



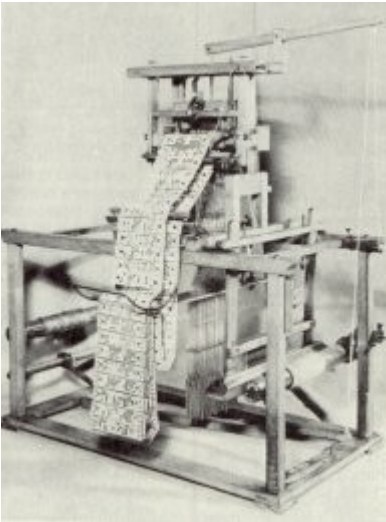
Struttura del Calcolatore

Corso “0” di Informatica

Laurea in Matematica

Corrado Santoro

Le prime macchine programmabili



Telai Jacquard (primi anni del 1800)

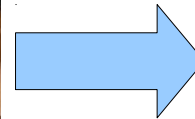
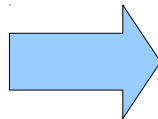


Macchina per maglieria
(fine anni '60, inizi '70)

Un po' di storia ...



- Nel 1745, Jacques de Vaucanson (Grenoble, 1709 – Parigi, 1782), inventore francese, costruisce il primo telaio automatico
- Nel 1801, Joseph Marie Jacquard (Lione, 1752 – Oullins, 1834) migliora l'invenzione con l'introduzione delle **schede perforate**, le quali riportavano il modello della trama del tessuto da realizzare
- Nel **telaio Jacquard** un meccanismo, comandato da un motore a vapore, muove i “licci” del telaio sulla base del disegno della scheda e produce il tessuto

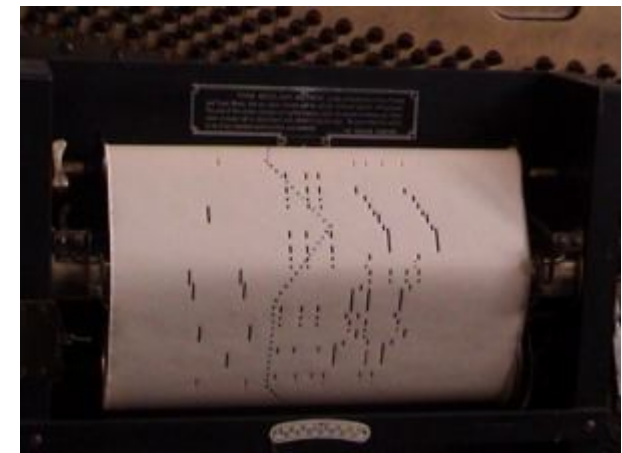


Caratteristiche “interessanti” del telaio Jacquard



- Il telaio è una macchina che “sa fare tutti i tessuti”??
- **NO!** E' una macchina che sa **SOLAMENTE** muovere i licci, sulla base della scheda perforata
- E' una macchina **SEQUENZIALE**: muove un liccio per volta
- Il tessuto (**OUTPUT** della macchina) è allora il risultato di
 - Il filo che è fornito al telaio: colori, qualità, etc. (**INPUT** della macchina)
 - Il disegno riportato sulle schede (**PROGRAMMA** della macchina)
 - L'operatività della macchina che legge la scheda e muove i licci (**ESECUZIONE** del programma)
- **CONCETTO RIVOLUZIONARIO**:
 - L'esecuzione combinata di **istruzioni semplici** (movimenti dei licci) genera un risultato **complesso**
 - Cosa facciamo per fare un altro tessuto? Cambiamo la macchina??
 - **NO! CAMBIAMO IL PROGRAMMA E L'INPUT!**

Gli organetti o pianoforti a rullo



Caratteristiche “interessanti” del pianoforte a rullo

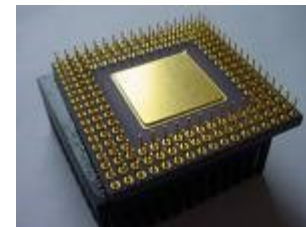


- Il pianoforte a rullo è una macchina che “sa suonare”??
- **NO!** E' una macchina che sa **SOLAMENTE** muovere i martelletti sulla base del rullo perforato
- E' una macchina **SEQUENZIALE**: analizza (“processa”) un riga del rullo per volta
- Il motivo musicale (**OUTPUT** della macchina) è allora il risultato di
 - L'acustica dello strumento: legni, corde, martelletti, etc. (**INPUT** della macchina)
 - Le forature riportate sul rullo (**PROGRAMMA** della macchina)
 - L'operatività della macchina che fa ruotare il rullo e “legge” i fori (**ESECUZIONE** del programma)
- **CONCETTO RIVOLUZIONARIO**:
 - L'esecuzione combinata di **istruzioni semplici** (movimenti martelletti) genera un risultato **complesso**
 - Cosa facciamo per cambiare brano? Cambiamo la macchina??
 - **NO! CAMBIAMO IL PROGRAMMA!**

Dalle macchine automatiche al Computer



- Il computer è una macchina che funziona come il telaio Jacquard o il pianoforte a rullo
- E' basato su un' "unità di esecuzione" che sa fare solo un insieme ben preciso di "cose" (**ISTRUZIONI**)
- E' una macchina sequenziale (esegue un'istruzione per volta)
- Funziona grazie ad un "motore": energia elettrica, clock di sistema
- Produce dei "risultati" (**OUTPUT**), sulla base dell'esecuzione di un **PROGRAMMA**, fatto di **ISTRUZIONI PRIMITIVE**, che elabora i dati in ingresso (**INPUT**)
- **L'unità di esecuzione è detta: CENTRAL PROCESSING UNIT (CPU)**



- Si definisce **hardware** l'insieme delle parti elettriche, elettroniche, meccaniche, magnetiche di una macchina/computer
- Si definisce **software** l'insieme dei **programmi** che operano in una macchina/computer
- Telaio Jacquard
 - **Hardware:** la macchina vera e propria
 - **Software:** la scheda perforata
- Piano a rullo
 - **Hardware:** lo strumento vero e proprio
 - **Software:** il rullo perforato
- **Cambiando il software** (ma mantenendo fisso l'hardware) è possibile far eseguire compiti diversi ad una macchina

Verso gli altri componenti di un computer



- La CPU è un circuito elettronico sequenziale in grado di interpretare ed eseguire un insieme ben preciso di **ISTRUZIONI PRIMITIVE**
- L'operatività di un computer è quindi basato su un **PROGRAMMA**, costituito da una sequenza di istruzioni primitive, che la CPU **legge**, **interpreta** ed **esegue**
- **Legge...** ma da dove???
- Il telaio ha il programma nella scheda perforata
- E il computer?? Gli passiamo un “foglio di carta” con il programma scritto??

La “memoria”



- La **memoria** è un altro circuito elettronico del calcolatore; è collegata alla CPU ed è usata per la memorizzazione di informazioni, siano esse **codice eseguibile** (il programma) che **dati** utili al programma



Tipologie di memorie



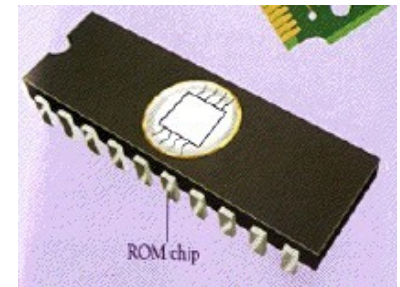
- **RAM (Random Access Memory)**

- È possibile leggere e scrivere
- È volatile, il contenuto viene perduto quando è l'alimentazione viene tolta
- È quella usata dalla CPU durante il normale funzionamento del computer

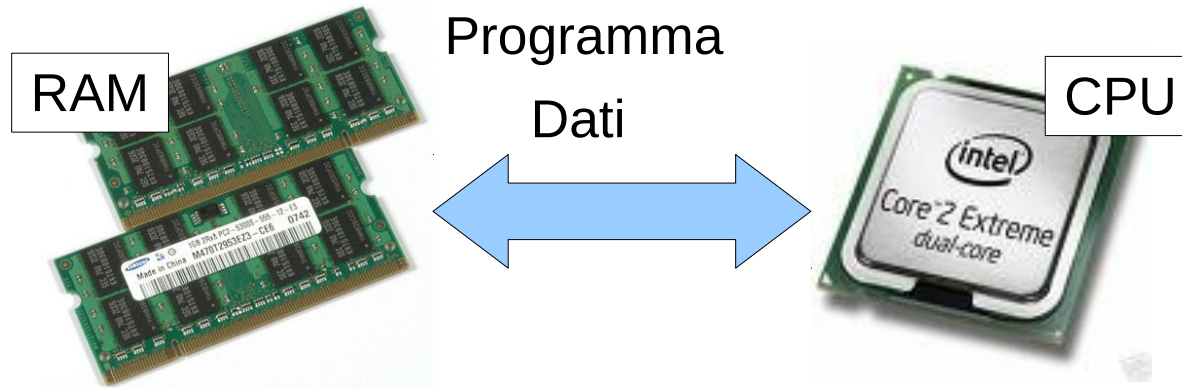


- **ROM (Read-Only Memory)**

- È una memoria a “sola lettura” (non è possibile scrivere dati)
- Viene programmata in fabbrica
- Contiene il BOOT CODE, cioè il programma che esegue la CPU all'accensione del computer
- Altre tecnologie di memorie non-volatili:
 - EPROM, EEPROM, FLASH

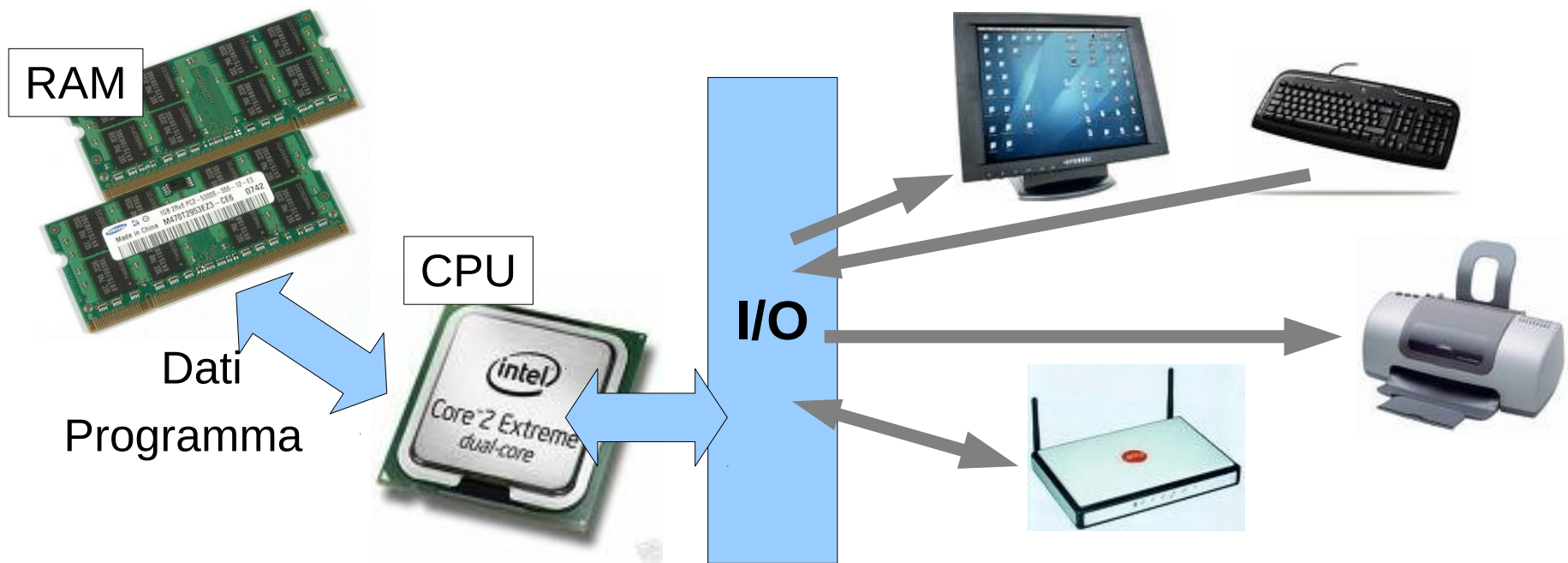


CPU e Memoria: bastano??



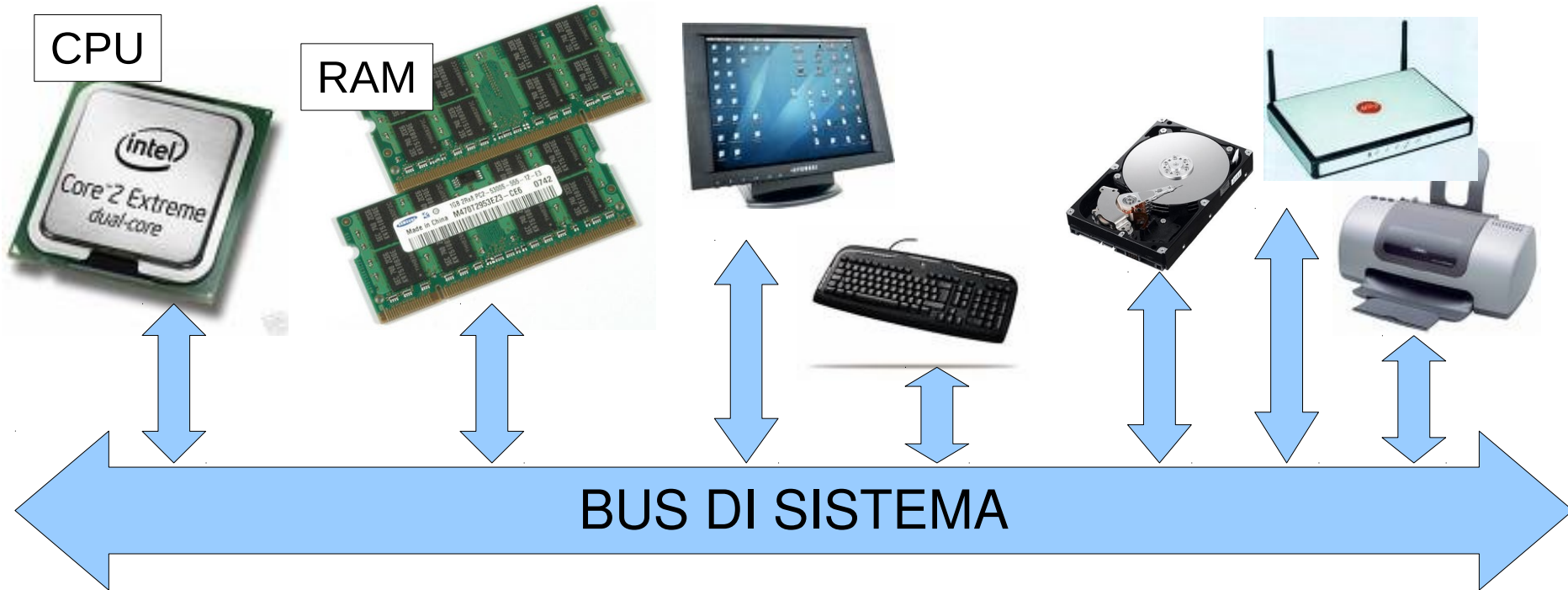
- Come arriva il programma nella RAM?
- Chi glielo mette? E come?
- Come otteniamo i “risultati” prodotti?
- **COME FA LA CPU A INTERAGIRE CON IL MONDO ESTERNO??**

Le interfacce di Input/Output



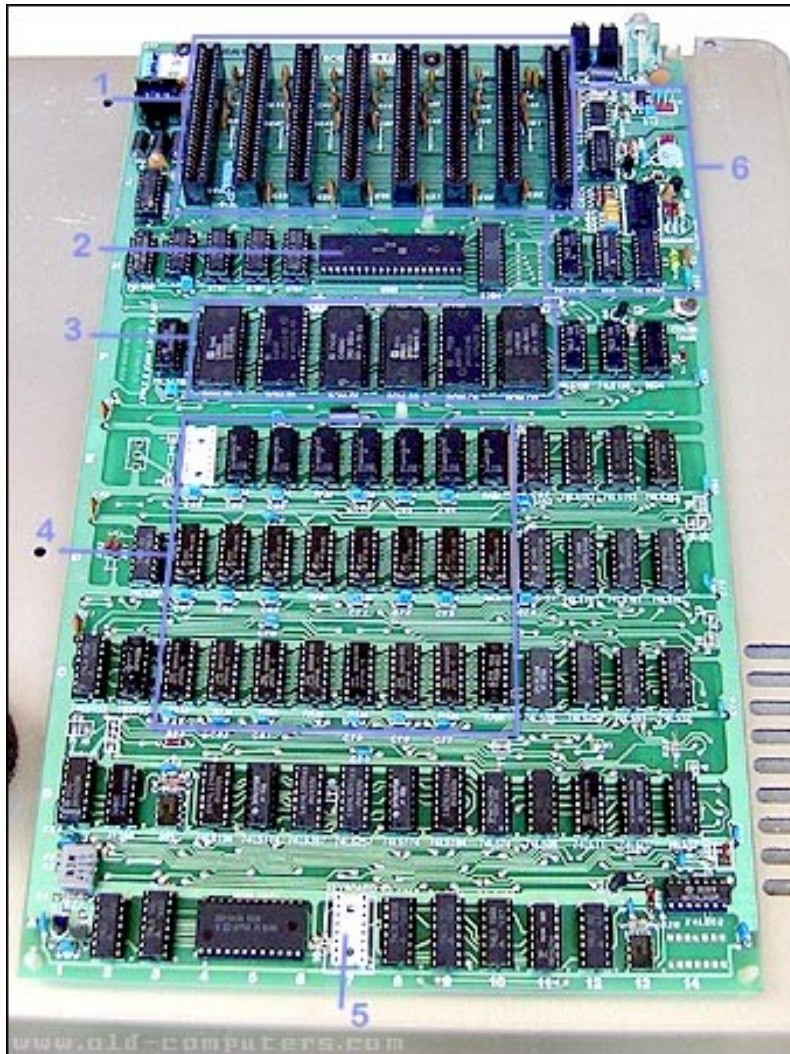
- Ulteriori circuiti elettronici, denominati **interfacce di input/output**, connettono la CPU con i **sistemi periferici**
- **E' sempre la CPU che governa il funzionamento e le interazioni di tutti i sistemi presenti in un computer**

Il BUS di Sistema



- Insieme di collegamenti elettrici che interconnette tutti i componenti di un computer
- **Ogni singolo collegamento elettrico del BUS ha un ruolo ben preciso nell'interazione tra le parti di un computer**

Componenti di un Computer e “Main board”

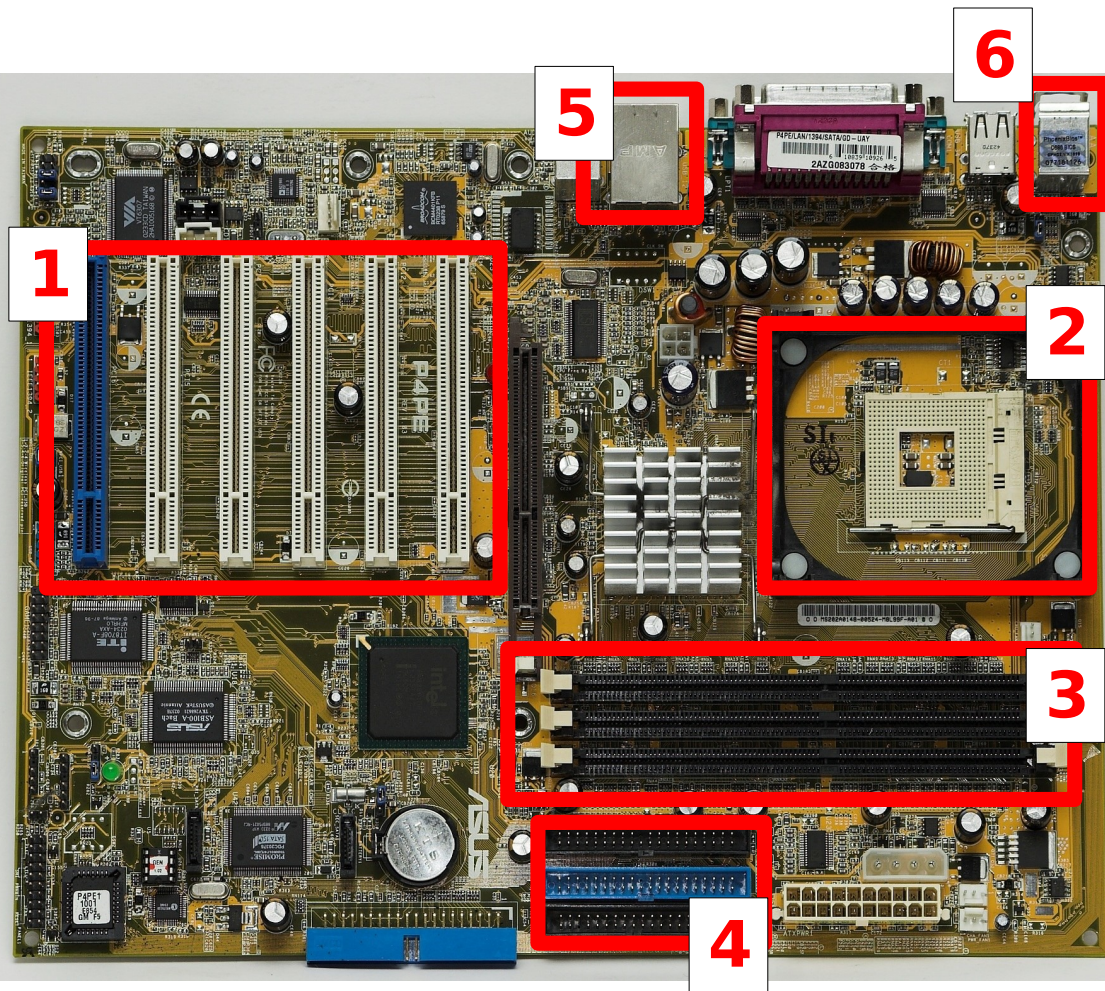


1. Connettori del Bus di sistema per schede aggiuntive
2. CPU
3. ROM
4. RAM
5. Interfaccia tastiera
6. Interfaccia video



Apple II, fine anni '70

Mainboard di un computer moderno



1. Connettori bus di sistema
2. Zoccolo CPU
3. Zoccolo RAM
4. Connettori per Hard Disk
5. Connettore per il collegamento in rete
6. Connettore per il collegamento di tastiera e mouse

La RAM è sufficiente?



- RAM:
 - Memoria a “lettura e scrittura”
 - Contiene il programma in esecuzione e i dati ad esso utili
 - E' volatile: se togliamo l'alimentazione dati e programma svaniscono
- E se vogliamo memorizzare dati e programmi in modo “persistente”?
- Soluzione: si utilizzano le MEMORIE DI MASSA

Le memorie di massa

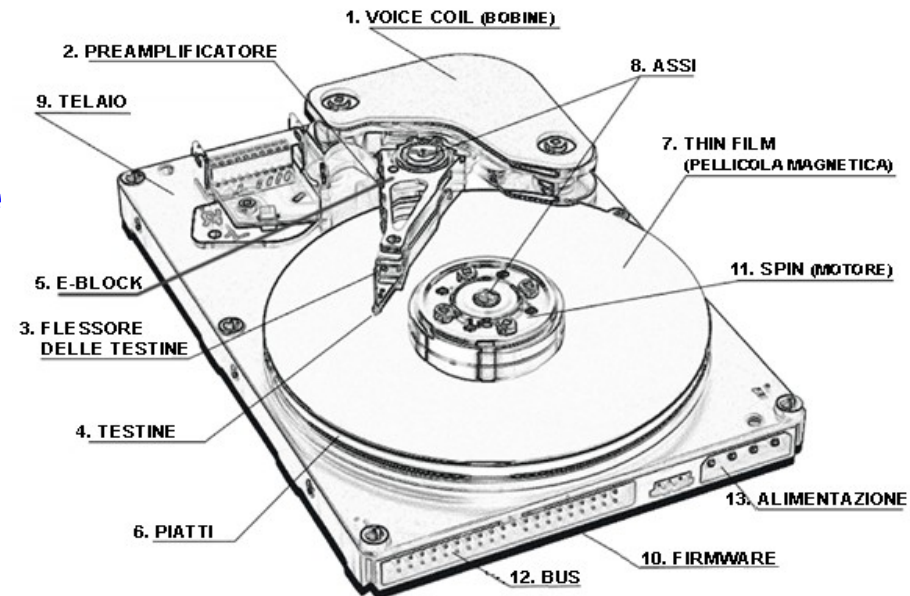


- Mass Storage Memory
- Sono memorie magnetiche:
 - **Hard Disk**
 - **Floppy Disk**
 - **Tape**
- Non sono sostitutive della (o pari alla) RAM!
- **SONO DISPOSITIVI PERIFERICI!**
- La CPU **non può** leggere/scrivere il programma e/o i dati **direttamente dalla/sulla memoria di massa**
- Il programma/dati, per essere usati, devono essere trasferiti dalla memoria di massa alla RAM
- Per memorizzare dati o programma in modo persistente, essi devono essere trasferiti dalla RAM alla memoria di massa

Come funziona un Hard Disk



- E' costituito da un insieme di dischi (piatti), rigidi, su cui è depositato (da entrambe le facce) un film magnetico
- Un braccio meccanico contiene le testine di lettura e scrittura, una per ogni piatto di ogni disco
- Il disco è fatto ruotare ad alta velocità, mentre le testine, opportunamente posizionate tramite il braccio, trasformano le informazioni magnetiche in elettriche e viceversa



Memorie di massa solid-state



- I cosiddetti “Pen Drive”
- Sono costituiti da dispositivi a semiconduttore (circuiti integrati) in grado di memorizzare un'informazione in modo permanente
- Possiedono un'interfaccia per la connessione ad un computer:
 - USB
 - SD/MMC
- In scrittura sono più lente degli Hard Disk
- In lettura sono più veloci degli Hard Disk

Perché due tipi di memoria?



- **RAM e memorie di massa: perché?**

1. **La RAM è volatile, le memorie di massa no**

2. **Tempi di accesso**

- La RAM è elettronica: i tempi di accesso sono estremamente bassi (ordine dei nanosecondi = 10^{-9})
- Le memorie di massa hanno parti meccaniche: i tempi di accesso sono più elevati (ordine dei millisecondi = 10^{-3})

3. **Capacità, consumi e dimensioni**

- E' molto più semplice costruire memorie di massa di elevata capacità (basta aggiungere un altro piatto)
- L'aumento di capacità, in una RAM, comporta un aumento di consumi di corrente e di dimensioni
- Aggiungere un altro piatto, in un HD, non aumenta i consumi
- La capacità della RAM è legata ad alcune caratteristiche della CPU

Riassumiamo



- **CPU, Central Processing Unit**
 - Componente principale, responsabile di eseguire un programma composto da “istruzioni primitive”
- **Memoria Centrale**
 - **RAM, Random Access Memory**, lettura/scrittura, volatile contiene programmi e dati
 - **ROM, Read Only Memory**, sola lettura, contiene il “boot code”
- **Periferiche di Input/Output**
 - Interfacce video
 - Tastiera
 - Mouse
 - Memorie di Massa (hard disk, pen drive)
 - ...
- **BUS di sistema**
 - Insieme di collegamenti che interconnettono le varie parti

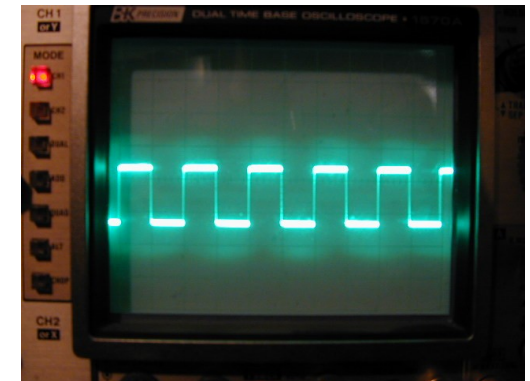


Unità di Misura

Il tempo



- Il funzionamento della CPU è regolato da un “motore”: energia elettrica e clock di sistema
- Poiché la CPU è una macchina sequenziale è necessario la presenza di qualcosa che scandisca il tempo
- Un opportuno circuito elettronico “orologio” (clock) genera dei “tick” (strettamente) periodici
- Il periodo di questi “tick” determina la velocità con cui la CPU esegue i suoi compiti
- **Periodo**
 - tempo tra due tick consecutivi
 - Si misura in secondi
- **Frequenza**
 - Numero di tick nell'unità di tempo (in un secondo)
 - Si misura in Hertz (Hz)



Clock di sistema



- Frequenza = $1 / \text{Periodo}$
- Per le unità di misura si utilizzano in genere i multipli e sottomultipli:
 - **Frequenza:**
 - KHz (10^3)
 - MHz (10^6)
 - GHz (10^9)
 - Un clock a 2 GHz genera 2×10^9 tick ogni secondo
 - **Periodo:**
 - Millisecondi (10^{-3})
 - Microsecondi (10^{-6})
 - Nanosecondi (10^{-9})
 - Picosecondi (10^{-12})
 - In un clock a 2 GHz la distanza tra un tick e l'altro è di 0.5 nanosecondi

$$P = \frac{1}{2 \times 10^9} = \frac{1}{2} \times 10^{-9} = 0.5 \times 10^{-9}$$

Velocità di accesso e periferiche



- La velocità di un computer non è solo legata alla frequenza del clock della CPU, ma anche alle interazioni con gli altri componenti: RAM e periferiche
- Il tempo di accesso alla RAM è nell'ordine dei **nanosecondi**: circa **4 ns** nei computer moderni
- Il tempo di accesso ad un Hard Disk è nell'ordine dei **millisecondi**: circa **10 ms** nei computer moderni
- In un computer a 2 GHz (periodo di 0.5 ns) sono quindi necessari
 - almeno 8 “colpi di clock” (**cicli di clock**) tra due accessi consecutivi alla RAM
 - almeno 18 milioni di cicli di clock tra due accessi consecutivi all'HD

Lo spazio

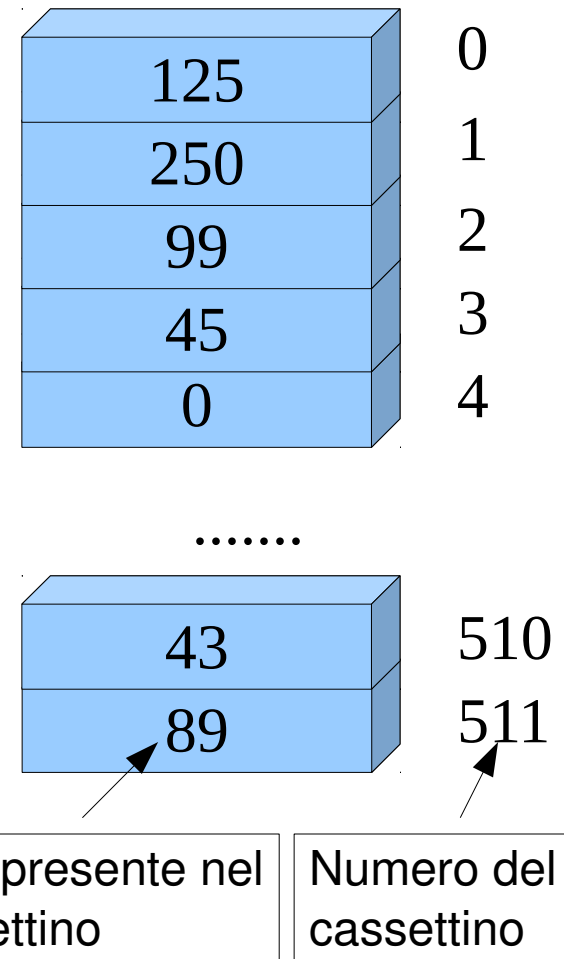


- RAM, ROM e memorie di massa sono utilizzate per contenere dati e programma
- Ma quanti dati e quanti programmi possiamo memorizzare?
- Ci serve un'unità di misura per lo spazio di memoria
- Tuttavia occorre prima capire in che modo le memorie sono strutturate internamente

RAM e ROM



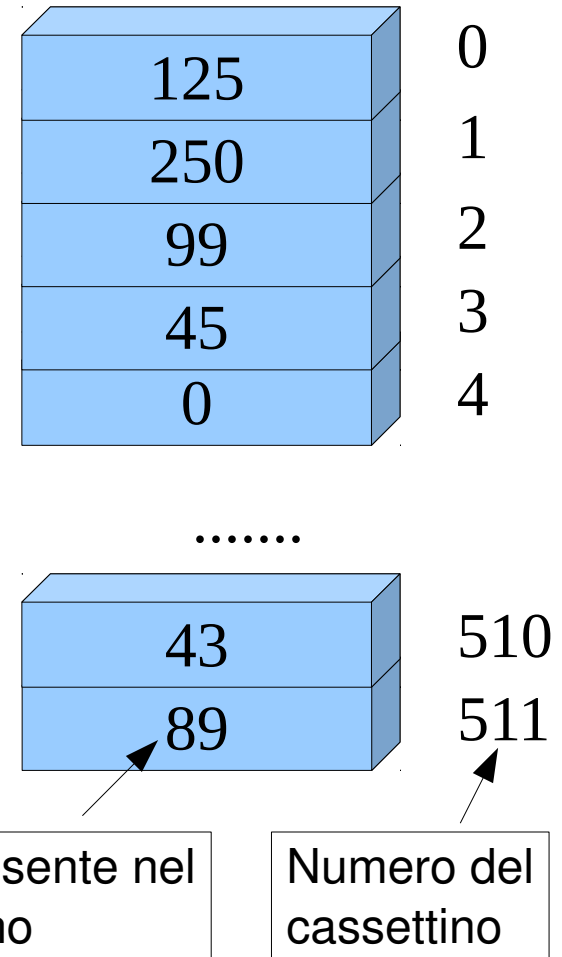
- Sono circuiti elettronici, ma possiamo pensarli come virtualmente composti da un insieme di “**cassettini**”, ognuno dei quali può contenere un singolo “**dato**”:
 - Ogni cassetto è numerato progressivamente, da 0 fino al numero che rappresenta la capacità massima della memoria considerata
 - Ogni dato è in realtà un'informazione numerica intera che può assumere un valore da **0 a 255**
 - Possiamo considerare quest'informazione come equivalente ad un **carattere alfanumerico**



RAM, ROM e misura dello spazio



- E' possibile leggere o scrivere un cassetto per volta
- La scrittura di un nuovo dato in un cassetto provoca la sostituzione del vecchio valore
- Ogni cassetto è detto **locazione di memoria** o **cella di memoria**
- Il “numero di cassetto” è detto **indirizzo della locazione/cella di memoria**
- Il dato presente nel cassetto è detto **byte**, termine usato anche per indicare la dimensione
- Un **byte** equivale ad un'informazione numerica che può assumere un valore da **0 a 255**



RAM, ROM e capacità

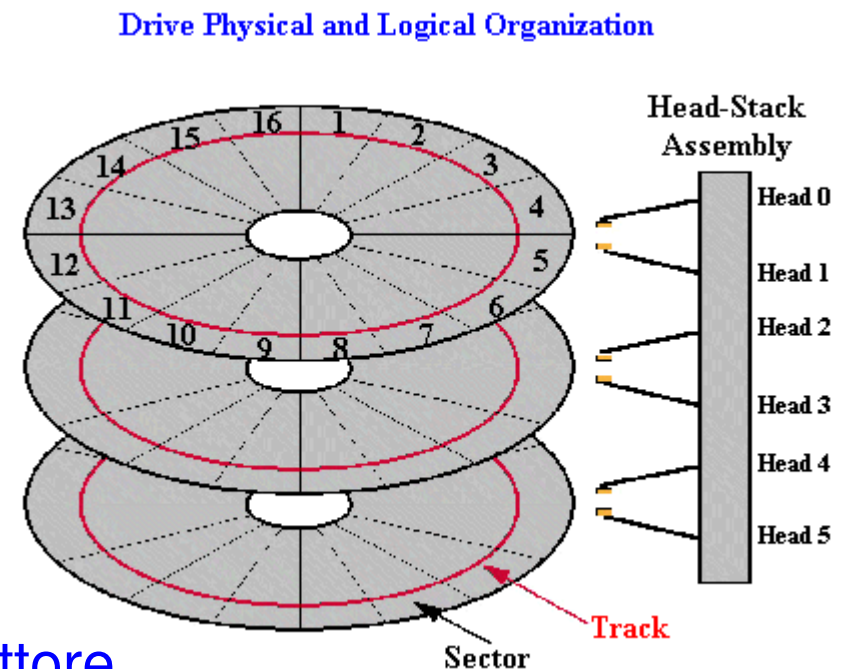


- La capacità di una memoria (ossia, la quantità di informazione che essa è in grado di memorizzare) si misura in **byte**, usando in particolare, i multipli
 - **KB (Kilo)**: 1 KByte = 1024 Byte
 - **MB (Mega)**: 1 MByte = 1024 KByte
 - **GB (Giga)**: 1 GByte = 1024 MByte
 - **TB (Tera)**: 1 TByte = 1024 GByte
- Si usa il fattore 1024 (e non 1000) perché la numerazione, su un computer, è basata sulle potenze del 2: $1024 = 2^{10}$
- Una memoria da 4 MB quindi
 - è in grado di contenere $4 * 1024 * 1024 = 4194304$ byte
 - I suoi indirizzi vanno da 0 a 4194303

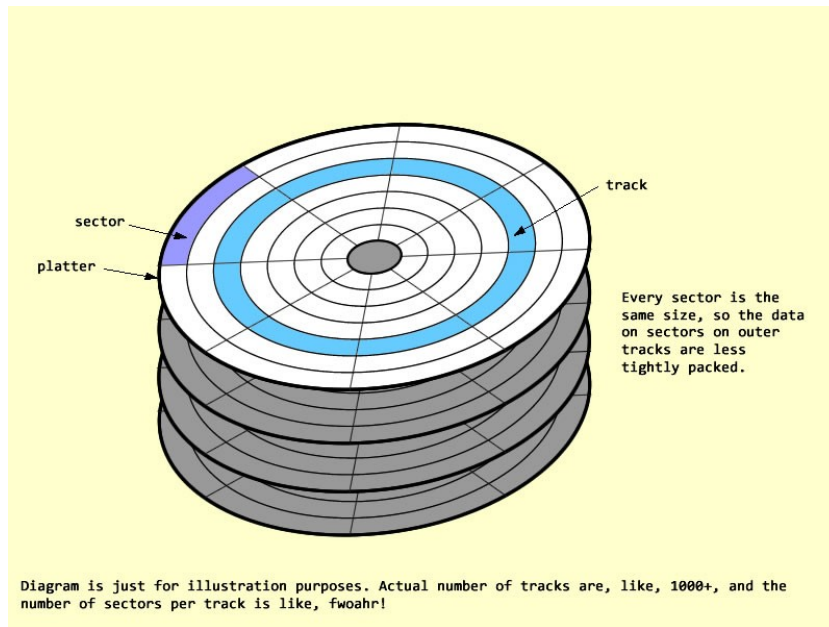
Memorie di massa



- Anche la capacità di una memoria di massa si misura in **byte** con i relativi multipli
- Tuttavia l'organizzazione è **differente** da quella della RAM/ROM
- Un Hard Disk è fisicamente organizzato in
 - Dischi (Piatti)
 - Testine
- Ogni piatto è logicamente organizzato in:
 - Tracce
 - Settori
- Ogni settore contiene **512 byte**
- E' possibile leggere/scrivere per settore

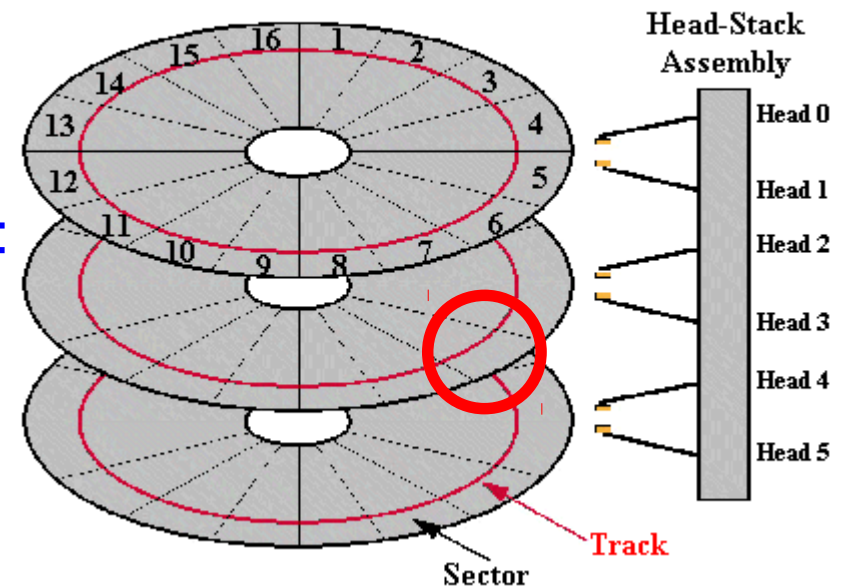


Memorie di massa



- E' possibile leggere/scrivere un settore **sempre per intero e trasferirlo da/verso la RAM**

Drive Physical and Logical Organization



Il blocco in rosso è indirizzato come:

- Head 2
- Track 0
- Sector 6