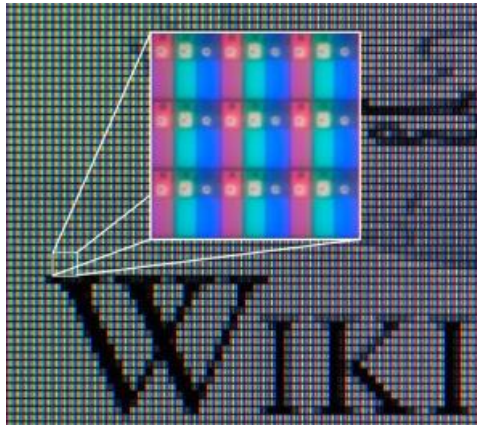
- Ogni cella è provvista di **contatti elettrici** in modo da poter applicare un campo elettrico al liquido che contiene.
- Le celle stesse sono contenute all'interno di due **schermi polarizzatori** lungo assi perpendicolari tra loro.
- Una **luce** situata dietro la lastra posteriore

Se i cristalli non sono polarizzati la luce attraversa (con minima attenuazione) il polarizzatore frontale (**pixel chiari**), se invece sono polarizzati con direzione ortogonale a quella del polarizzatore frontale questo blocca completamente la luce (**pixel scuri**).



## I monitor LCD (2)

- In uno schermo **LCD a colori** ogni cella viene divisa in tre sezioni, una con un filtro rosso, una con un filtro verde e una con un filtro blu.



- Gli schermi LCD con un numero modesto di celle, come quelli usati nelle calcolatrici o negli orologi digitali, sono provvisti di **un contatto elettrico per ogni segmento**. Questo tipo di struttura diventa improponibile man mano che il numero di segmenti aumenta.
- Gli schermi di medie dimensioni, come quelli delle agende elettroniche (e i primi modelli per computer), hanno una **struttura a matrice passiva** che prevede **un gruppo di contatti per ogni riga e colonna dello schermo, invece che una per ogni pixel**. Lo svantaggio è che può essere controllato solo un pixel alla volta, gli altri pixel devono ricordare il loro stato finché il circuito di controllo non si dedica nuovamente a loro. Problemi di **persistenza** (la tipica scia lasciata da oggetti in movimento) e **diafonia** (diffusione laterale della luce in parti molto luminose su fondi scuri).
- Per gli schermi ad alta risoluzione, come i monitor per computer, si usa un sistema a **matrice attiva**. Lo schermo LCD contiene una sottile pellicola di transistor (**Thin Film Transistor - TFT**) e il campo elettrico viene applicato **direttamente nel punto** necessario tramite un transistor a film sottile realizzato con un substrato di materiale semiconduttore trasparente depositato sulle superfici interne dei vetri che ospitano i cristalli liquidi. Questo dispositivo **memorizza lo stato elettrico** di ogni pixel dello schermo mentre gli altri pixel vengono aggiornati.



# Il mouse

È la **periferica di puntamento** più diffusa, resa popolare dalle **GUI** “point & click” introdotte da Apple (Macintosh) e successivamente da Microsoft (Windows).



Nei **modelli meccanici**, una sfera (1) (solitamente di gomma dura) fa girare due rotelle (2) forate (3) disposte ortogonalmente tra loro. La velocità di rotazione è misurata da sensori (5) a infrarossi (4) e trasmessa al computer.

I primi **mouse ottici** utilizzavano un LED e un trasduttore ottico-elettrico (array di fotodiodi) per rilevare il movimento relativo alla superficie d'appoggio. Questi mouse potevano essere utilizzati solo su una speciale superficie metallica con una rete di sottili linee blu e grigie. Successivamente i mouse ottici poterono **incorporare chip per l'elaborazione dell'immagine**, in modo da poter essere utilizzati su un maggior numero di superfici comuni.

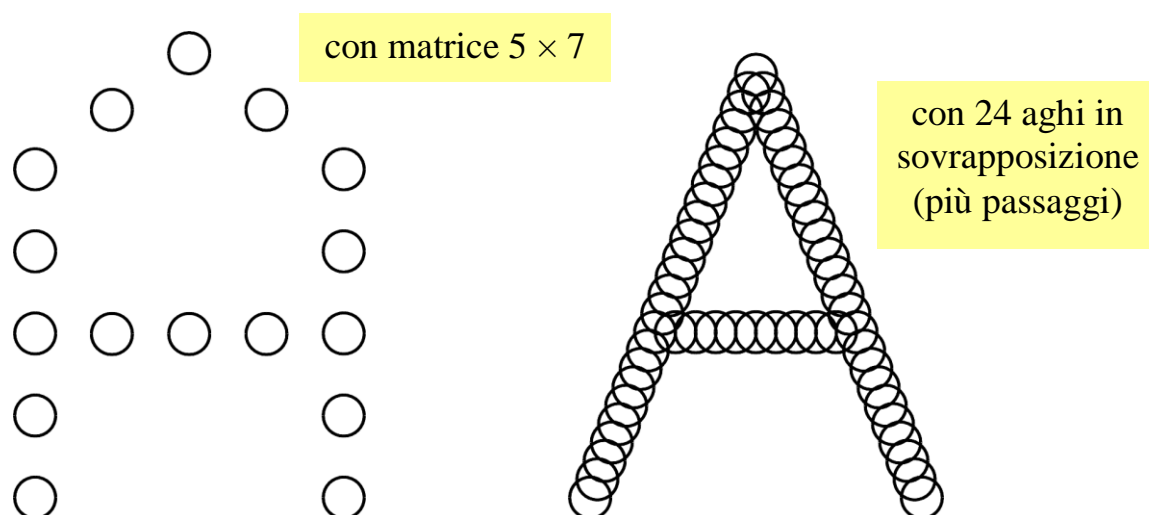
I **mouse laser** sono essenzialmente mouse ottici che utilizzano **un laser al posto di un LED** per l'illuminazione del piano d'appoggio. Come conseguenza si ha una maggiore risoluzione nell'acquisizione dell'immagine, che si traduce in migliore precisione e sensibilità di movimento.

# Stampanti

La stampante è uno dei principali dispositivi di output e la tecnologia ad essa legata è in continua evoluzione.

I principali tipi di stampante sono:

- **Stampante a matrice:** sono basate su una testina mobile contenente da 2 a 24 aghi azionati elettromagneticamente. La qualità di stampa varia a seconda del numero di aghi e della possibilità di sovrapporre la loro immagine.



- **Stampante laser**
- **Stampante a getto d'inchiostro**

Per le stampi a colori esistono poi altre tecniche di stampa più sofisticate che permettono di ottenere una maggiore definizione e nitidezza dei colori.

Il livello di definizione di una stampa si misura in dpi (**d**ots **p**er **i**nc**h**) che indica il numero di punti distinti disegnabili in un segmento di lunghezza di 1 pollice = 2.54 cm.

**N.B.** In generale i punti disposti su griglie che si uniscono per formare un'immagine sono detti **pixel** (**P**icture **E**lement).



# Stampanti a getto d'inchiostro

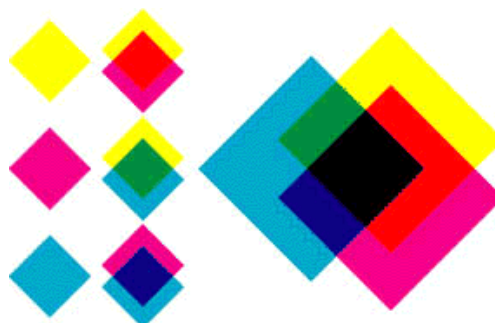
Le **stampanti a getto d'inchiostro** vengono oggi ampiamente utilizzate per le stampe a colori. La testina mobile contiene **4 cartucce di colore** (ciano, giallo, magenta e nero) che viene spruzzato sulla carta per mezzo di minuscoli ugelli.

Infatti, **le immagini per luce riflessa**, come le fotografie a colori, assorbono certe lunghezze d'onda e ne riflettono altre. Queste vengono create dalla sovrapposizione dei **3 colori primari sottrattivi**. Quasi tutti i sistemi di stampa a colori sfruttano questo principio e utilizzano la combinazione CYMK (**C**yan, **Y**ellow, **M**agenta, blac**K**). Il nero viene aggiunto poiché è difficile ottenere degli inchiostri sufficientemente puri da assorbire tutta la luce e produrre il colore nero.

**Giallo: assorbe completamente il blu**

**Magenta: assorbe completamente il verde**

**Ciano: assorbe completamente il rosso**

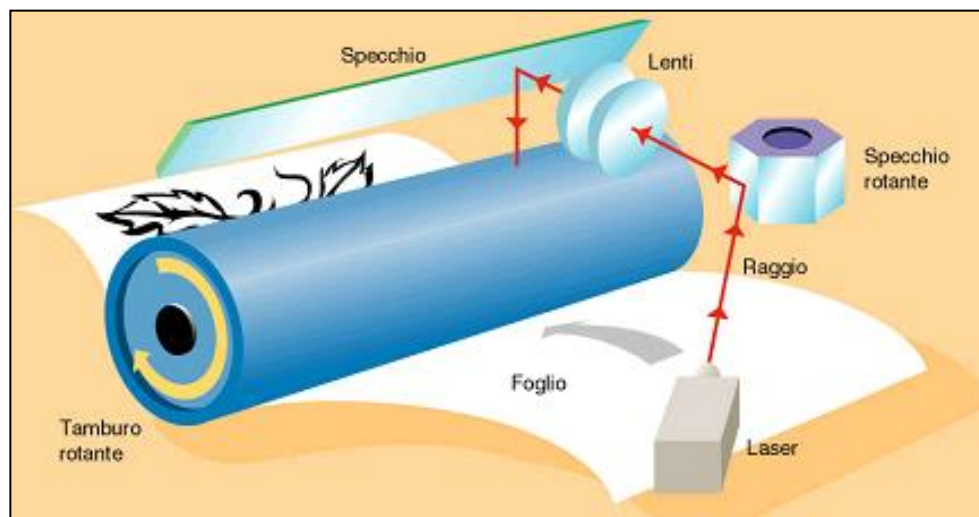


- Nei modelli **piezoelettrici** (Epson) un **crystallo** che opera come “tappo” si deforma quando gli si applica una tensione e fa fuoriuscire una gocciolina.
- Nei modelli **termici o bubble-jet** (HP, Canon, etc...) all'interno di ogni **ugello** una goccia d'inchiostro viene **riscaldata** sino all'ebollizione. L'ebollizione comporta lo “**scoppio**” della goccia e la sua fuoriuscita dall'ugello. **Raffreddandosi** l'ugello crea una depressione che risucchia un'altra goccia di inchiostro. La velocità di stampa è limitata dalla velocità del processo di ebollizione/raffreddamento.

La qualità di stampa varia dai **300 dpi fino a oltre 4000 dpi**.

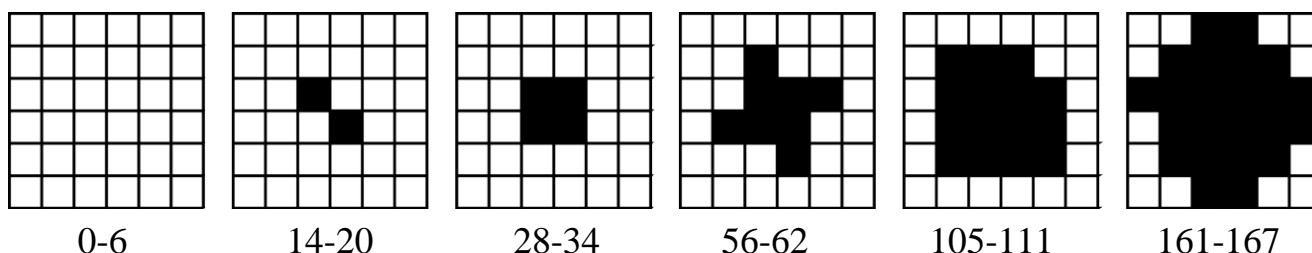
# Stampanti laser

Le stampanti laser usano una tecnologia simile a quella delle fotocopiatrici



- 1) Il tamburo viene **caricato elettricamente** (fino a 1000 volt) e ricoperto di materiale fotosensibile
- 2) Tramite uno specchio ottagonale viene fatta passare una **luce laser** sul tamburo: i punti colpiti dal raggio perdono la carica elettrica.
- 3) Ruotando il rullo raggiunge il **toner** (contenitore di polvere nera elettrostaticamente sensibile). I punti elettricamente carichi attirano il materiale colorante
- 4) Una serie di **rulli riscaldati** fissa il materiale colorante sulla carta
- 5) Il rullo viene scaricato e pulito da residui

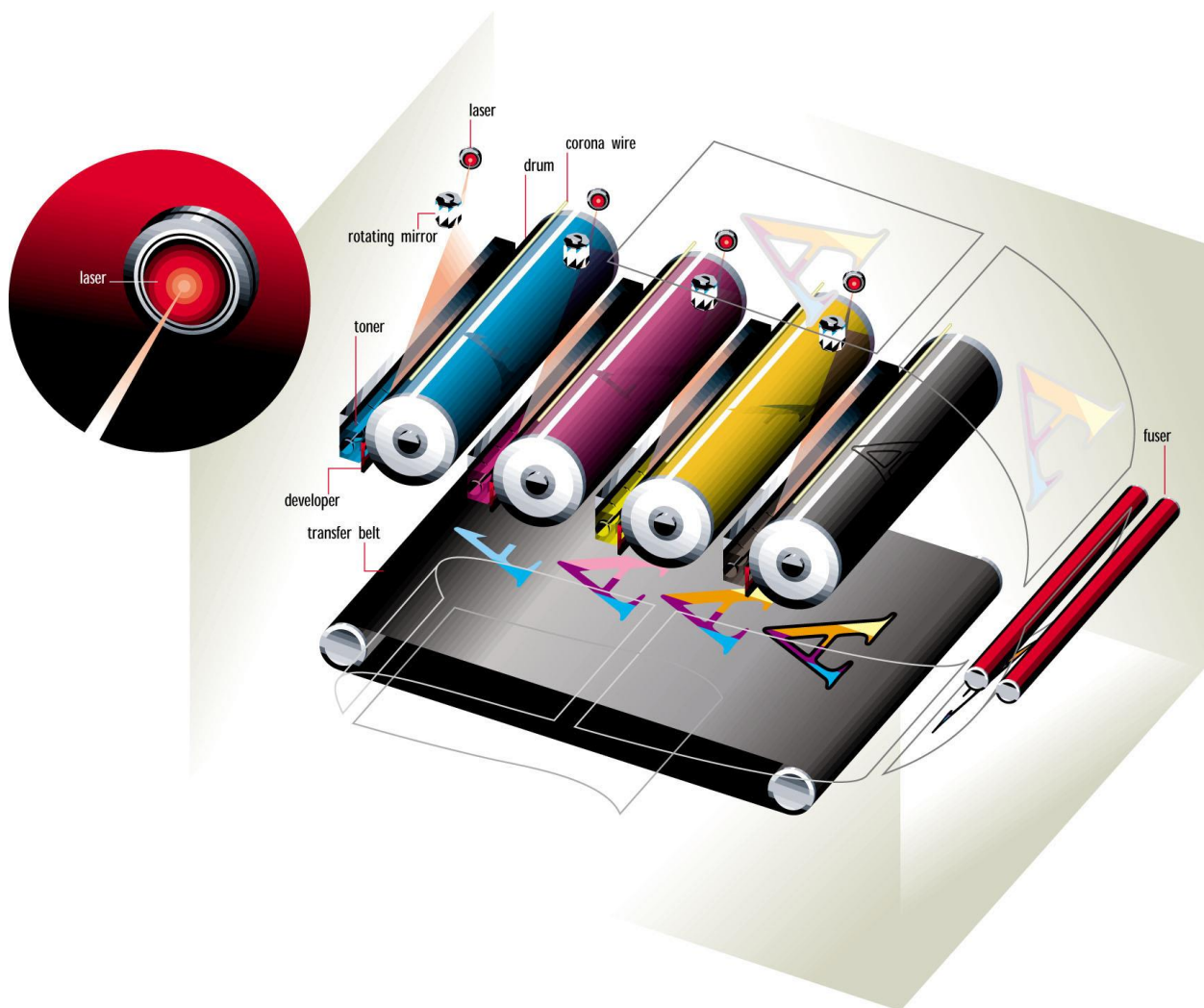
Le stampanti laser possono creare punti neri o punti bianchi, ma per raffigurare immagini a livelli di grigio è necessario rappresentare le diverse intensità del grigio (ne vengono utilizzate 255). La soluzione più diffusa si chiama **mezzotono (halftoning)** che suddivide l'immagine in celle di 6×6 pixel. In base al livello di grigio medio della cella verranno lasciati bianchi un numero diverso di pixel.



Ovviamente la risoluzione virtuale è ridotta in presenza di halftoning

# Stampanti laser a Colori

**Single Pass:** 4 toner + 4 tamburi



**Multi Pass:** 4 toner + 1 tamburo sul quale il foglio passa quattro volte a seguito di caricamento con i diversi toner. Più lente e imprecise.

# Reti di Comunicazione

Un computer è in grado di **comunicare con altri computer** o altri dispositivi attraverso reti di comunicazione. Nel seguito vengono fornite alcune nozioni circa le modalità di connessione di un computer a una rete di comunicazione, distinguendo tra **collegamento**:

- con **apparati vicini** (PDA, cellulari, ecc... a pochi metri di distanza)
- ad **altri computer o dispositivi in rete locale** (ufficio, dipartimento)
- con il **mondo esterno** (Internet)

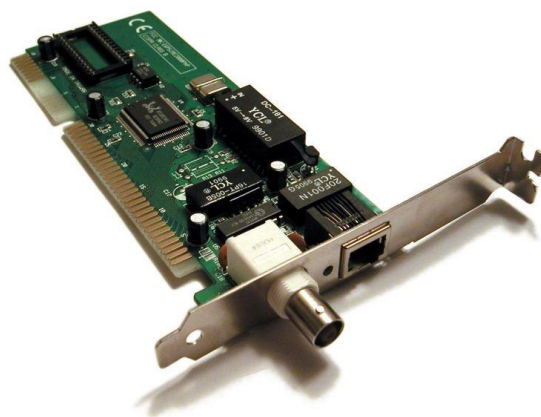
## Collegamento con apparati vicini:

- **Collegamento punto a punto via cavo seriale/parallelo**: collegamento fisico di due unità attraverso un cavo seriale (RS232) o parallelo (porta parallela - *obsoleta*) dalla lunghezza massima di pochi metri; attraverso specifiche funzionalità del sistema operativo è possibile scambiare file tra le due unità.
- **Infrarossi (IrDA)**: connessione con luce infrarossa (senza fili). È utilizzato per collegamenti (lenti) di breve distanza come, ad esempio, quelli con cellulari e PDA, ma anche stampanti.
- **BlueTooth**: connessione in radio frequenza (senza fili) a bassa velocità e distanza ridotta destinata principalmente a connessione con unità mobili (cuffie e auricolari, cellulari, PDA, ecc.).
- **Near Field Communication (NFC)**: tecnologia che fornisce connettività senza fili bidirezionale a corto raggio (fino a un massimo di 10 cm). A differenza del BlueTooth non richiede alcuna impostazione e consente anche a un dispositivo (tipicamente uno smartphone), di leggere dei “Tag NFC”, piccoli chip che vengono alimentati dal dispositivo stesso per induzione elettromagnetica.

# Rete Locale

Una **LAN** (Local Area Network) è una rete **privata** utilizzata per collegare le stazioni di lavoro (PC) di un ufficio, un'azienda o un dipartimento che hanno necessità di **condividere le risorse** (es: stampanti e server) e **stabilire collegamenti tra i PC**. Permette una velocità di trasmissione di **10 - 100 Mbit/sec** (Ethernet e Fast Ethernet) a **1 - 10 Gbit/sec** (Gigabit, 10Gigabit).

Affinché un calcolatore possa essere collegato in LAN è necessario che disponga di una **scheda di rete**. Inizialmente le schede di rete erano componenti aggiuntive da innestare negli **slot di espansione** (ISA o PCI) sulla motherboard. Oggi la maggior parte delle schede madre dei PC contengono una **scheda di rete integrata**.



Un **protocollo di rete** è un insieme di regole che specifica il **formato** e il **significato** dei messaggi scambiati tra i calcolatori di una rete.

Invece di definire tutte le regole attraverso un solo protocollo (in modo complesso e confuso), si preferisce definire una gerarchia (o **suite**) di protocolli che specificano in modo più ordinato le regole a diversi livelli di astrazione (**dal basso verso l'alto**):

- il **livello fisico** definisce le specifiche fisiche del cavo e quelle elettriche dei segnali
- il **livello di collegamento** definisce la sincronizzazione, l'arbitraggio, i frame di base.
- il **livello di trasporto** stabilisce i pacchetti di dati e le regole per il loro instradamento e trasporto a destinazione
- il **livello di applicazione** fornisce primitive di alto livello per la comunicazione da parte di due programmi su calcolatori diversi.



# Suite di protocolli di Rete

Livello applicazioni	HTTP, HTTPS, SMTP, POP3, IMAP, FTP, DNS, SSH, IRC, SNMP, SIP, RTSP, Rsync, Telnet, HSRP, BitTorrent, RTP, ...
Livello di trasporto	TCP, UDP, SCTP, DCCP ...
Livello di internetworking	IPv4, IPv6, DHCP, ICMP, BGP, OSPF, RIP, IGRP, IGMP, IPsec...
Livello di collegamento	Ethernet, WiFi, PPP, Token ring, ARP, ATM, FDDI, LLC, SLIP ...
Livello fisico	Doppino, Fibra ottica, Cavo coassiale, Codifica Manchester, Codifica 4B/5B, WiFi ...

I **protocolli evidenziati** sono quelli oggi più utilizzati per la comunicazione in **LAN**.

A livello fisico un **doppino** per LAN è costituito da un cavo contenente 8 fili di rame, intrecciati 2 a 2 per maggiore immunità al rumore. I connettori utilizzati sono denominati **RJ45**.



A livello di collegamento troviamo il protocollo **Ethernet** (IEEE 802.3). La sua “variante” senza fili è **WiFi**.

A livello di trasporto/internetworking troviamo infine i protocolli **TCP/IP**; **IP** definisce gli indirizzi dei calcolatori: ogni PC (o apparato connesso in rete) è dotato di un **indirizzo** (detto **indirizzo IP**, es: 137.204.72.1) che codifica l'**identificatore di rete** e l'**identificatore di host**. La combinazione è unica: non devono esistere (in una rete pubblica) 2 calcolatori con lo stesso IP. Gli indirizzi dei calcolatori “**visibili**” su Internet sono assegnati da un apposito organo denominato **ICANN** (Internet **C**orporation for **A**ssigned **N**ames and **N**umbers).

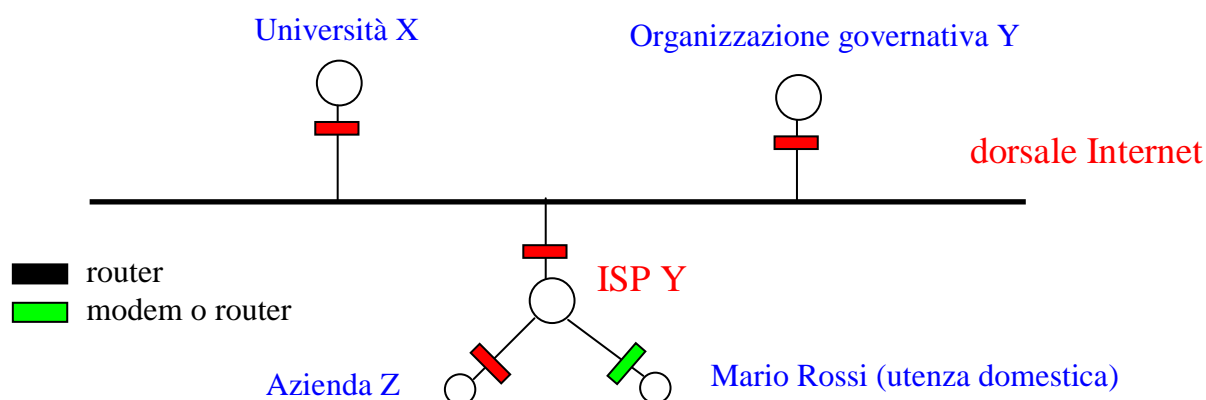
# Collegamento a Internet

Internet (**la rete delle reti**) è costituita da una serie di reti, private, pubbliche, aziendali, universitarie, commerciali, connesse tra di loro.

Mentre le università, i centri di calcolo, le organizzazioni governative hanno **collegamenti diretti** verso le dorsali di Internet, l'accesso delle aziende o delle utenze domestiche avviene per mezzo degli **ISP**.

Un **Internet Service Provider** (ISP) è una struttura commerciale o un'organizzazione che offre agli utenti (casalinghi o ad altre imprese) accesso a Internet con i relativi servizi. In italiano è detto anche **fornitore d'accesso**.

Un **router** è un **apparato di rete** in grado di **interfacciare reti diverse** (ad esempio una rete locale privata alla rete Internet).

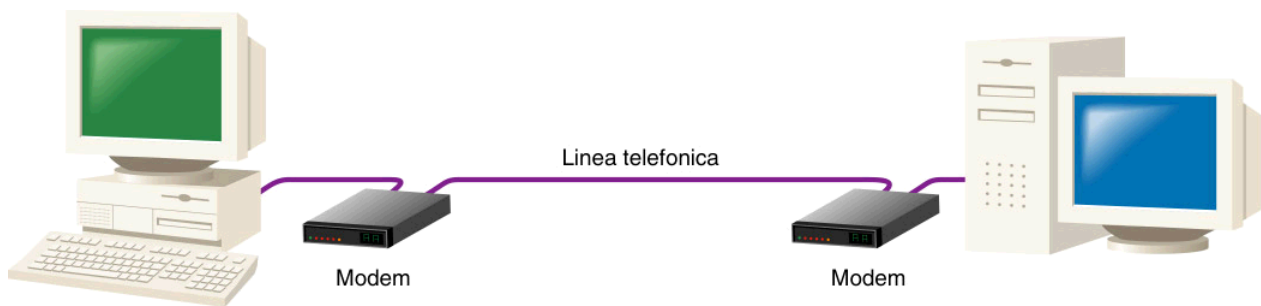


La connessione di un'utenza privata all'ISP prescelto (es. Telecom, FastWeb, ecc...) avviene solitamente in **banda larga** (**ADSL**) con velocità massima di comunicazione di diversi Mbps.



# Modem (1)

Per poter trasmettere dati su linea telefonica i segnali digitali vengono trasformati in segnali analogici tramite un **Modem** (**Mo**dulatore-**De**modulatore).



Infatti, la trasmissione di un **segnale digitale** puro (**onda quadra**) può essere fatta, su cavi di rame, solo a pochi metri di distanza a causa del rumore e dei disturbi.

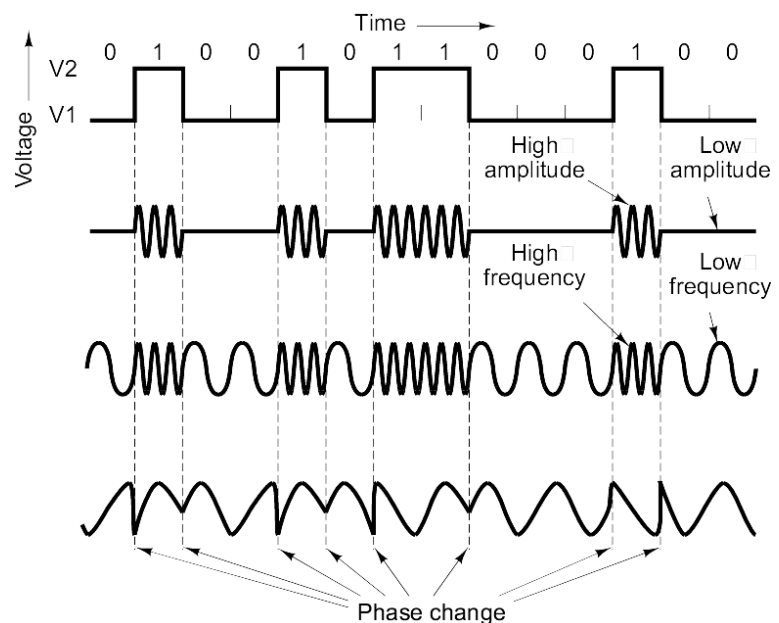
Per trasmettere a maggiori distanze è necessario dunque modulare il segnale. Esistono diverse **forme di modulazione**:

**Segnale digitale**

**Modulazione d'ampiezza**

**Modulazione di frequenza**

**Modulazione di fase**



# ADSL

La larghezza di banda tipica del cavo di comunicazione che collega le utenze domestiche alla centrale telecom (detto **ciclo locale**) è limitata a 3000Hz circa, sufficienti per la voce.

I **vecchi modem (dial-up)** operavano su uno di questi canali a banda limitata e da questo derivava la loro ridotta velocità di comunicazione (56 kbit/s).

Con **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)**, il ciclo locale viene suddiviso in **256 canali** indipendenti di 4312,5 Hz, di cui il canale 0 è usato per la voce, e circa 250 sono disponibili per il traffico dati. Un modem ADSL corrisponde a circa 250 modem tradizionali. Il termine **Asymmetric** indica che un numero di canali minore è in genere riservato ai dati in uscita rispetto a quelli in ingresso (*infatti una navigazione web tipica richiede un flusso di dati in entrata molto più elevato rispetto ai dati in uscita*).

