

# Hardware

**Da leggere:**

**Cap.4 - 4.1**

**Sawyer, Williams (testo A)**

**I parte**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

# Sommario

- ☞ Quali sono le principali componenti del sistema (analisi funzionale dell'architettura)?
- ☞ Come funzionano il **microprocessore** e la **memoria principale**?
- ☞ Altre memorie elettroniche: cache, ROM
- ☞ Collegamenti: il bus

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Architettura dei computer

☉ Sistema composto da un numero elevato di componenti; ogni componente svolge una sua **funzione**

- ☉ **elaborazione** dati
- ☉ **memorizzazione** dati
- ☉ **trasferimento** dati



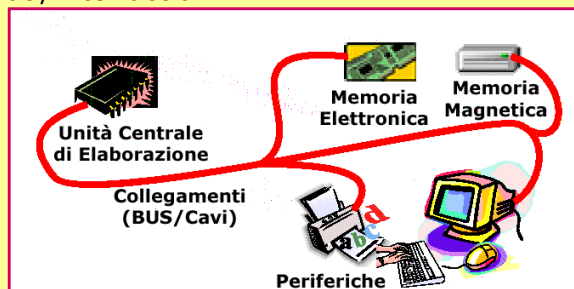
Per ogni funzione di base prendiamo in considerazione i componenti in grado di svolgerla e analizziamone il funzionamento nel dettaglio

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

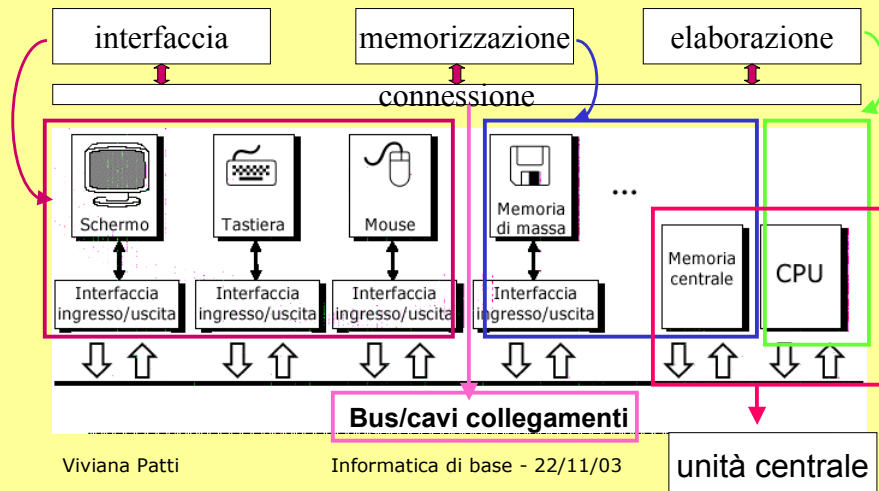
## Architettura dei computer

- ☉ possiamo distinguere 4 componenti principali e classificarle/descriverle a seconda della loro **funzione**
- ☉ Elaborazione dati
  - ☉ **Processore** (o Central Processing Unit - CPU)
- ☉ Memorizzazione dati
  - ☉ **Memoria principale** (o Random Access Memory)
  - ☉ **Memoria secondaria** (o di massa)
- ☉ Trasferimento dati/Interfaccia
  - ☉ **Dispositivi di input/output**



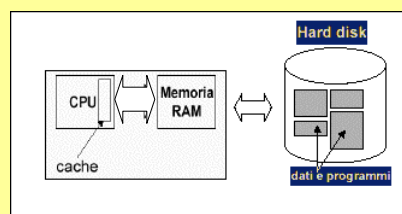
Viviana Patti

## Architettura: componenti principali



## Scenario

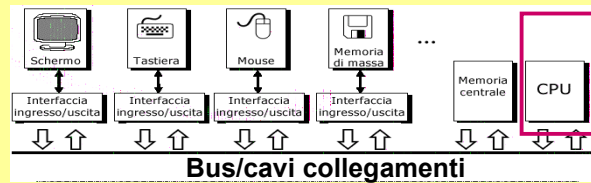
- ☞ Intuitivamente, richiamiamo alla mente lo scenario in cui avviene l'elaborazione dei dati in un computer
- ☞ I programmi e i dati **risiedono** nella **memoria secondaria**
- ☞ Per essere eseguiti (i programmi) e usati (i dati) vengono **copiati** nella **memoria principale**
- ☞ Il **processore** è in grado di **eseguire le istruzioni** di cui sono composti i programmi



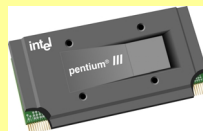
Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Il processore (CPU)



- ☞ Insieme alla CPU forma l'**Unità Centrale** di un elaboratore
- ☞ ha la capacità/funzione di **elaborare le informazioni contenute nella memoria principale**



Circuito integrato

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Il processore (CPU)

- ☞ Il ruolo del processore è quello di eseguire i **programmi** scritti in **linguaggio macchina** infatti
- ☞ l'elaborazione delle informazioni avviene in accordo a sequenze di istruzioni -> **istruzioni macchina**
- ☞ **linguaggio macchina** = linguaggio in cui sono scritte le istruzioni eseguite dal processore
- ☞ **programma** =
  - ☞ specifica **univoca** di una serie di operazioni che l'elaboratore deve svolgere
  - ☞ **sequenza ordinata** di istruzioni macchina elementari

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Il processore (CPU)

☞ Dove stanno i programmi? Ricordiamoci lo scenario di riferimento:

- ☞ per essere eseguiti (i programmi) e usati (i dati) vengono **copiati** nella **memoria principale**
- ☞ la memoria principale è un vettore di **celle**, che sono indirizzate in base alla loro posizione
- ☞ la memoria principale contiene
  - ☞ la **sequenza di istruzioni** che devono essere eseguite dal processore
  - ☞ l'insieme dei **dati** su cui le istruzioni operano

0	3,145
1	13.200.985
2	3.840.775
3	LOAD 1 R1
4	LOAD 2 R2
5	ADD R1 R2
	...
N	

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Il processore (CPU)

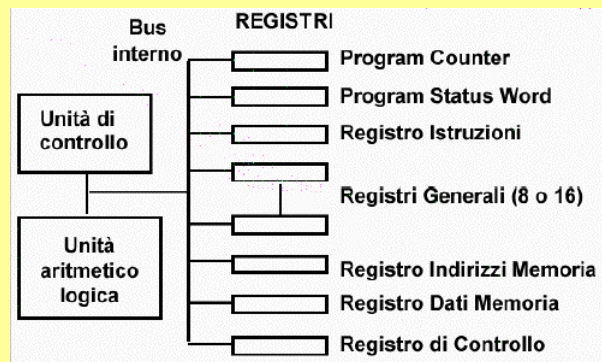
- ☞ Ogni tipo di processore è in grado di eseguire un numero limitato (40/100) di istruzioni
- ☞ **Set di istruzioni macchina:**
  - ☞ istruzioni aritmetiche
  - ☞ istruzioni logiche
  - ☞ istruzioni di spostamento
  - ☞ istruzioni di lettura/scrittura in memoria
  - ☞ di salto
- ☞ **Combinando** in modo diverso sequenze anche molto lunghe di istruzioni si possono far fare al computer cose completamente diverse!

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Il processore (CPU): architettura

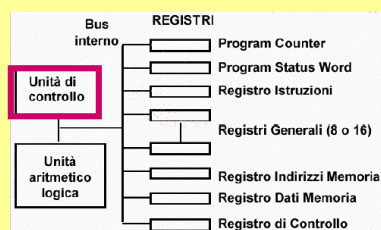
- Il processore è costituito da varie componenti che svolgono compiti differenti



Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## unità di controllo

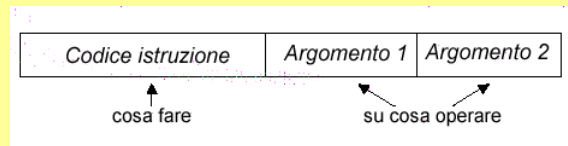


- L'**Unità di Controllo** (UC) è la parte più importante del processore e si occupa di
  - coordinare** le diverse attività svolte all'interno del processore
  - eseguire** le istruzioni dei programmi
  - controllare** il flusso delle istruzioni tra il processore e la memoria

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## unità di controllo



- Il processore svolge la sua attività in modo ciclico
  - Ad ogni ciclo vengono svolte diverse attività sotto il controllo dell'UC:
    - si **legge** (carica) dalla memoria principale la "prossima" **istruzione da eseguire**
    - si **decodifica** l'**istruzione** e si leggono gli eventuali dati (operandi) specificati nell'istruzione dalla memoria principale
    - si **esegue** l'istruzione
    - si memorizza l'eventuale risultato e ....si **ricomincia**
- CICLO FETCH-DECODE-EXECUTE**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Unità di controllo e clock



- La frequenza con cui vengono eseguiti i cicli di esecuzione è scandita da una componente detta **clock**
- Il **clock** fornisce una cadenza temporale per l'esecuzione delle operazioni elementari: semplificando possiamo pensare che ad ogni ciclo di clock la UC esegue 1 ciclo di esecuzione di 1 istruzione macchina -> Perché semplificando: l'esecuzione di una istruzione può richiedere più cicli di clock, oppure nello stesso ciclo di clock si possono eseguire (parti) di istruzioni diverse (dipende dal tipo di processore)
- La **frequenza del clock**: numero di operazioni elementari che vengono eseguite nell'unità di tempo
  - si misura in **MHz o GHz**: **300, 400 MHz sono circa 300/400 milioni di cicli (istruzioni) al secondo; 1 GHz corrisponde circa a un miliardo di istruzioni al secondo**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## clock e velocità del processore

*Se acquistate un calcolatore...*

*..ha un processore a 600 MHz*



....vuol dire che il processore è in grado di eseguire (circa) 600 milioni di istruzioni al secondo..

La **velocità di elaborazione** di un processore dipende dalla frequenza del suo clock

Attualmente i processori hanno valori di frequenza di clock che variano fra i 500 MHz e 2 GHz (tra 500 e 2000 milioni di impulsi al secondo)

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## unità di controllo

☉ L'esecuzione di un'istruzione comporta l'invio di comandi opportuni all'unità in grado realizzare effettivamente l'operazione:

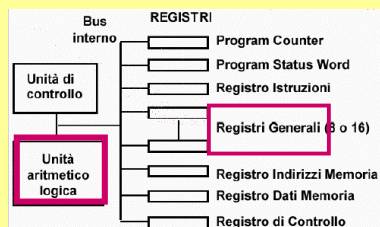
- ☉ Calcoli: **Unità aritmetico logica**
- ☉ Lettura / Scrittura dati: Memoria
- ☉ Acquisizione / Stampa: Dispositivi di I/O

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03



## Unità Aritmetico Logica: ALU

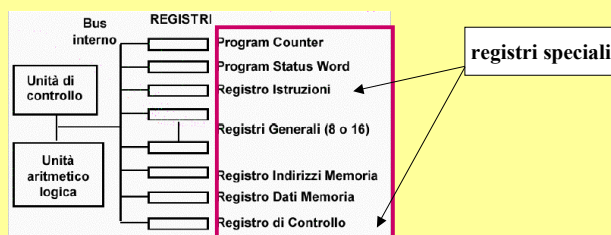


- @ **L'Unità Aritmetico-Logica (ALU)** è costituita da un insieme di circuiti in grado di **svolgere le operazioni di tipo aritmetico e logico**
- @ La ALU legge i dati contenuti all'interno dei registri generali, esegue le operazioni e memorizza il risultato in uno dei registri generali
- @ In alcuni elaboratori oltre alla ALU si può avere un processore specializzato per effettuare operazioni matematiche particolari, il **coprocessore matematico**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## I registri



- @ **I registri** sono delle unità di memoria estremamente veloci, usate per mantenere le informazioni di necessità immediata per il processore.
- @ Le dimensioni dei registri variano da 16, 32, 64 bit e sono una caratteristica fondamentale del processore
- @ **2 tipi di registri: speciali/generali**
  - @ **speciali:** utilizzati per scopi particolari dalla UC:  
Esempio: L'indirizzo della "prossima" istruzione da eseguire è memorizzato nel registro **Program Counter (PC)**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

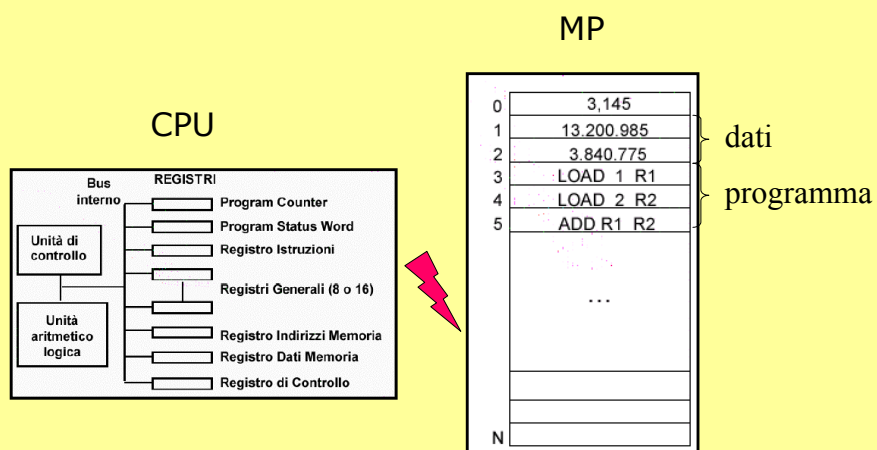
## Che tipi di istruzioni?

- Che tipi di istruzioni esegue un processore?
- Alcuni esempi:
  - **leggi** la parola in RAM all'indirizzo X e mettila nel registro R5
  - **scrivi** il contenuto del registro R1 nella parola di memoria all'indirizzo y
  - **somma** il contenuto dei registri R3 e R4 mettendo il risultato nel registro R8
  - **inverti** i bit del registro R6 mettendo il risultato in R2

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Esempio



Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Che codifica per le istruzioni?

- Le istruzioni che un processore può eseguire sono anch'esse (come i dati) rappresentate in **formato digitale**.
- Si sceglie di usare **un certo numero di bit** e si fa corrispondere ad un'**operazione** una certa **configurazione di bit** (**codice operativo** dell'istruzione)

Istruzioni per il trasferimento dati	
Codice	Istruzione
00010101	LOAD
00110110	STORE
...	...
...	...

Istruzioni aritmetico-logiche	
Codice	Istruzione
01100000	ADD
01100100	SUB
01111110	AND

Codice Operativo

Indirizzo 1

Indirizzo 2

Indirizzo 3

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Che codifica per le istruzioni?

- Oltre al codice operativo bisogna fare riferimento anche ai dati su cui l'istruzione opera, ossia alla loro locazione (**indirizzo**) in un **registro** o in **memoria principale**
  - Si sceglie di usare **un certo numero di bit** e si fa corrispondere ad un certo **registro** una certa **configurazione di bit**
  - A seconda dello **spazio di indirizzamento**, si sceglie di usare un certo numero di bit e si fa corrispondere ad un **indirizzo** una **configurazione bit**
- in questo modo, le istruzioni sono **rappresentate in formato digitale** e mantenute all'interno della RAM per essere prelevate (lette) ed eseguite dal processore.

Codice Operativo

Indirizzo 1

Indirizzo 2

Indirizzo 3

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Compatibilità

### @ Famiglie di processori:

- @ Intel -> Pentium, Celeron (PC - Microsoft Windows)
- @ Motorola -> PowerPC (PC - Macintosh)

@ Processori della stessa famiglia di solito possono eseguire gli stessi programmi scritti in linguaggio macchina -> hanno lo stesso insieme di istruzioni macchina

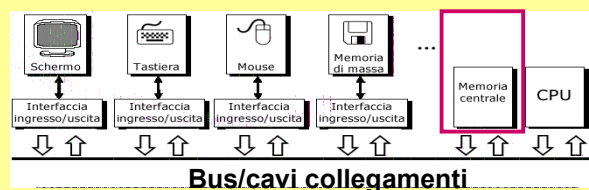
@ Processori di famiglie diverse non possono eseguire gli stessi programmi scritti in linguaggio macchina (perché le istruzioni che "capiscono" sono diverse)

@ Astrazione **fornita dai linguaggi di programmazione ad alto livello**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale (RAM)



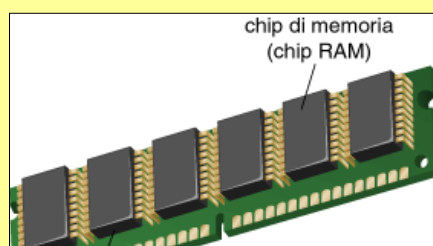
- @ E' l'altra componente dell'unità centrale
- @ Memorizza le informazioni (i programmi e i dati) usate dalla CPU durante l'elaborazione
- @ Tecnologia **elettronica veloce** ma **volatile** -> la memoria principale perde ogni suo contenuto quando si interrompe l'alimentazione elettrica

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Il chip di memoria

- ☞ Immaginatela come una lunga sequenza di componenti elettroniche elementari, ognuna delle quali può contenere un'unità di informazione (un bit)
- ☞ Da un punto di vista fisico ogni componente elementare è un oggetto di natura elettronica che può trovarsi in due stati
- ☞ Due diverse cariche elettriche -> due diversi valori che un bit può assumere

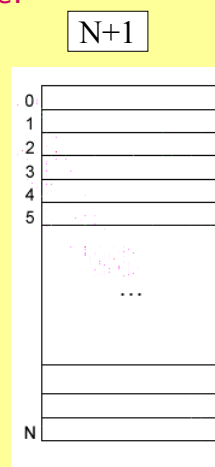


Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: celle

- ☞ I bit nelle memorie sono organizzati in celle:
  - ☞ tutte le celle sono formate dallo stesso numero  $N$  di bit
  - ☞ una cella di  $K$  bit può contenere una delle diverse  $2^k$  combinazioni di bit
- ☞ Memoria = sequenza di celle
- ☞ ad ogni cella è associato un **indirizzo**
- ☞ gli indirizzi sono numeri interi progressivi a partire da 0



Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: RAM

### ☞ Perché RAM?:

- ☞ La memoria principale viene anche chiamata RAM (acronimo per Random Access Memory)
- ☞ Questa definizione fa riferimento a una caratteristica della memoria principale: è possibile accedere **direttamente** alle varie celle e il **tempo di accesso** a una cella è lo stesso indipendentemente dalla **posizione** della cella nella sequenza

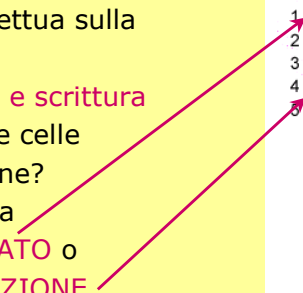
Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale

### ☞ la RAM e il processore:

- ☞ Un processore effettua sulla memoria principale operazioni di **lettura e scrittura di informazione** nelle celle
- ☞ Quale informazione?  
Una cella di memoria può contenere un **DATO** o un'**ISTRUZIONE**  
(sequenza di istruzioni= programma)



The diagram shows a vertical sequence of memory cells, each with an address on the left and content on the right. Two red arrows originate from the text: one points from 'Una cella di memoria' to cell 1, and another points from 'un'ISTRUZIONE' to cell 5.

0	3,145
1	13.200.985
2	3.840.775
3	LOAD 1 R1
4	LOAD 2 R2
5	ADD R1 R2
	...
N	

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: specifica degli indirizzi

- Ⓢ Per eseguire operazioni di lettura/scrittura di informazioni in una certa cella è necessario specificare l'**indirizzo della cella** su cui si intende operare
- Ⓢ l'indirizzo di una cella è un numero intero, pertanto è possibile **codificarlo in binario**
- Ⓢ Ogni calcolatore usa un **numero di bit costante** per rappresentare gli indirizzi
- Ⓢ Maggiore è il numero di bit usati, maggiore sarà il **numero di celle indirizzabili**:  
**spazio di indirizzamento**
- Ⓢ **Esempio:** Se si usano 16 bit per codificare gli indirizzi, si potranno indirizzare fino a 65.536 ( $2^{16}$ ) celle (circa 64 KB di memoria). **Esercizio:** Con 32 bit si potranno indirizzare fino a quante celle ? (quanti Giga Byte?)

**Soluzione:**  $2^{32} = 4.294.967.296$  (circa 4 GB di memoria!)

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: dimensione delle parole di memoria

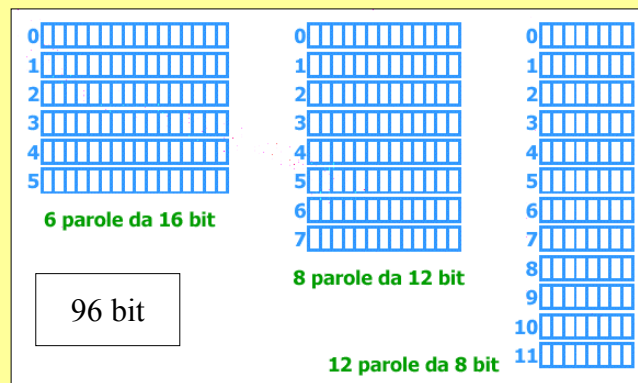
- Ⓢ I bit nelle memorie sono organizzati in celle:
  - Ⓢ tutte le celle sono formate dallo stesso N di bit
- Ⓢ la cella è l'unità indirizzabile più piccola
- Ⓢ I byte vengono raggruppati in **parole di memoria** -> a seconda del tipo di computer ho parole di memoria di 2, 4, 8 byte su cui la CPU può operare come su un **blocco unico**
- Ⓢ Oggi le dimensioni tipiche di una parola di memoria variano fra i 32 bit (4 byte) e i 64 bit (8 byte)

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: dimensione delle parole di memoria

La memoria può essere organizzata in diversi modi



Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Dimensione della word e velocità del processore

Se acquistate un calcolatore...

...il microprocessore ha una word di 32 bit..



....vi stanno specificando che il microprocessore può elaborare dati a 4 byte per volta...

All'aumentare delle dimensioni della word

**aumenta la velocità di elaborazione del calcolatore**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03



## La memoria principale: dimensione

- Ⓢ Le unità di misura della memoria variano a seconda del tipo di calcolatore e vengono espresse in multipli di Byte: KB, MB, GB...
- Ⓢ Nei PC generalmente si va dai **64 MB ai 512 MB**: questi dati variano molto rapidamente ...oggi per lavorare bene con un sistema operativo con interfaccia grafica come Windows si consiglia una RAM di almeno 128 (meglio 256) MB

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: dimensione

*Se acquistate un calcolatore...*

*..ha una RAM di 128 MB..*



....vi stanno specificando le dimensioni della memoria principale su cui opera il processore  
All'aumentare delle dimensioni della memoria principale  
**migliorano le prestazioni del calcolatore**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: altre proprietà

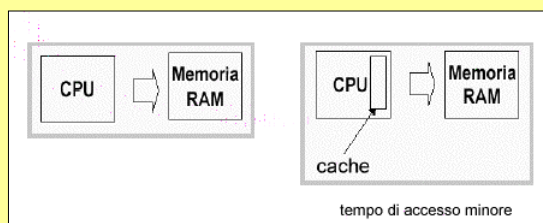
- ☞ Un altro aspetto importante da analizzare è il **tempo di accesso**: tempo necessario per leggere o scrivere un'informazione in una parola di memoria
  - ☞ Oggi le memorie principali sono molto veloci: tempi di accesso di **pochi nano secondi**
  - ☞ **1 nanosecondo: 1 miliardesimo di secondo**
- ☞ La RAM è volatile
  - ☞ è fatta di **componenti elettronici**, togliendo l'alimentazione si perde tutto; per questo ho bisogno di altre memorie che preservano il contenuto anche senza elaborazione elettrica
  - ☞ Dobbiamo salvare spesso i dati in memoria secondaria quando lavoriamo sugli applicativi
- ☞ La RAM è **(relativamente)** costosa
- ☞ La RAM fino a un certo limite è espandibile

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Memoria cache

- ☞ **Cache**: memorizza i **dati usati più spesso** senza doverli recuperare tutte le volte dalla RAM (che è più lenta)
- ☞ in genere è interna al processore (cache di primo livello)
- ☞ influisce moltissimo sulle prestazioni e **sul costo** della CPU (e quindi del computer): è molto più costosa della RAM e molto più veloce -> **le prestazioni migliorano, i costi aumentano**
- ☞ Le sue dimensioni tipiche vanno dai **256 KB a 1MB**

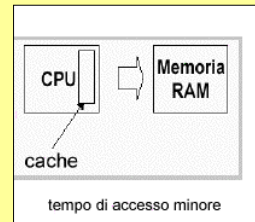


Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Memoria cache: funzionamento

- Se il processore deve leggere un dato prima va a vedere se lo trova nella cache: se lo trova evita il tempo necessario ad accedere alla RAM tramite bus; se non lo trova -> memoria principale
- Esistono diverse tecniche per decidere **cosa** memorizzare nella cache
- Es.: browser
- Si distinguono 2 livelli di memoria cache:
  - cache interna**: integrata nel microprocessore (256-512 KB)
  - cache esterna**: esterna al microprocessore, molto veloce, capacità fino a 1 MB



Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Memoria ROM

- ROM (Read Only Memory)**: memoria di sola lettura; viene cablata direttamente dal produttore del computer su circuiti appositi
- Contiene le informazioni di inizializzazione usate ogni volta che si accende l'elaboratore
  - Esempio: il programma di bootstrap (il primo programma che viene caricato dopo l'accensione del computer) risiede in ROM
- Non può essere modificata (sola lettura)
- Veloce quasi quanto una RAM

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Memorie elettroniche e tipi di chip

- Ⓢ **Tecnologia elettronica: veloce ma volatile**
- Ⓢ **Diversi chip di memoria in commercio: le tecnologie più veloci sono anche le più costose**

### Ⓢ **RAM**

- Ⓢ **DRAM** (Dynamic RAM) e varianti (es. **SDRAM** Synchronous DRAM - sincronizzata con il microprocessore)

- Ⓢ **il contenuto viene memorizzato per pochissimo tempo, occorre un aggiornamento frequente, centinaia di volte al secondo**

### Ⓢ **Memorie cache:**

- Ⓢ **SRAM** (Static RAM) **veloce e molto costosa, non deve essere aggiornata spesso come la DRAM**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## La memoria principale: SDRAM

*Se acquistate un calcolatore...*

*..ha una SDRAM di 133 MHz..*



....vi stanno specificando che la velocità di cicli di memoria (= ogni quanto la memoria è pronta per una nuova operazione di accesso) è di 133 milioni di cicli al secondo.

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

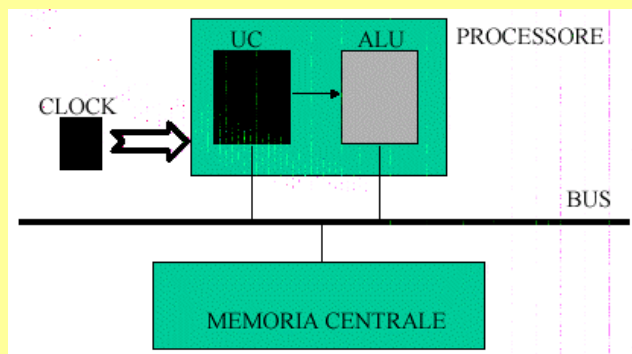
## Il bus

- ⌚ Problema: **collegare le varie componenti** (fisicamente separate) di un calcolatore, ad esempio, processore e memoria centrale
  - ⌚ Come fa il processore a trasmettere alla RAM i bit che codificano l'indirizzo di una parola, il contenuto di un registro, etc.?
  - ⌚ Come fa la RAM a trasmettere al processore i bit che sono contenuti in una parola di memoria?
- ⌚ Possibili soluzioni:
  - ⌚ Collegare ogni componente a tutte le altre (costoso se ho molte componenti separate)
  - ⌚ **Usare un unico collegamento condiviso**
- ⌚ **Bus di sistema**: insieme di collegamenti (solitamente in rame) che connette tutte le componenti di un'architettura

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

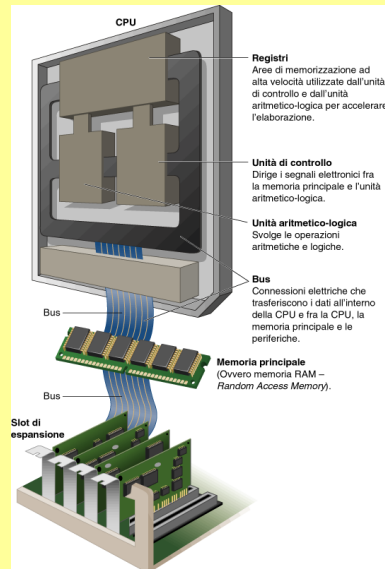
## Il bus di collegamento fra CPU e memoria principale



Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Riassumendo:



Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03

## Memoria, CPU, bus

- ⌚ Prestazioni e colli di bottiglia:
  - ⌚ La memoria centrale, il bus e il calcolatore lavorano a velocità diverse
  - ⌚ Le CPU sono più veloci delle memorie RAM
  - ⌚ L'accesso alla memoria passa attraverso il bus
  - ⌚ La **velocità complessiva del sistema** è determinata dal componente più lento
  - ⌚ bottleneck = **collo di bottiglia**

Viviana Patti

Informatica di base - 22/11/03