

Università degli Studi di Padova
Corso di Laurea in Matematica
A.A. 2008-2009

INTRODUZIONE ALLA
PROGRAMMAZIONE
Barbara Di Camillo

Si ringraziano il Dott. Enrico Grisan e il Dott. Fabio Aiolli per il materiale didattico fornito

Cos'è l'Informatica

Informatica: definizione

INFORMATICA = **INFOR**mazione auto**MATICA**

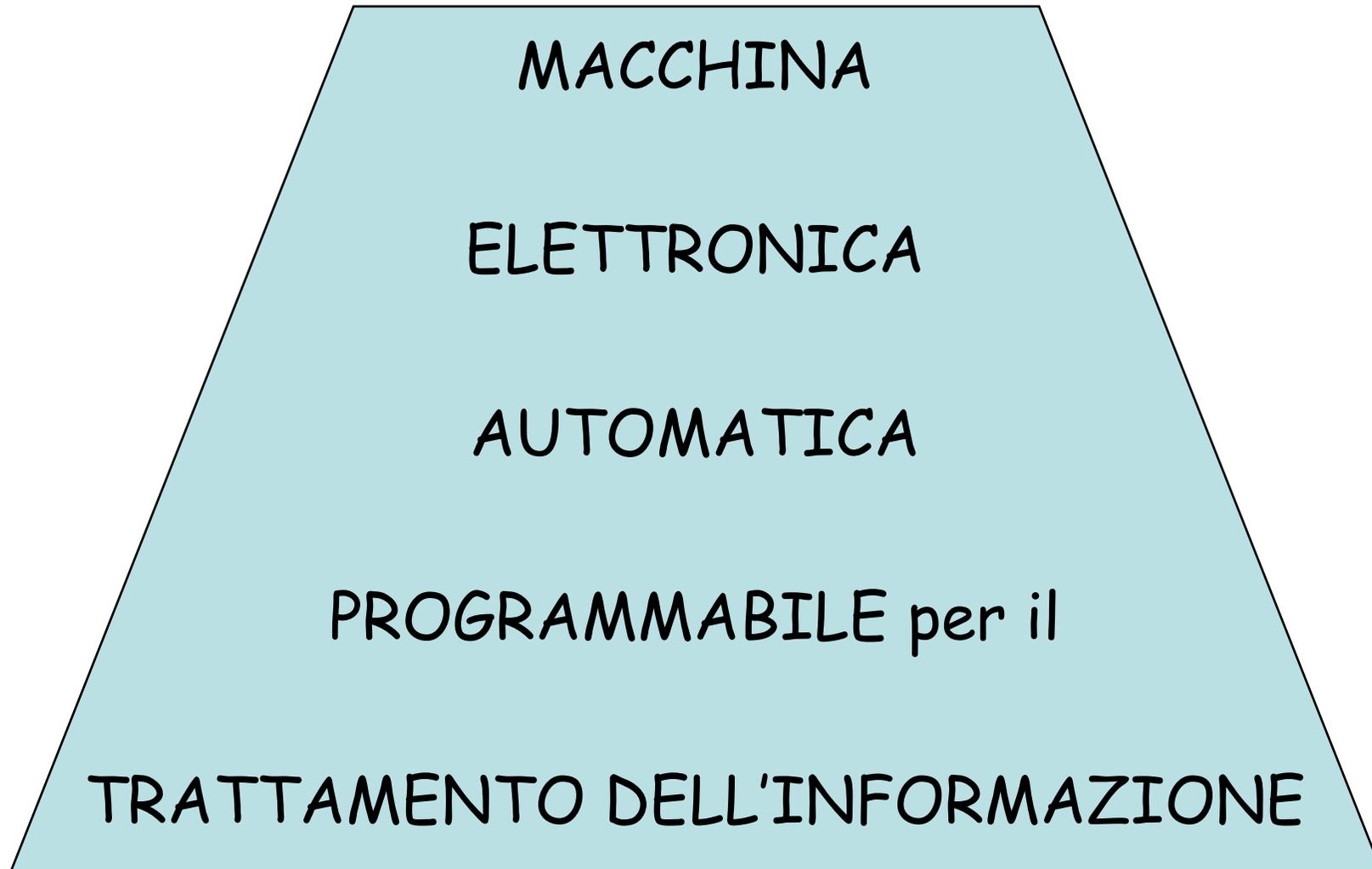
In inglese si usa invece il termine **COMPUTER SCIENCE** (scienza dei calcolatori)

INFORMATICA focalizza l'attività che si prefigge di studiare la disciplina

COMPUTER SCIENCE focalizza invece lo strumento utilizzato

Comunque sia, tutto ciò che è relativo a studio, progettazione, fabbricazione e impiego degli elaboratori

Calcolatore o Computer



Operazioni di un Calcolatore

Le **operazioni** che un calcolatore e' in grado di svolgere possono essere suddivise in

1. Ingresso (input)
2. Uscita (output)
3. Memorizzazione (storage)
4. Recupero (retrieval)
5. Trasmissione (sending)
6. Ricezione (receiving)
7. Elaborazione (processing)

Limiti di un Calcolatore

- Esistono elaborazioni che x un computer sono
 - **IMPOSSIBILI** da svolgere (funzioni non calcolabili)
 - **TROPPO COMPLESSE** per essere calcolate in tempi ragionevoli(l'informatica teorica si occupa anche di questi aspetti)
- **Intelligenza Limitata** nonostante la cosiddetta Intelligenza Artificiale sia un campo in rapido sviluppo!!

Informazione e Dati

- Un dato e' un informazione **codificata** in forma adatta per essere trattata da un elaboratore
 - Dati + Interpretazione = Informazione

Sistema di Elaborazione

- *Sistema*, ovvero formato da un insieme di parti interagenti
- La descrizione corretta delle singole parti (cosidetti *moduli*) non è sufficiente a caratterizzare un sistema
- L'interazione tra le parti e/o con l'esterno (cosidetta *interfaccia*) è altrettanto importante!

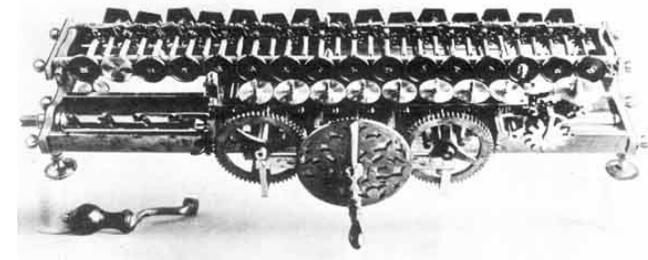
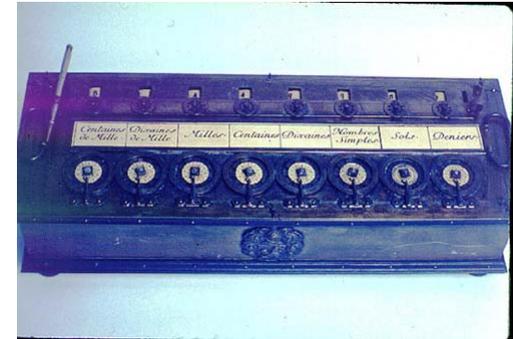
Elaboratori e programmi

- Elaboratore Elettronico Digitale
- **Elaboratore Elettronico**: Rapidissimo e preciso
esecutore di ordini codificati come programmi che agiscono sui dati
- **Digitale**: I dati vengono elaborati e memorizzati in forma discreta (0/1)
- N.B. Dati e programmi vengono **memorizzati assieme senza alcuna distinzione**
- Informazione rappresentata come assenza o presenza di **tensione elettrica** o come magnetizzazione o non magnetizzazione di **supporti magnetici** (memorizzazione)

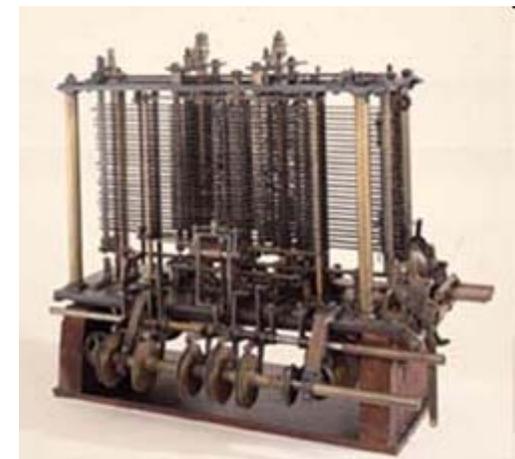
Un po' di storia...

Un po' di storia

- L'idea di utilizzare dispositivi meccanici per effettuare in modo automatico calcoli risale al '600 (Pascal, Leibniz)



- Nell'ottocento vengono realizzati i primi dispositivi meccanici "a programma": telai Jacquard, pianole, macchine di Babbage



Un po' di storia

- Nel 1896 Hollerith fonda la "Tabulating Machine Company" (poi IBM), che produce sistemi meccanografici a schede
- Negli anni '30 vengono realizzate le prime macchine elettromeccaniche (Zuse in Germania, Mark 1 ad Harvard)
- Nel '46 entra in servizio l'ENIAC: elaboratore a valvole termoioniche e a programma filato
- Nel '48 ENIAC viene esteso per permettere una forma di funzionamento a programma memorizzato

Un po' di storia



Progetto Manhattan

Pannelli di controllo e operatori davanti agli enormi calcolatori presso il Complesso Y-12 a Oak Ridge, Tennessee

Un po' di storia



- **George Boole**

Lincoln, 2/11/1815 – Ballintemple, 8/12/1864

- Teoria della logica matematica



- **Alan Turing**

Londra, 23/6/1912 - Manchester, 7/6/1954

- Concetto generale di macchina elaboratrice (macchina di Turing e molto altro)



- **John Von Neumann**

Budapest, 28/12/1903 - Washington, 8/2/1957

- Progettazione e sviluppo dei primi calcolatori con programma memorizzato



- **Claude Elwood Shannon**

Petoskey, 30 aprile 1916 – Medford, 24 febbraio 2001 ¹⁴

- **Teoria dell'informazione: mostra come fenomeni continui possano essere descritti in modo preciso in forma discreta**

Un po' di storia

- **MainFrame Computers** (albori)
 - Costosissimi
 - Occupavano stanze intere
 - Condivisi da molti utenti e sfruttati al massimo
- **Mini Computers** (anni '60)
 - Costoso
 - X Aziende, piccoli enti di ricerca, decine di utenti
 - Dimensioni di un armadio
 - Sperimentazione (Unix, C, mouse, GUI)
- **Home Computers** (inizio anni '80)
 - Costo contenuto
 - Utilizzo per lo più ludico e didattico
 - Commodore 64 (Vic20), Spectrum Sinclair
- **Personal Computer** (fine anni '80)

Commodore 64



Un po' di storia

- **MainFrame di nuova generazione**
 - Poco più grandi di un PC
 - Multi-processore
 - Supportano anche più di 1000 utenti
- **Super computers**
 - Elevatissima capacità elaborativa (IBM Blu Gene/L, 32658 processori)
 - Destinati ad una singola applicazione (previsioni meteorologiche, simulazioni, ..)
- **Micro-controller**
 - Completi ma totalmente integrati in un singolo CHIP
- **Palmari**
 - Dimensioni ridottissime

Super computer
CRAY 2 (1982-89)



Palmare



Calcolatore nella società moderna

- Calcolatori dedicati e multi-uso
 - Cellulari, GPS (dedicati) PC, Palmari, (multi-uso)
- Strumento
 - di lavoro e studio
 - di comunicazione (Email, chat, video/music downloading, file-sharing..)
 - di intrattenimento (Internet, giochi, musica, film, etc)
 - di calcolo (Real-time computers, Super computers, Multi Computers, Macchine 'pensanti', Domotica e Robotica)

Introduzione all'Architettura del Computer

Cos'è un computer?

Un computer è una macchina che:

- Memorizza dati
- Interagisce con dispositivi (schermo, tastiera, mouse)
- Esegue programmi

I programmi sono sequenze di istruzioni che il computer esegue e di decisioni che il computer prende per svolgere una certa attività

Come e' fatto un computer?

- Assemblaggio di circuiti elettronici elementari (CHIP)
 - Pochi millimetri quadrati
 - Basso consumo
 - Durata pressoché infinita
 - Basso costo



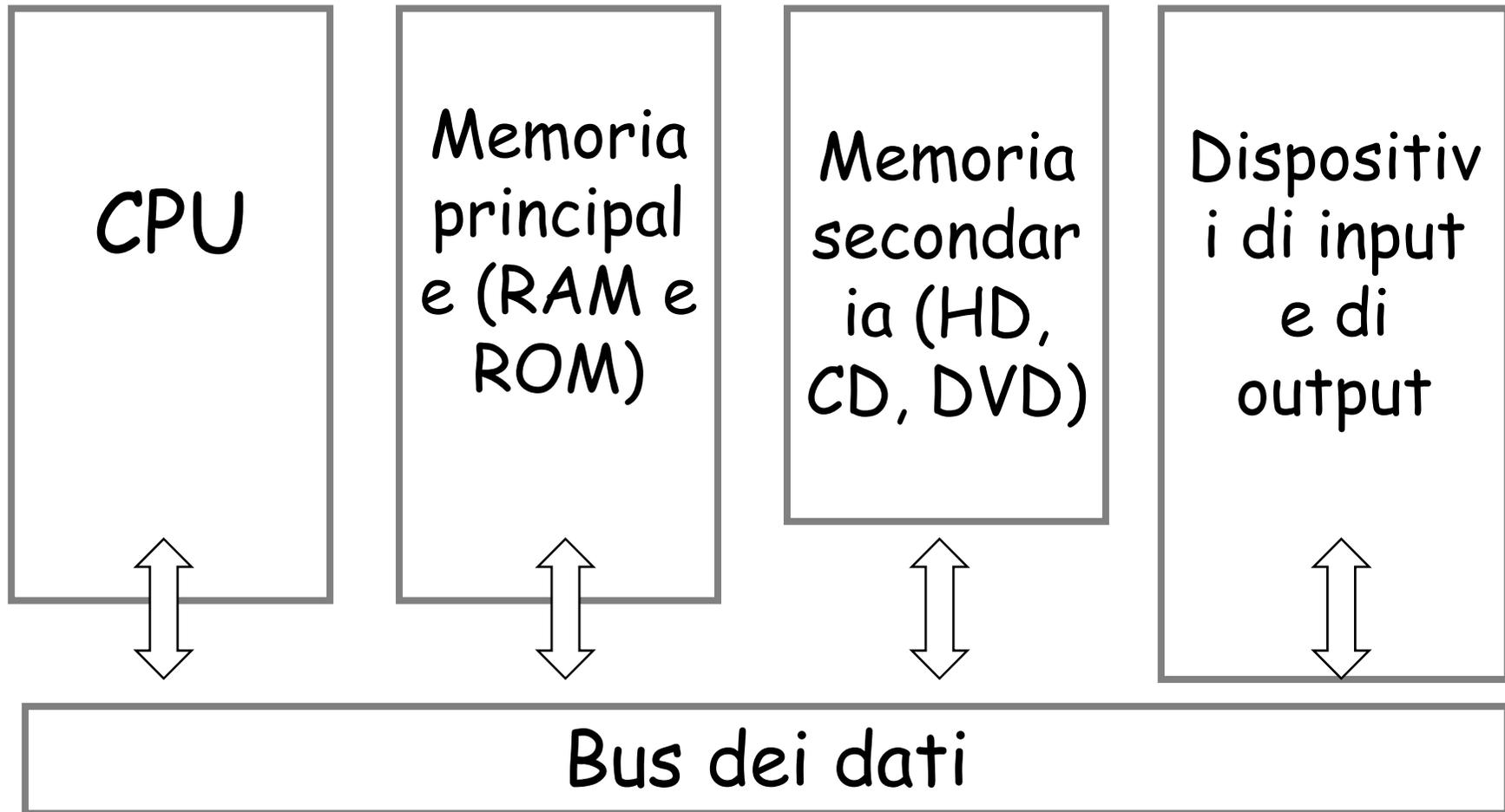
Da cosa è composto un computer?

Quattro parti principali:

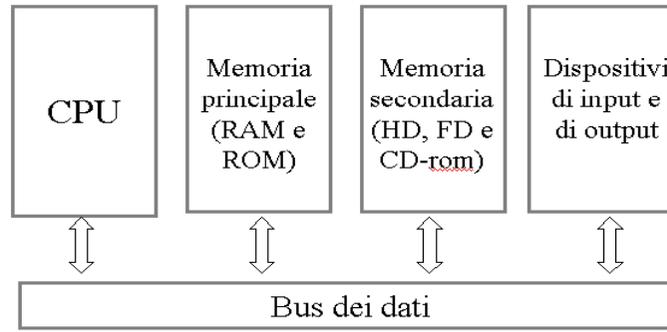
1. Central Processing Unit (CPU)
2. Unità di memoria principale (RAM, ROM)
3. Unità di memoria secondaria (HD, CD, DVD)
4. Unità di input (tastiera, mouse) e unità di output (monitor, stampante)

Come funziona un computer?

(modello di John von Neumann)



Come funziona un computer?



Architettura di Von Neumann:

la memoria della macchina è condivisa dai dati e dai programmi

Architettura Harvard :

esiste una memoria separata per i dati ed una per i programmi.

Oggi il termine "Architettura Harvard" è usato per macchine con una sola memoria principale ma con due cache separate una per i programmi ed una per i dati

CPU

La CPU (central processing unit o unità centrale di calcolo), esegue programmi scritti in **linguaggio macchina** (una serie di 0 e 1), ripetendo continuamente una serie di operazioni dette **ciclo ADE** (Access-Decode-Execute) o **FDE** (Fetch-Decode-Execute)

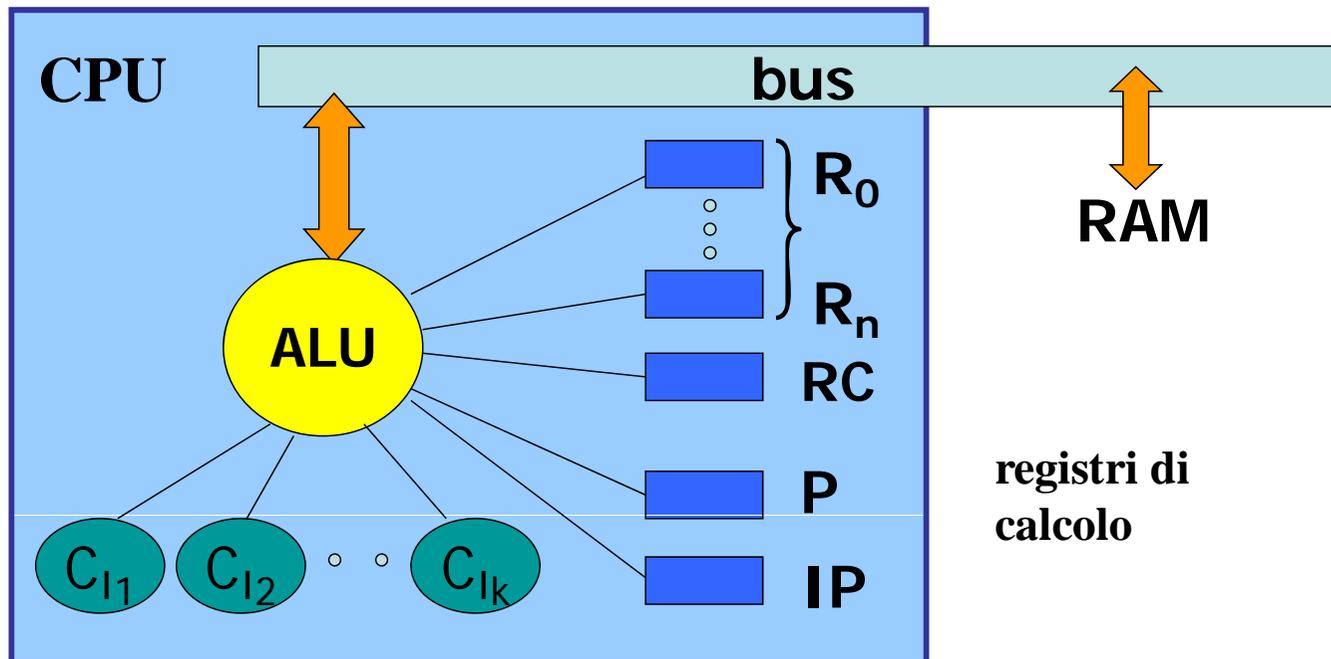
Ciclo ADE

Ogni ciclo ADE ha tre fasi:

- **Accesso:** la CPU legge istruzione da eseguire dalla RAM
- **Decodifica:** la CPU riconosce di quale istruzione si tratta (tra quelle possibili)
- **Esecuzione:** La CPU esegue l'istruzione

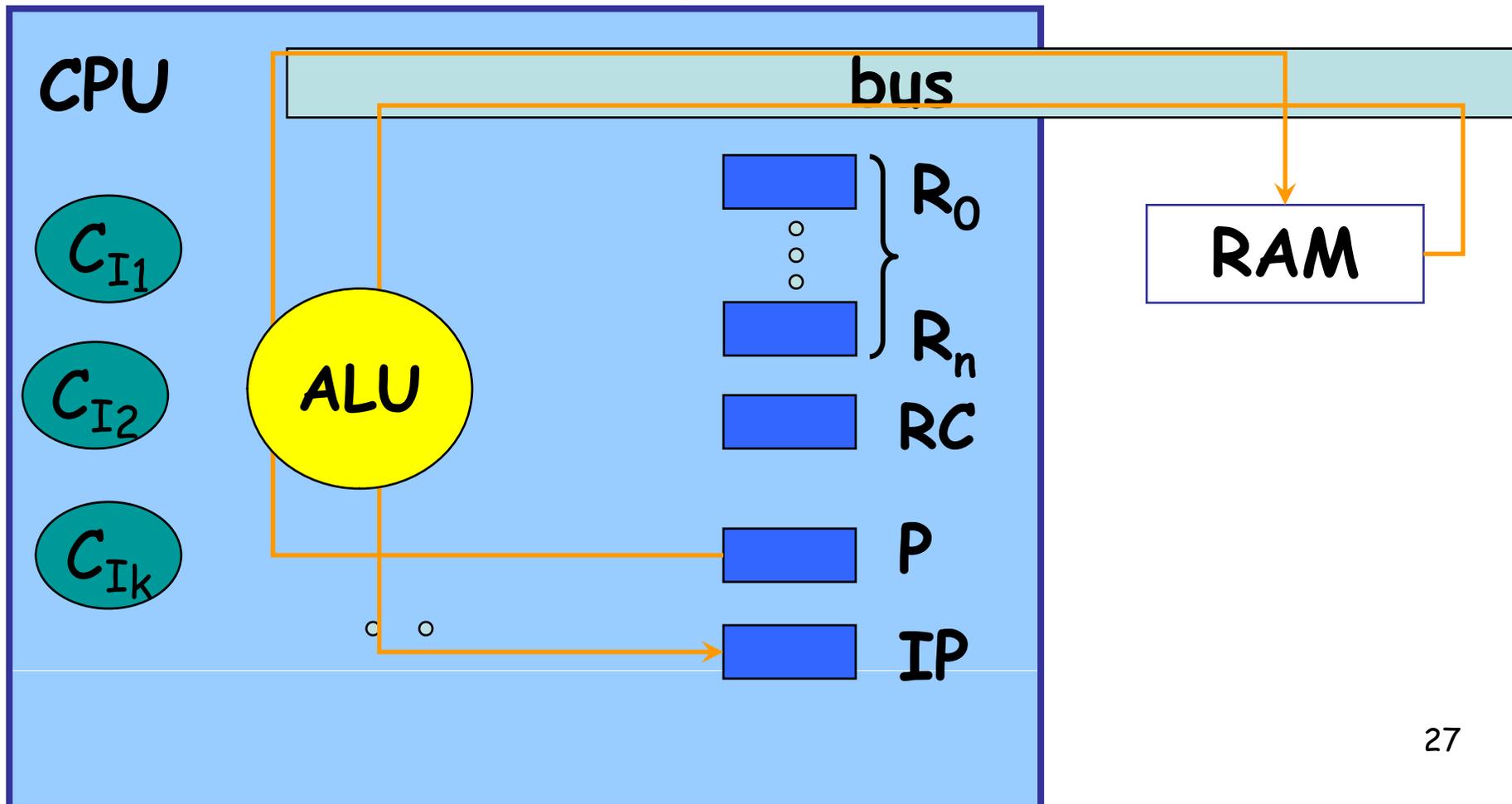
CPU

Per eseguire il ciclo ADE, la CPU contiene un'unità aritmetico logica (ALU), dei registri (R_0, \dots, R_n) che servono a fare calcoli (contengono operandi e risultati parziali dei calcoli), dei registri che contengono indirizzi di memoria RAM (RC, P, IP), delle componenti elettroniche C_{I1}, \dots, C_{Ik} che servono ad eseguire le istruzioni riconosciute dalla ALU



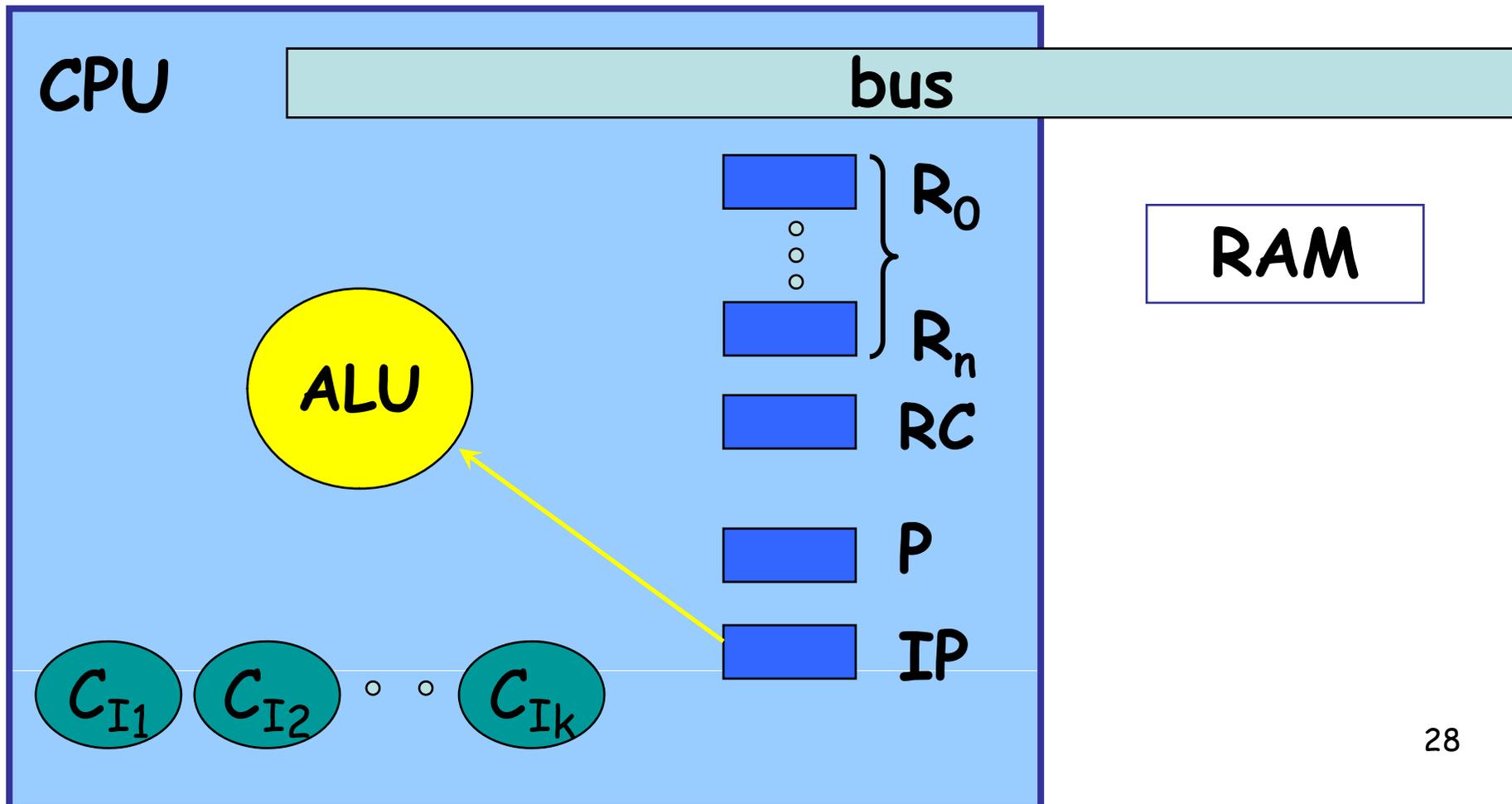
Access

- In IP viene messa l'istruzione da eseguire (contenuta nella RAM all'indirizzo specificato all'interno del registro P)
- In P viene messo l'indirizzo della RAM dove è contenuta la prossima istruzione da eseguire.



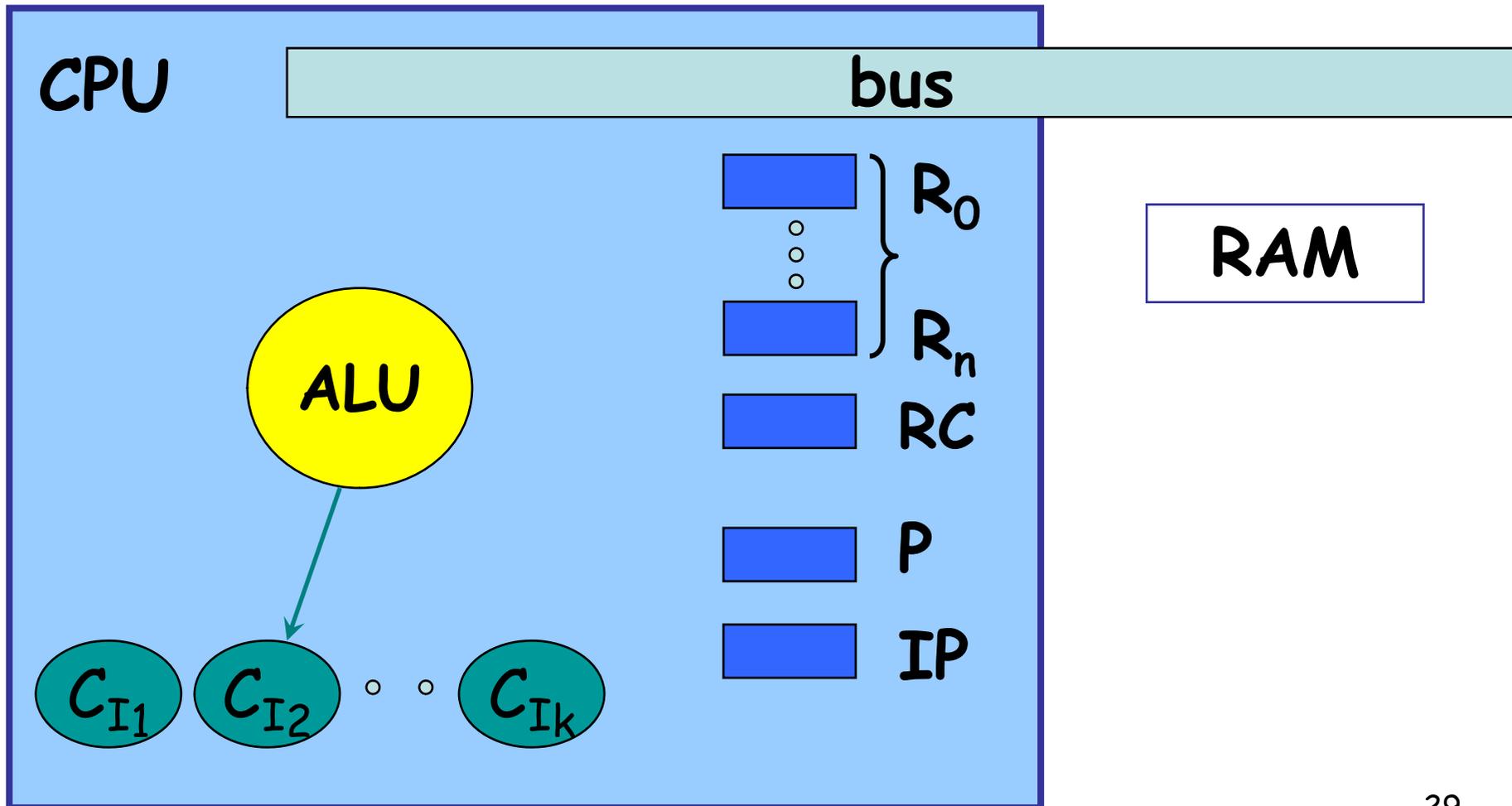
Decode

- La ALU riconosce l'istruzione come una delle istruzioni macchina I_1, \dots, I_k possibili



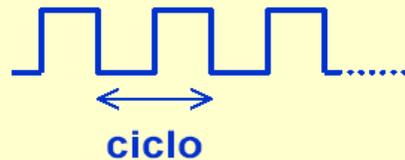
Execute

- La ALU attiva la corrispondente componente (ad esempio C_{I_2} che esegue l'istruzione richiesta)



CPU: caratteristiche

1. Clock



500 Mhz \equiv $500 \cdot 10^6$ cicli per secondo

$\Rightarrow 1/(500 \cdot 10^6)$ secondi = 2 ns per ciclo

2. Instruction set: Insieme di istruzioni offerte dall'architettura

Instruction set

Insieme di istruzioni offerte dall'architettura

CISC: (*Complex Instruction Set Computer*)

- Utilizzo del *transistor budget* per massimizzare la taglia dell' instruction set
- Esempi: Intel X86, Pentium, P6

RISC: (*Reduced Instruction Set Computer*)

- Utilizzo del *transistor budget* per velocizzare un repertorio limitato di istruzioni (*load/store*).
- Esempi: MIPS RX000, SPARC, IBM PowerPC

CISC vs RISC

CISC	RISC
Prezzo / prestazioni	
Prezzo: complessità è spostata dal software all'hardware Prestazioni: riduzione del codice, maggiore CPI (common program interface).	Prezzo: complessità è spostata dall'hardware al software Prestazioni: minore CPI, maggiore dimensione del codice
Strategie di progettazione	
<ul style="list-style-type: none">• Ampio insieme di istruzioni, che permettono di compiere sia operazioni semplici che complesse, corrispondenti di istruzioni in HLL (high-level language)• Supporto per HLL è in hardware• Unità di controllo in microcodice• Meno transistors per i registri	<ul style="list-style-type: none">• Insieme di funzioni base, mono-ciclo• Supporto per HLL è fatto via software• Indirizzamento semplice (LOAD – STORE da registro a registro)• Transistors usati per aumentare il numero di registri

CPU: Pipeline

- Devo eseguire una **stessa sequenza** di M istruzioni su N dati
- Una istruzione per ciclo di clock
- Per concludere l'elaborazione devo aspettare **$N * M$ cicli di clock**

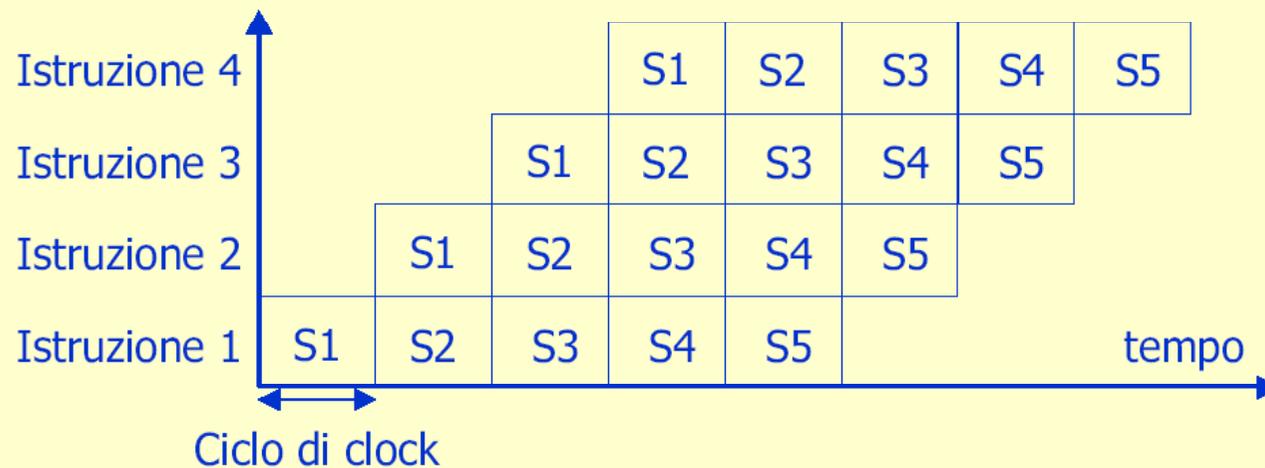
CPU: Pipeline

- Ad ogni ciclo di clock:
 - Una istruzione è eseguita
 - Un solo circuito della ALU è attivo

**Posso utilizzare più efficientemente
i circuiti della ALU?**

CPU: Pipeline

- scomposizione di una istruzione in *stadi* S1, S2, ... Sd
- ogni stadio richiede un ciclo di clock
- stadi diversi di istruzioni diverse in parallelo



CPU: Pipeline

- Il primo risultato arriva dopo M (numero di istruzioni) cicli di clock
- I successivi risultati arrivano uno per ogni ciclo di clock

Tempo di elaborazione:

$$M + (N - 1)$$

cicli per avere
il primo risultato

cicli per avere
gli altri risultati

CPU: Pipeline

Esempio

Esecuzione di 5×10^9 istruzioni
su un processore a 500 Mhz:

Con pipeline a 5 istruzioni:

$$((10^9 - 1) + 5) \text{ cicli} = ((10^9 - 1) + 5) \times 2 \text{ ns} = 2\text{s}$$

Senza pipeline

$$(10^9 \times 5) \text{ cicli} = (10^9 \times 5) \times 2 \text{ ns} = 10\text{s}$$

RAM

random access memory

memoria ad accesso diretto

Nella RAM, come ovunque in un computer, le informazioni sono rappresentate con sequenze di 0 e di 1. Numeri binari.

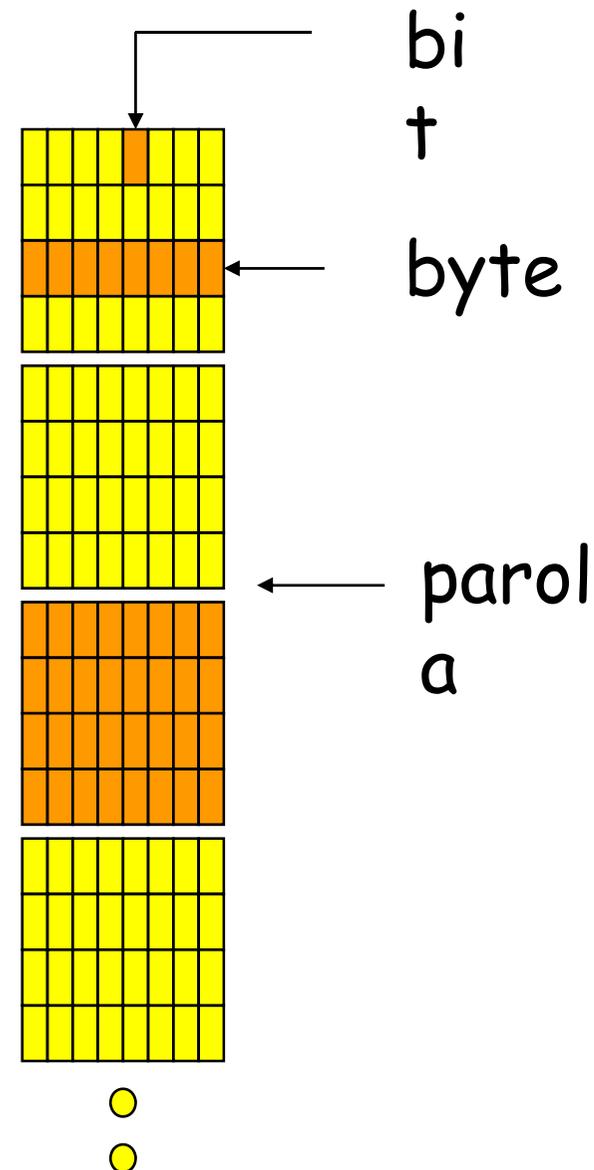
La RAM quindi è fatta per contenere tali numeri.

- un **bit** può contenere o 0 o 1
- un **byte** è una sequenza di 8 bits
- una **parola** consiste di 4 bytes

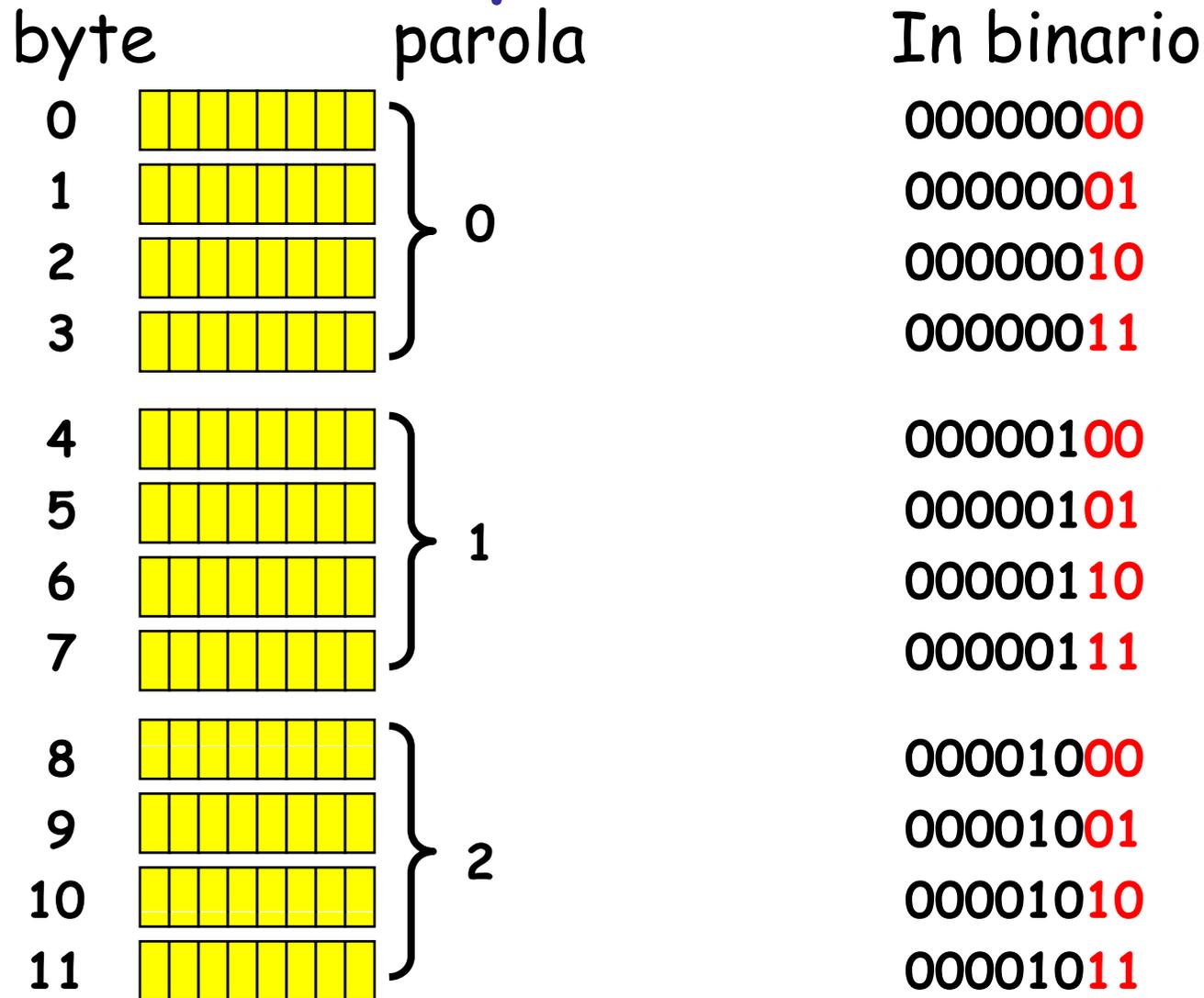
Organizzazione della RAM

La RAM è suddivisa in celle o locazioni di memoria, ognuna con un suo indirizzo univoco

Si leggono e si scrivono singoli byte o blocchi di 4 bytes consecutivi: le parole.



Indirizzamento di byte e parole



Unità di misura della RAM

1 **K**ilo byte: $2^{10} = 1024$ bytes, ≈ 1000

1 **M**ega byte: $2^{20} = 1.048.576$ bytes, ≈ 1000000

1 **G**iga byte $2^{30} = 1.073.741.824$ bytes, $\approx 10^9$

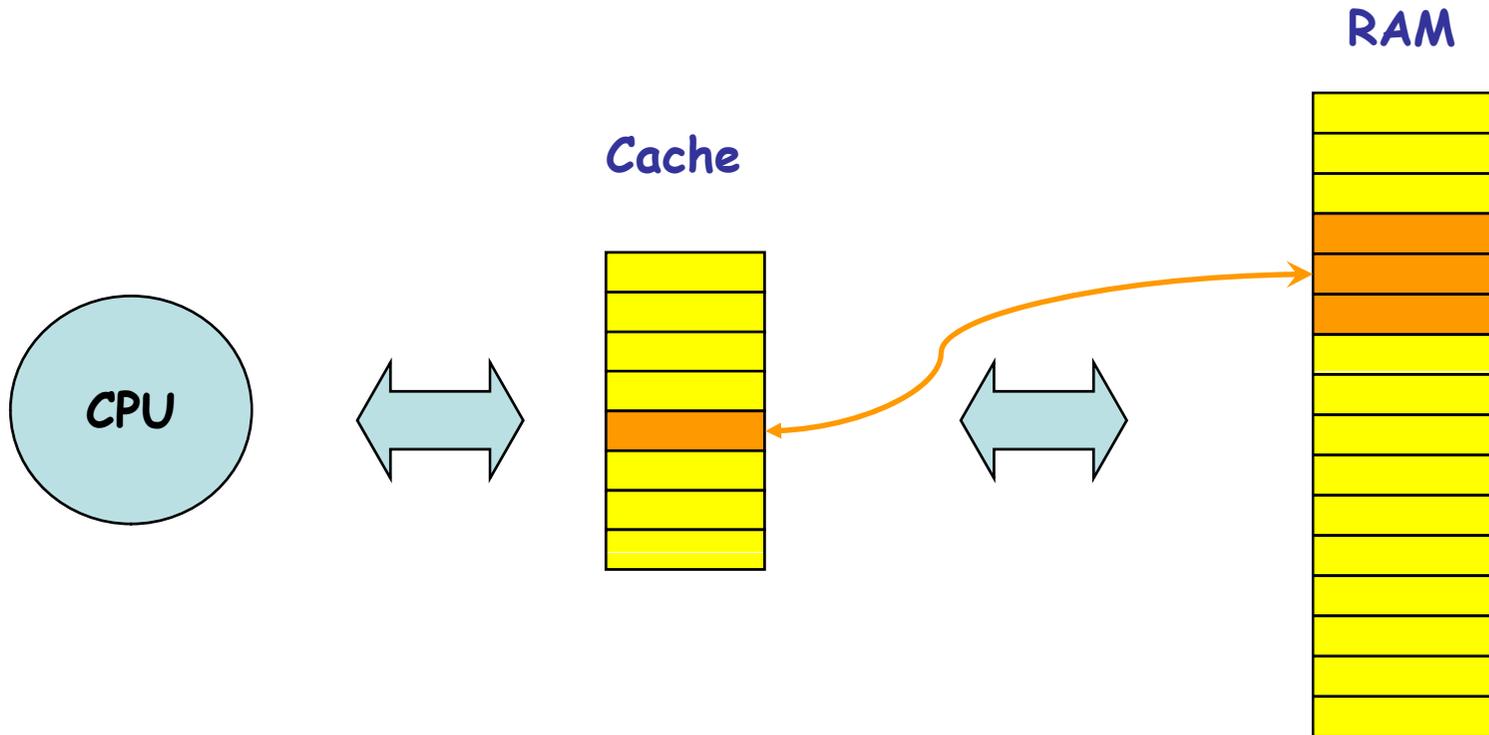
1 **T**era byte $2^{40} = 1.099.511.627.776$ bytes, $\approx 10^{12}$

CACHE

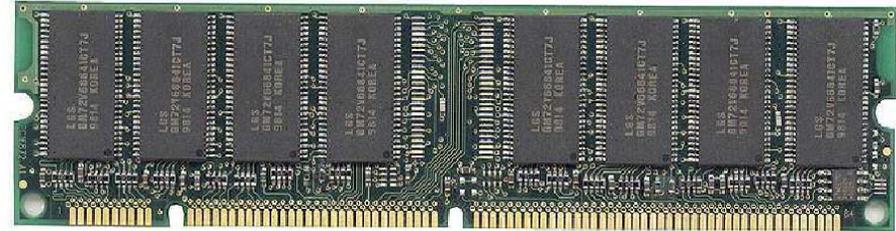
La cache è un tipo particolare di RAM ad accesso veloce.

Come vedremo poi nel dettaglio, nei computer moderni il tempo di accesso alla RAM è in genere più lungo rispetto alla velocità della CPU. Per non rallentare i tempi di esecuzione delle istruzioni i computer sono dotati di una memoria cache (tesoro, nascondiglio, munizioni), più veloce e più costosa della RAM, che in ogni momento contiene le informazioni che hanno maggior probabilità di essere richieste dalla CPU

Funzionamento della Cache



RAM



- E' costituita da chip
- RAM (Random Access Memory)

È memoria di lettura e scrittura e contiene dati in fase di modifica durante l'esecuzione dei programmi e perde i dati quando si spegne il computer (**volatile**):

SRAM (Static Random Access Memory, costituita da flip-flop)

- Tempo di accesso 1÷10 ns, usata per cache L1/L2

DRAM/SDRAM ((Synchronous) Dynamic RAM , costituita da condensatori)

- Tempo di accesso 50÷100 ns, usata per memoria principale, costo 5÷10 volte meno di SRAM e (50 volte più di dischi magnetici ma 100.000 volte più veloce)

ROM

read only memory

È una memoria simile alla RAM, ma permanente, in cui risiedono le informazioni necessarie all'avvio del computer. La ROM conserva questi dati anche quando il computer viene spento.

Di fatto queste informazioni sono piccoli programmi che caricano i programmi del sistema operativo dalla memoria secondaria alla RAM, cosicché la CPU possa eseguirli

La memoria ROM

ROM (memoria di sola lettura **read only memory**)

- **PROM** (Programmable Read Only Memory)
- **EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory)
- **EEPROM** (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)
- **FLASH** (si cancella per blocchi non per byte come EEPROM)

Bios

Il Basic Input-Output System o BIOS è il programma, memorizzato nella memoria ROM, che viene eseguito da un Computer dopo l'accensione, per:

1. Eseguire una serie di test diagnostici per controllare lo stato di funzionamento dell'hardware e segnalare eventuali guasti rilevati tramite un codice sonoro
2. Localizzare il sistema operativo e caricarlo nella RAM
3. Fornire una interfaccia software per l'accesso alle periferiche e all'hardware del PC (attualmente i moderni sistemi operativi non usano più il BIOS per le loro operazioni di I/O ma accedono direttamente all'hardware)

Bios

Il BIOS è scritto di solito nel linguaggio macchina della CPU utilizzata.

Attualmente il BIOS dei PC è scritto su memorie EEPROM riscrivibili, quindi può essere modificato e aggiornato: generalmente i costruttori mettono a disposizione nuove versioni di BIOS per correggere difetti o aggiungere supporto a periferiche hardware non previste inizialmente. Tuttavia non è consigliabile aggiornare il BIOS di un PC senza un motivo ben preciso, perché l'operazione di aggiornamento, se non va a buon fine, può rendere il PC inutilizzabile.

La memoria secondaria

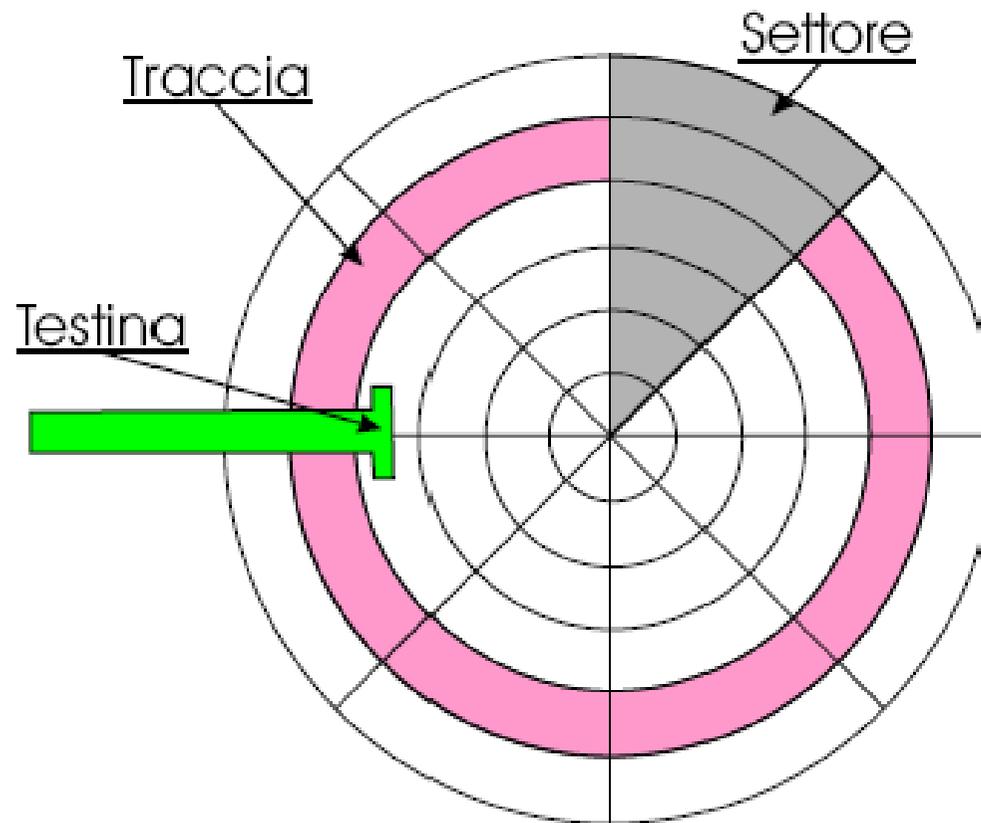
E' di solito un disco rigido che contiene dati e programmi in modo permanente (può essere anche un dvd, cd-rom, floppy disk, etc).

Tempi di accesso:

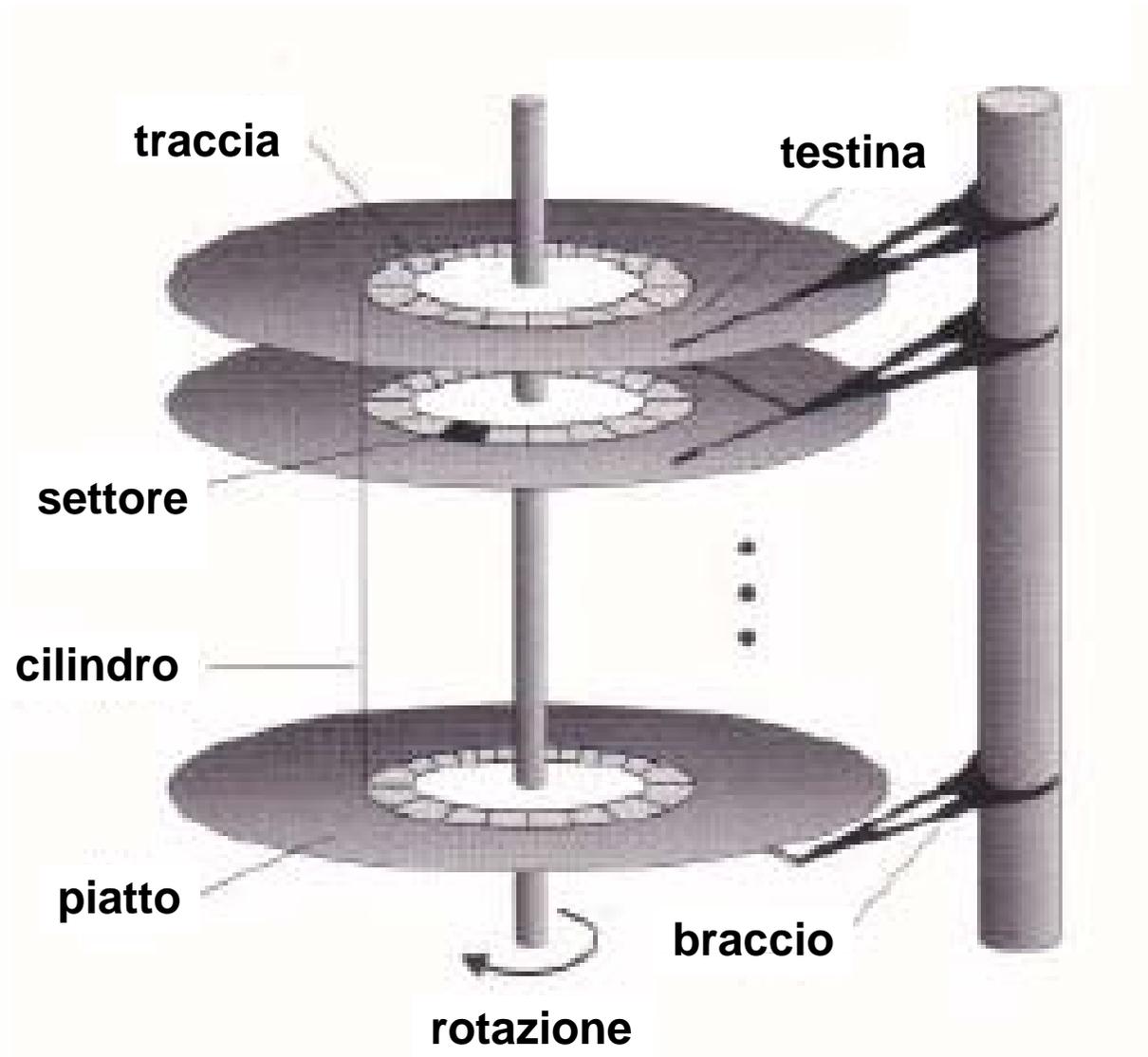
- Floppy: $O(100)$ ms
- Hard disk: $O(10)$ ms

Programmi e dati risiedono sul disco rigido e vengono caricati nella RAM quando è necessario per poi tornarvi aggiornati se e quando necessario.

La memoria secondaria



La memoria secondaria



La memoria secondaria

Tempo di accesso a un settore:

SEEK+LATENCY+TRANSMISSION

- SEEK = ricerca della traccia
- LATENCY = ricerca del settore da trasferire
- TRANSMISSION = trasmissione del settore

La memoria secondaria

Esempio

Accesso ad un settore di 0.5 Kb per un disco che abbia

SEEK = 9ms

Velocità di rotazione = 7200 rpm

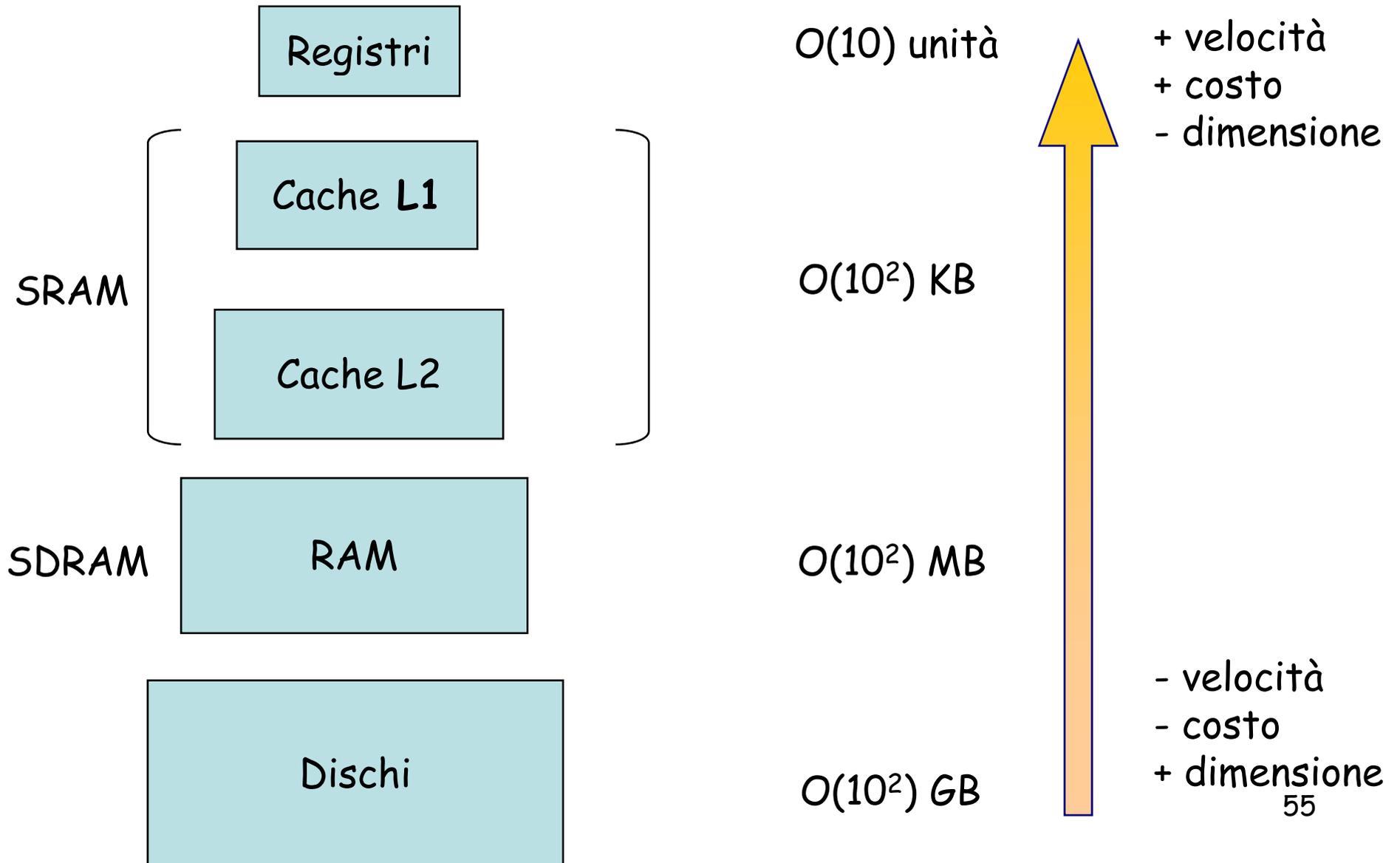
TRANSMISSION = 4 Mb/s

$$0.009 + 0.5 * 60 / 7200 + 0.5 / 4000 = 13.3 \text{ ms}$$

Prestazioni e affidabilità dei dischi

- le prestazioni (velocità) di un singolo disco sono limitate dalla tecnologia usata,
 - per aumentare le prestazioni si può pensare di far operare in **parallelo più dischi**:
 - per servire in parallelo più richieste,
 - per servire in parallelo una singola richiesta (se i dati sono distribuiti su più dischi);
- anche l'affidabilità dei dischi è limitata,
 - avendo un numero elevato di dischi poco costosi, si può anche aumentare la affidabilità, introducendo **ridondanza** (per rilevare eventuali errori, ma anche per correggerli).

Gerarchia di memoria



Gerarchia di memoria

Principio di località

i programmi accedono:

- a porzioni limitate di memoria
- durante limitati intervalli di tempo



Località temporale



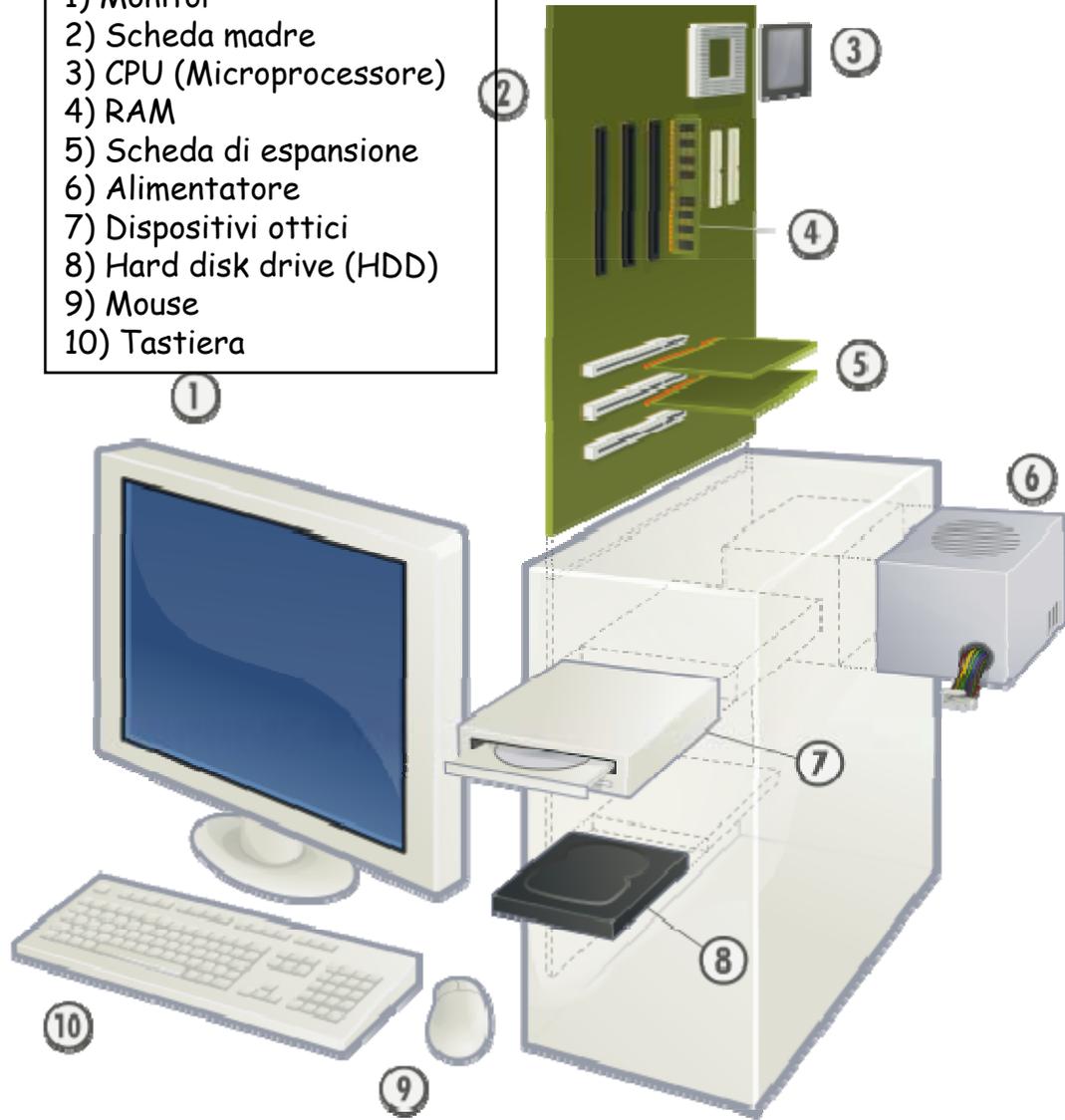
Località spaziale

Che cosa c'è dentro il *case*?

1. Ci sono varie cose:
 1. Scheda madre + CPU
 2. Memoria RAM e ROM
 3. HD, FD, CD-ROM
 4. Scheda video, Scheda audio
 5. Scheda di Rete

Personal Computer

- 1) Monitor
- 2) Scheda madre
- 3) CPU (Microprocessore)
- 4) RAM
- 5) Scheda di espansione
- 6) Alimentatore
- 7) Dispositivi ottici
- 8) Hard disk drive (HDD)
- 9) Mouse
- 10) Tastiera



Scheda Madre

La scheda madre (in inglese motherboard) raccoglie in sé tutta la circuiteria elettronica di interfaccia fra i vari componenti principali e fra questi e i bus e le interfacce verso l'esterno.

È responsabile della trasmissione e temporizzazione corretta di molte centinaia di segnali diversi, tutti ad alta frequenza e tutti sensibili ai disturbi: per questo la sua buona realizzazione è un fattore chiave per la qualità e l'affidabilità dell'intero computer

Scheda video

- Una scheda video è un componente del computer che ha lo scopo di generare un segnale elettrico (output) che possa essere mostrato a video. Una tipica scheda video contiene un integratore grafico (o più di uno) che gestisce una certa quantità di RAM dedicata a memorizzare i dati grafici da visualizzare e che risiede fisicamente sulla scheda stessa.

Scheda audio

- Una scheda audio è una scheda di espansione che si occupa di trasformare un flusso audio digitale in un segnale analogico (o anche digitale nelle configurazioni più recenti), riprodotto da un set di altoparlanti. La maggior parte delle schede audio attuali è anche in grado di ricevere input (da microfoni o strumenti musicali) che invia all'unità di elaborazione centrale.

Scheda di rete

- La scheda di rete è un'interfaccia digitale che viene inserita solitamente all'interno di un Personal Computer, Server, Stampante, ecc., per consentire la connessione ad una rete informatica.