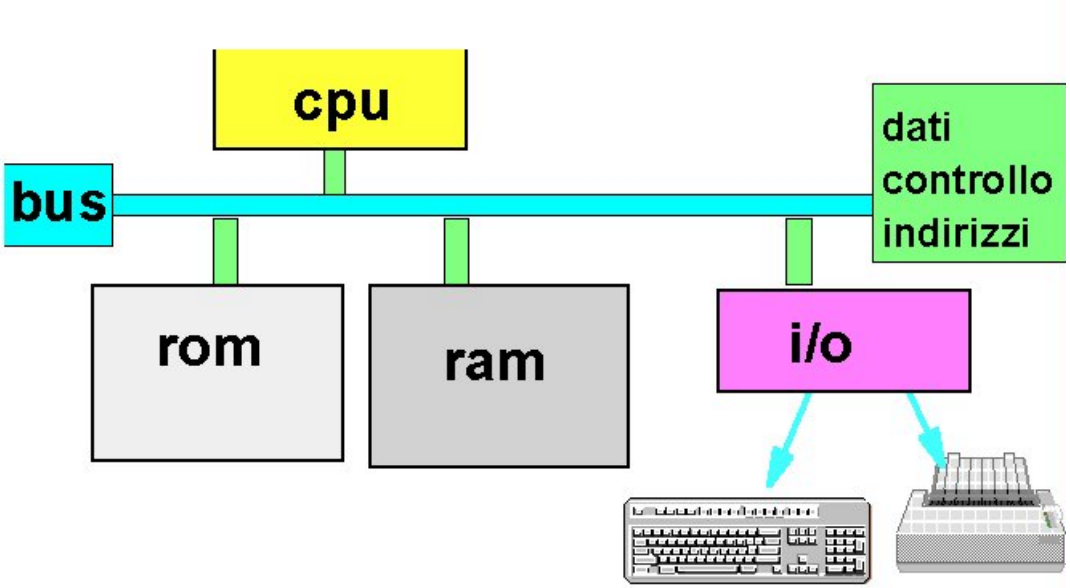
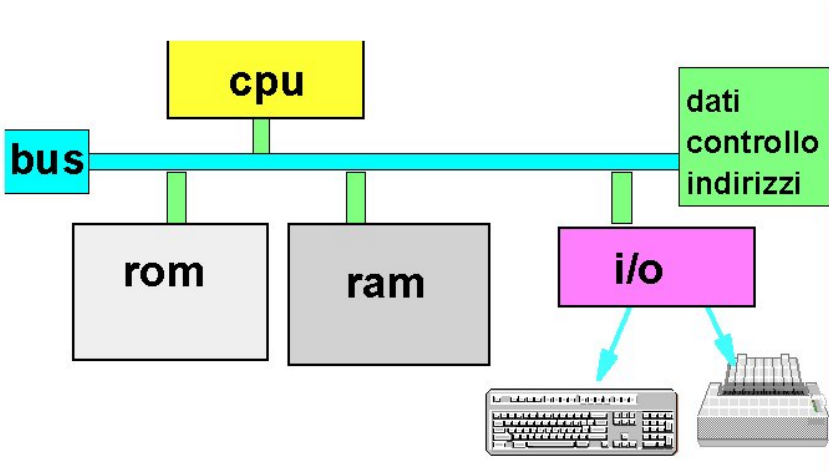
ARCHITETTURA DI UN ELABORATORE



Ispirata al modello della **Macchina di Von Neumann** (Princeton, Institute for Advanced Study, anni ’40).

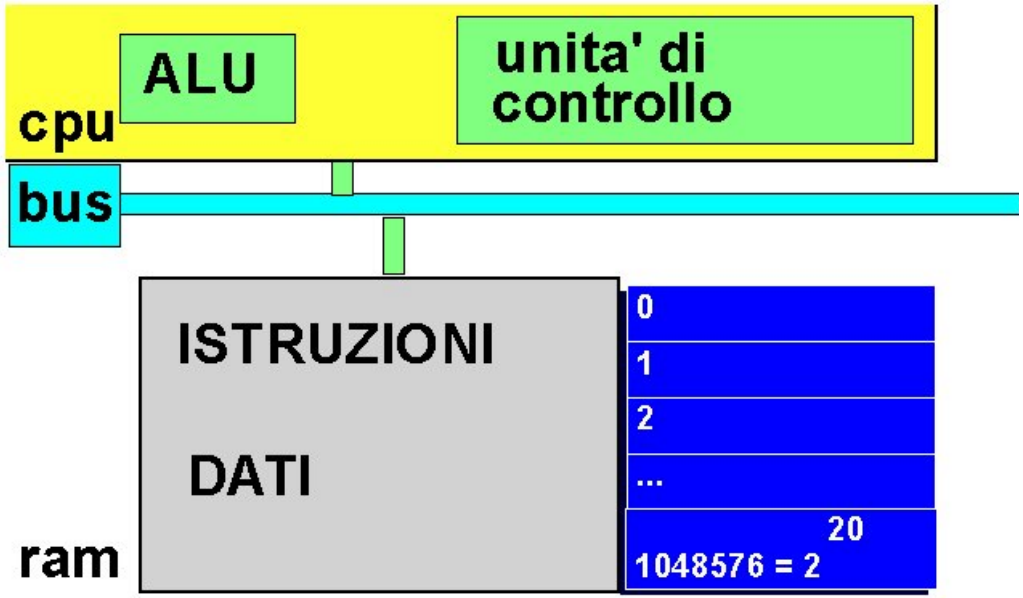
MACCHINA DI VON NEUMANN



UNITÀ FUNZIONALI fondamentali

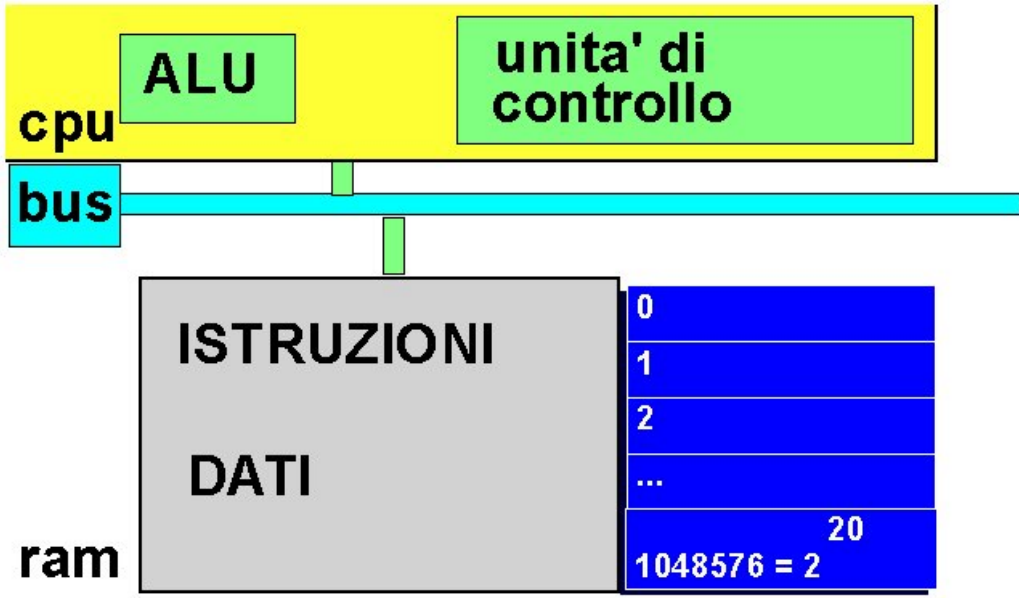
- **Processore (CPU)**
- **Memoria Centrale (RAM & ROM)**
- **Unità di I/O (ingresso / uscita)**
- **Bus di sistema**

CPU & MEMORIA



- ALU (Arithmetic & Logic Unit)
- Unità di Controllo
- Registri

MEMORIA



La memoria centrale è una **collezione di celle *numerate***, che possono contenere **DATI e ISTRUZIONI.**

Le istruzioni sono disposte in memoria **in *celle di indirizzo crescente*.**

LA MEMORIA CENTRALE

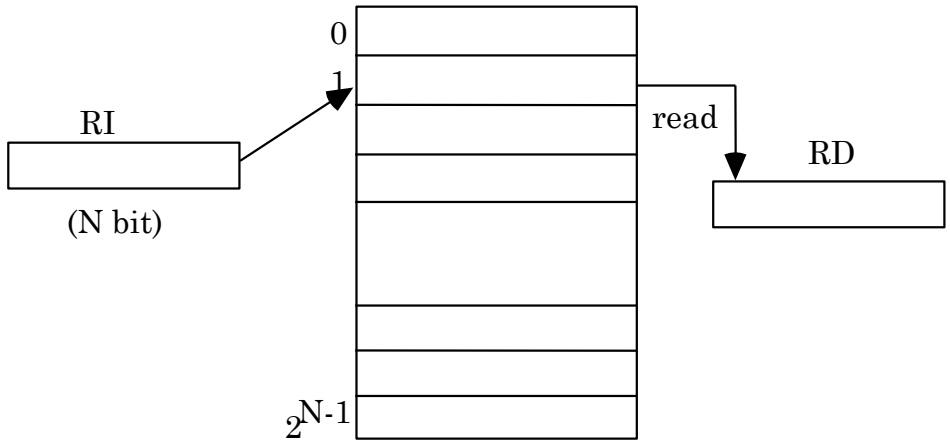
INDIRIZZAMENTO

- E' l'attività con cui l'elaboratore seleziona una particolare cella di memoria
- Per farlo, l'elaboratore pone l'indirizzo della cella desiderata nel Registro Indirizzi (RI).
  - **se il RI è lungo *N* bit, si possono indirizzare 2^N celle di memoria** (numerate da 0 a 2^N-1)
  - esempio: N=10 $\Rightarrow$ 1024 celle.
- **Oggi**, RI è lungo tipicamente **32 bit**
  $\rightarrow$ ***SPAZIO INDIRIZZABILE di 4 Gb***

LA MEMORIA CENTRALE (2)

OPERAZIONI

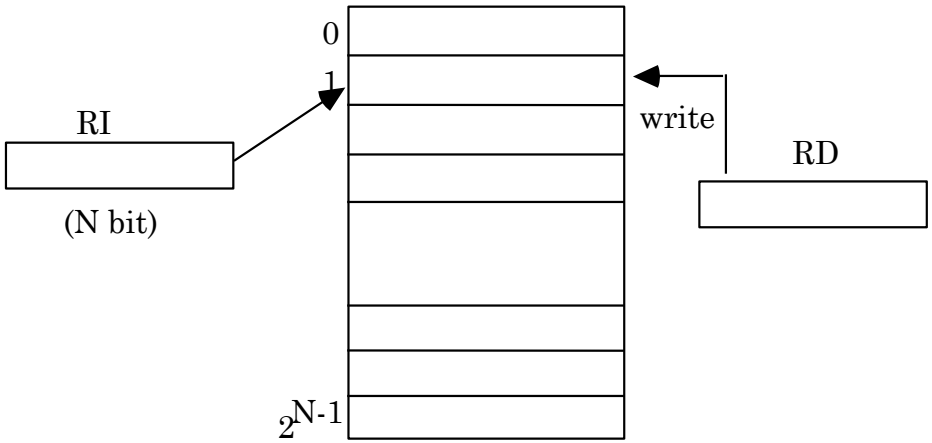
- **Lettura *(Read)***: il contenuto della cella di - memoria indirizzata dal Registro Indirizzi è copiato nel Registro Dati.



LA MEMORIA CENTRALE (3)

OPERAZIONI

- **Scrittura *(Write)***: il contenuto del Registro Dati è copiato nella cella di memoria indirizzata dal Registro Indirizzi.



UNITÀ DI ELABORAZIONE (CPU)

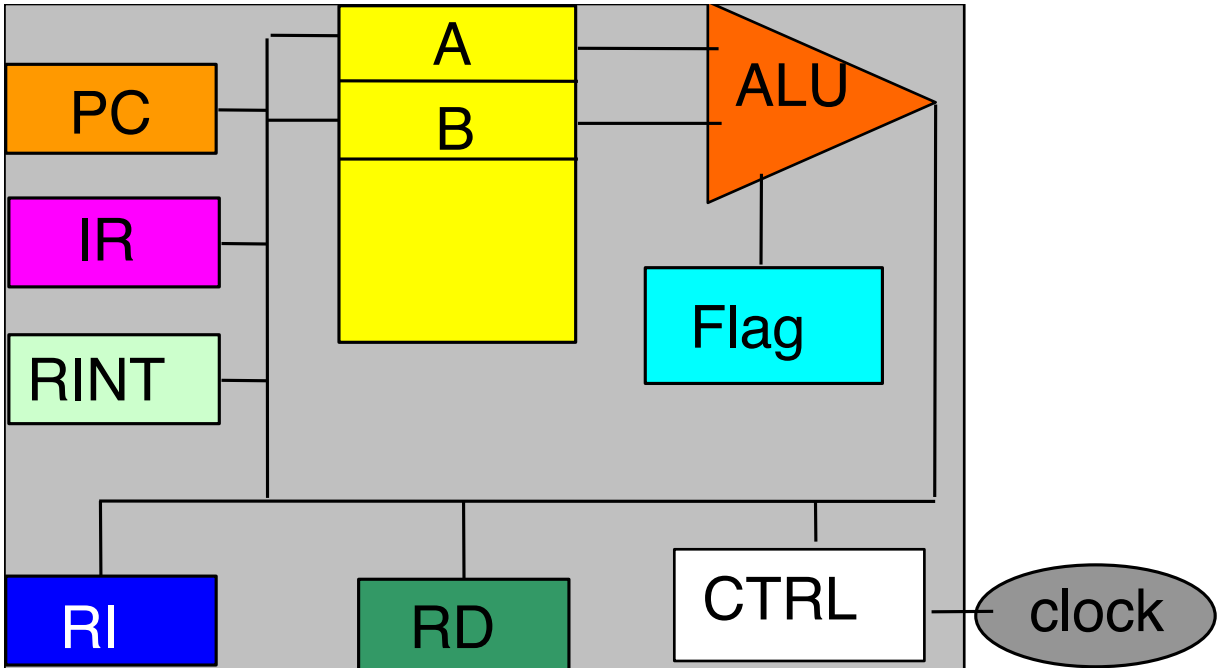
ALU (Arithmetic / Logic Unit)

Esegue le operazioni aritmetiche e logiche elementari

Unità di Controllo (*Control Unit*): controlla e coordina l'attività della CPU. (In particolare, controlla il trasferimento dei dati tra memoria e registri e la decodifica e l'esecuzione delle istruzioni)

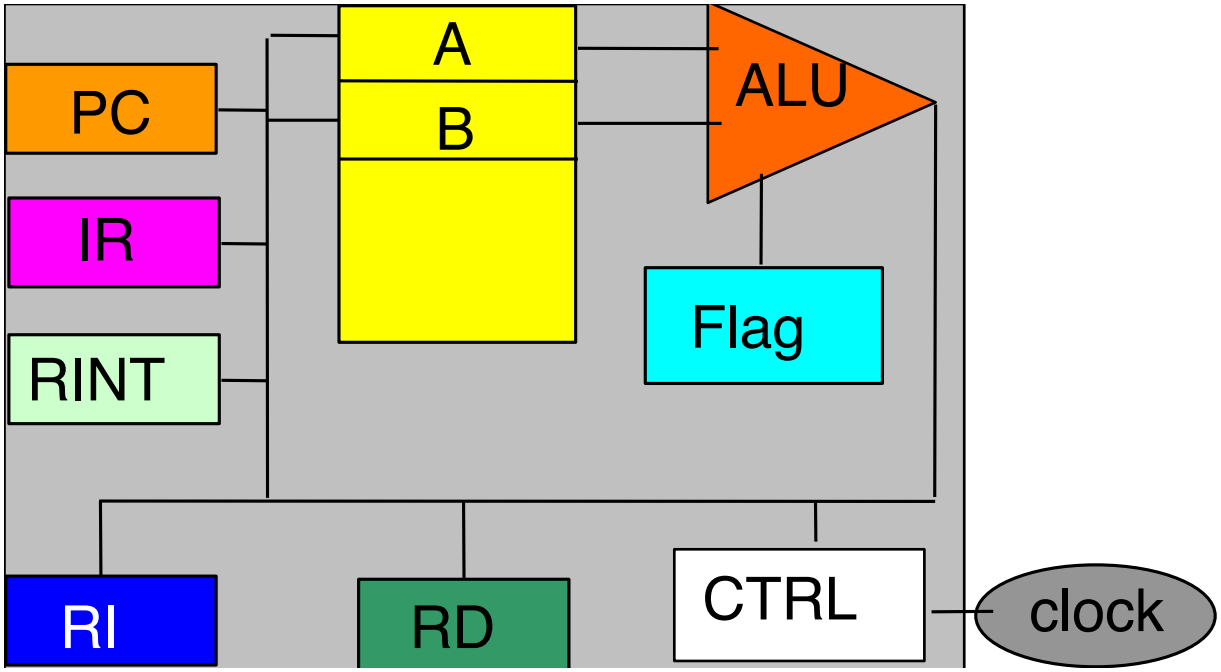
I registri sono *locazioni* usate per memorizzare dati, istruzioni, o indirizzi ***all'interno della CPU***. L'accesso ai registri è *molto veloce*.

UNITÀ DI ELABORAZIONE (CPU)



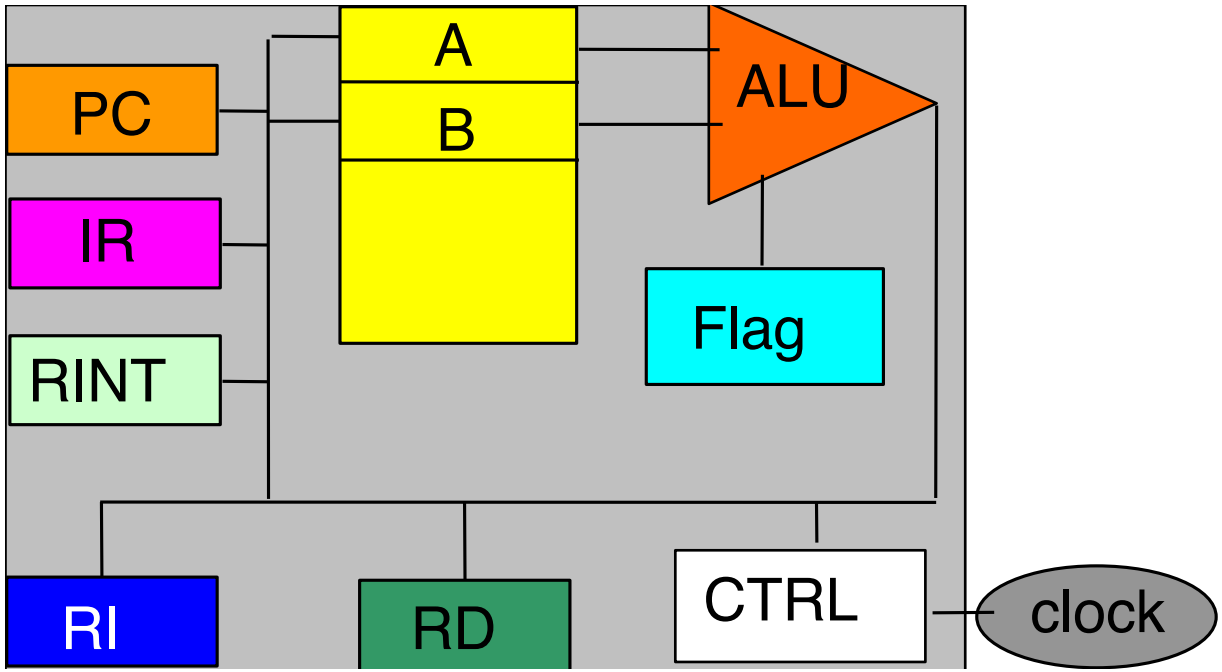
Il clock dà la base dei tempi necessaria per mantenere il sincronismo fra le operazioni

UNITÀ DI ELABORAZIONE (CPU)



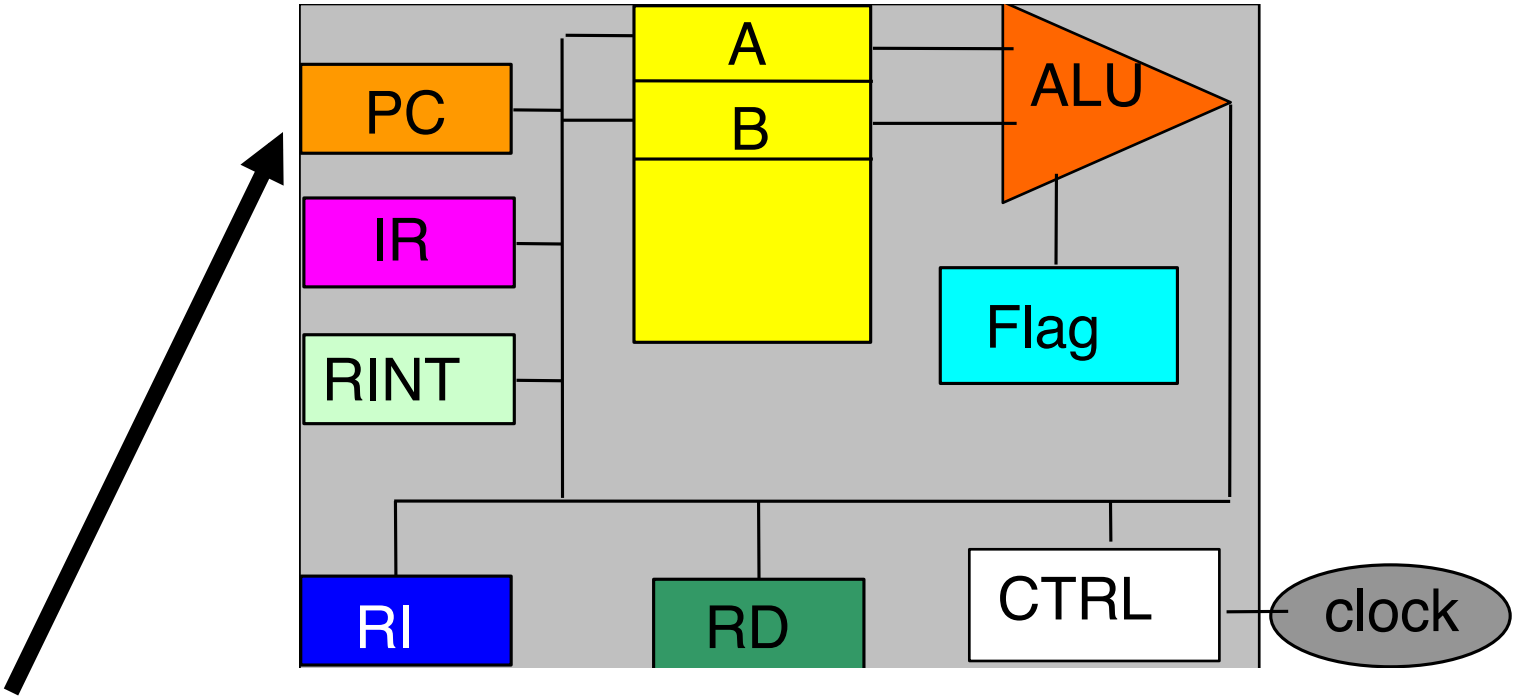
I registri (qui **A**, **B**, **PC**, **Flag**,…) sono *locazioni* usate per memorizzare dati, istruzioni, o indirizzi ***all'interno della CPU***. L'accesso ai registri è *molto veloce*.

I REGISTRI



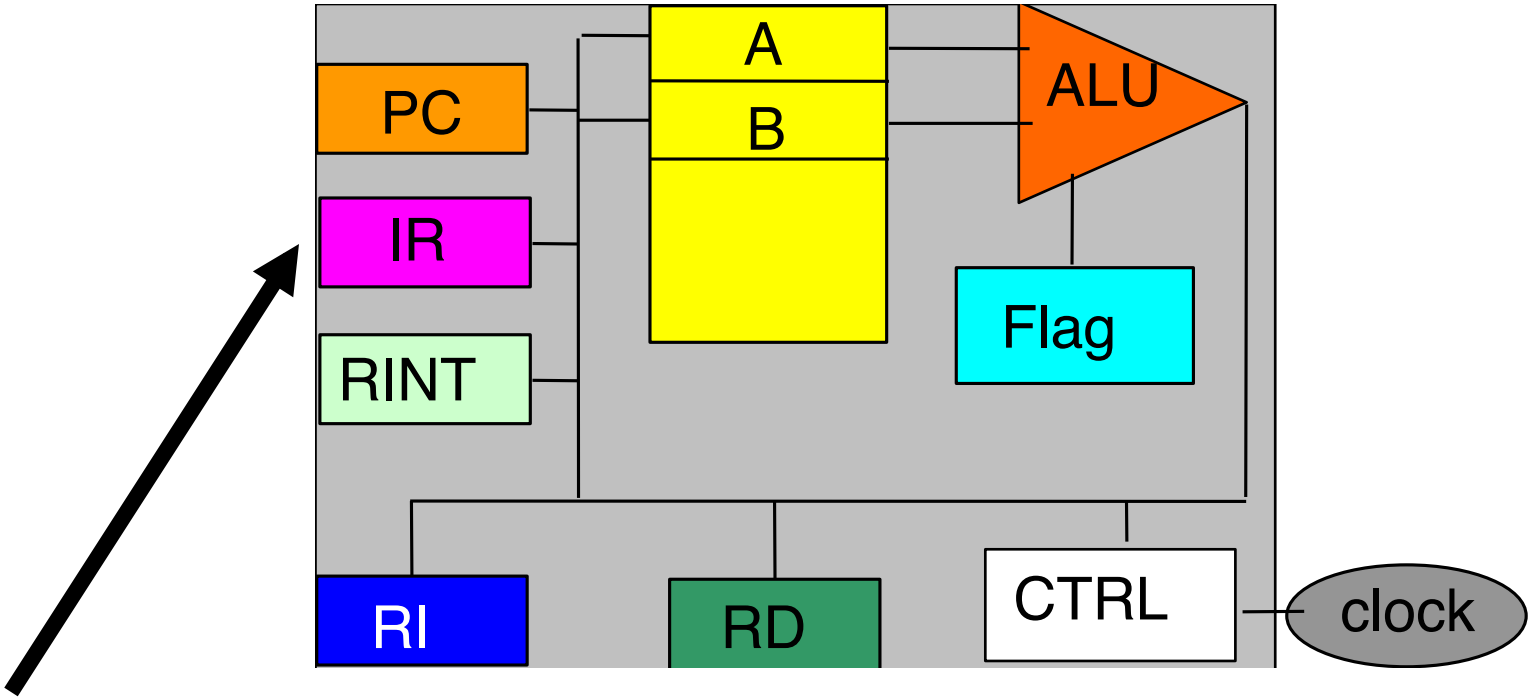
I registri sono ***locazioni*** **di memoria** ***interne a CPU***, e come tali *molto veloci*.

I REGISTRI



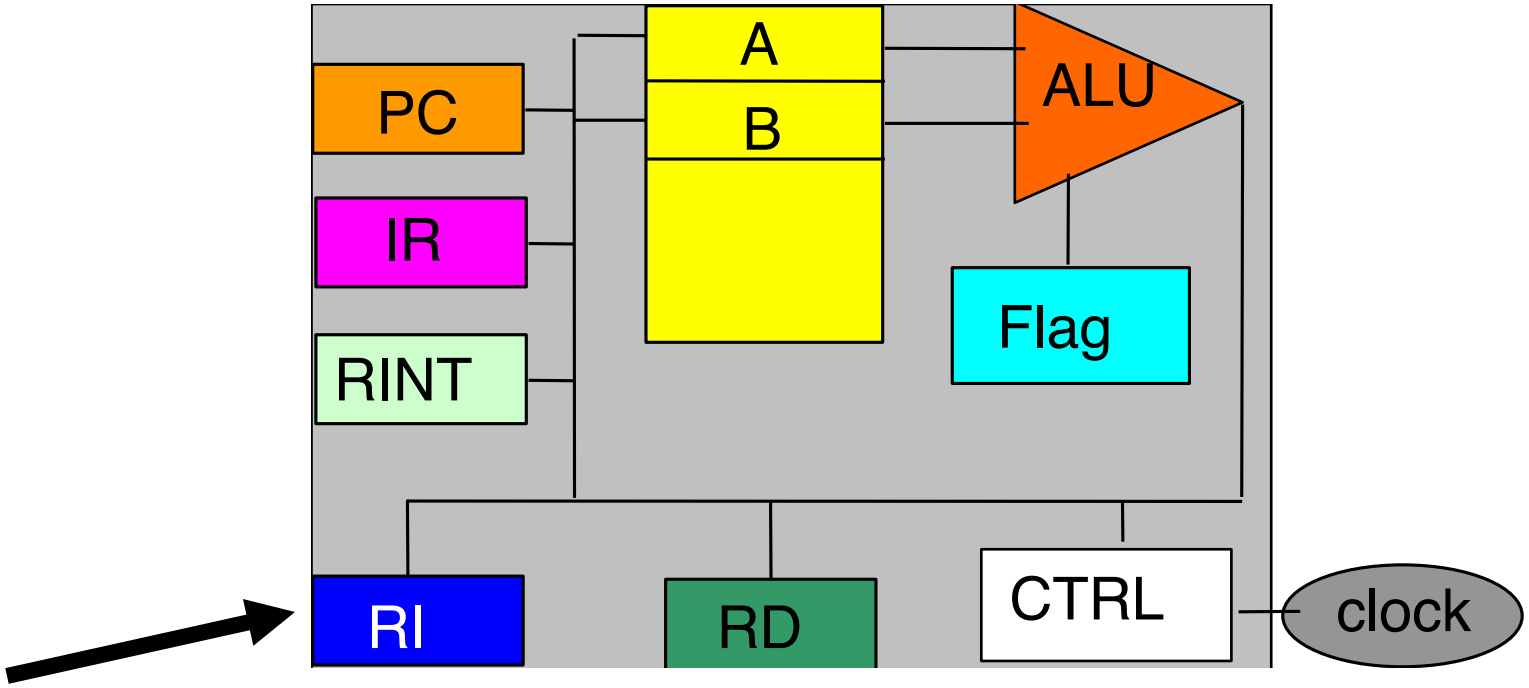
Program Counter (PC)
Indica l'indirizzo della cella di memoria che contiene la prossima istruzione da eseguire

I REGISTRI



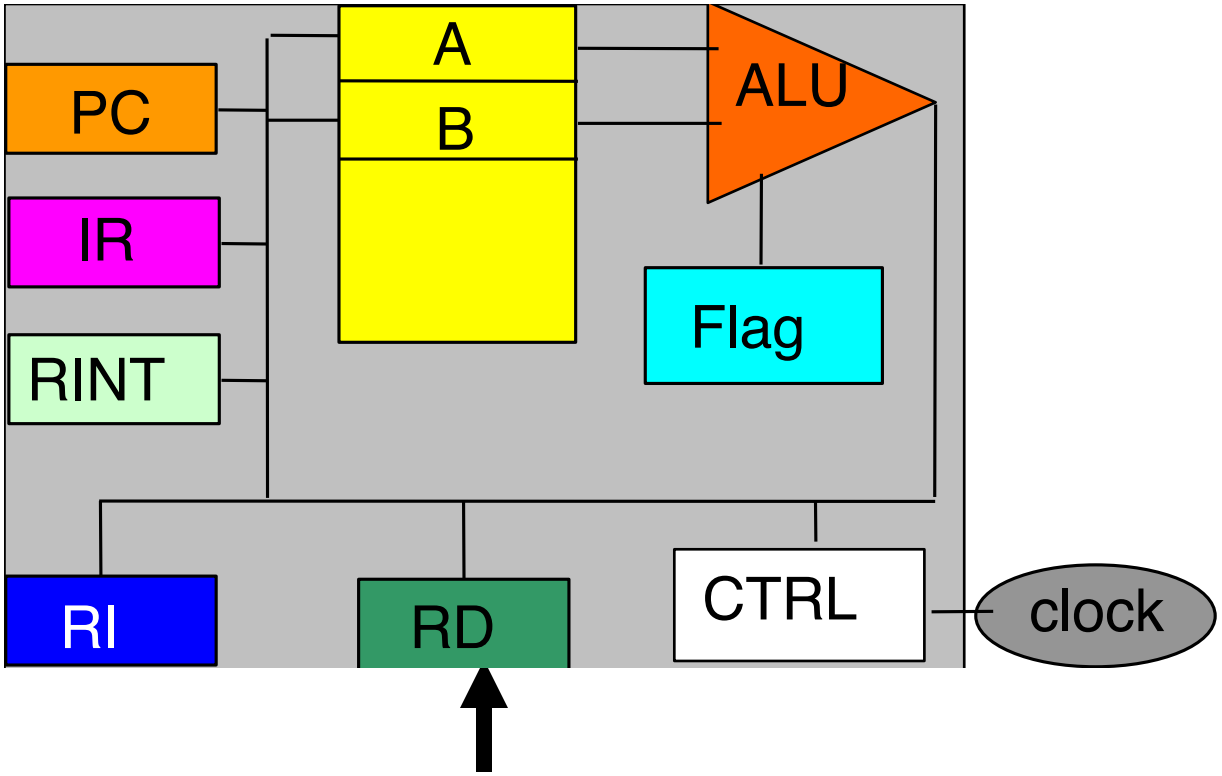
Instruction Register (IR)
Contiene l'istruzione da eseguire.

I REGISTRI



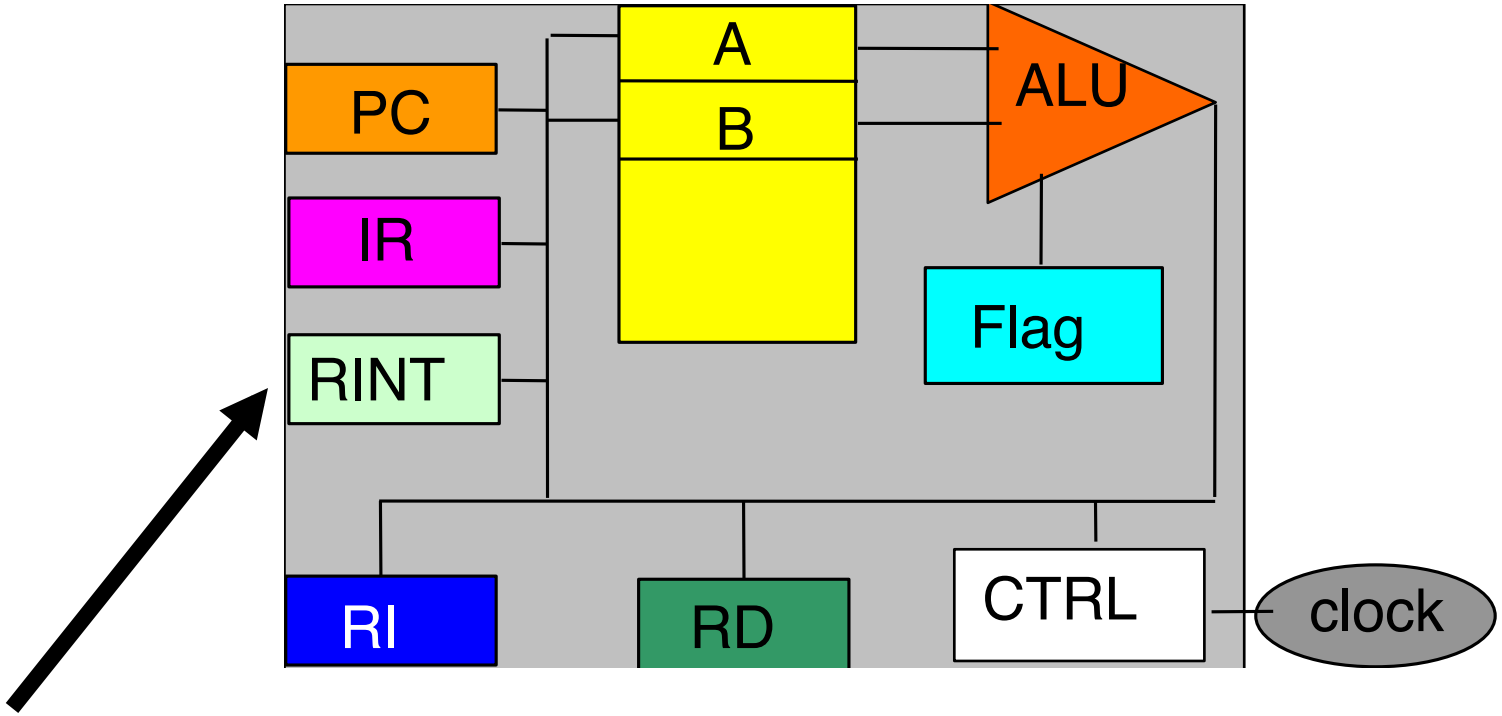
Registro Indirizzi (RI)
Contiene l'indirizzo della cella di memoria da selezionare per il trasferimento di un dato con la CPU

I REGISTRI



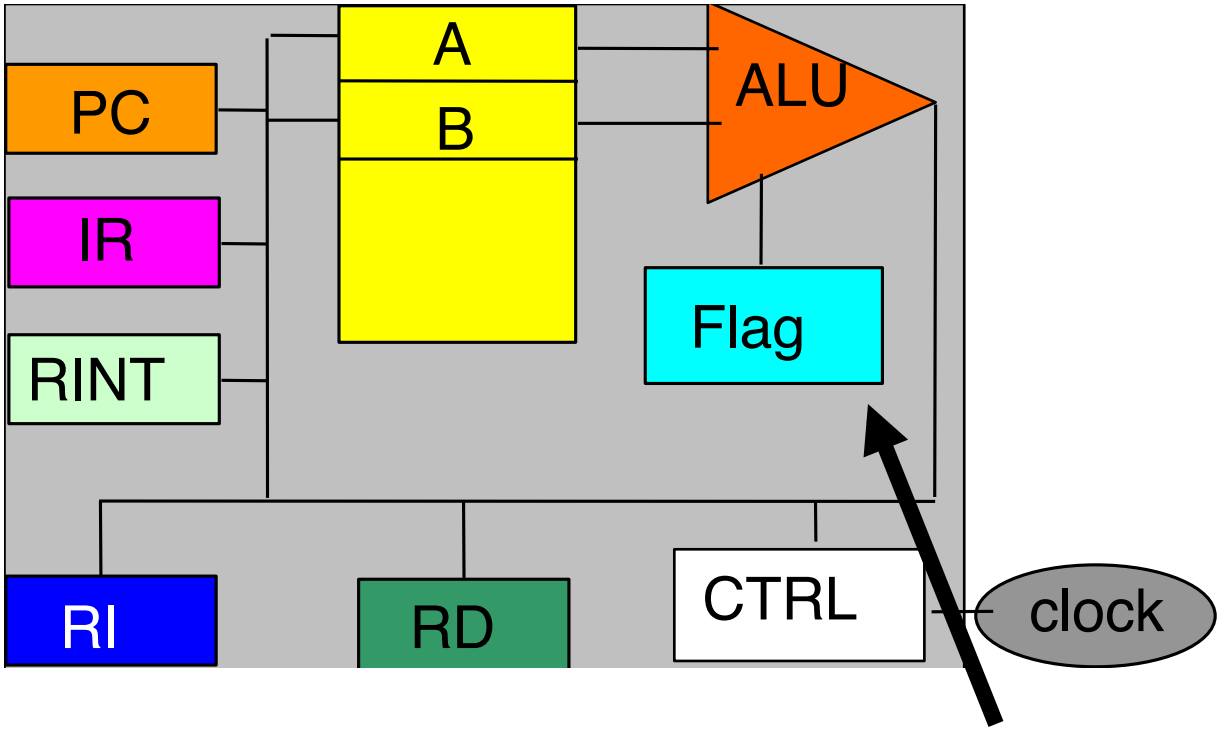
Registro Dati (RD) o *Accumulatore*
Contiene il dato attualmente oggetto di elaborazione e il risultato al termine dell'esecuzione

I REGISTRI



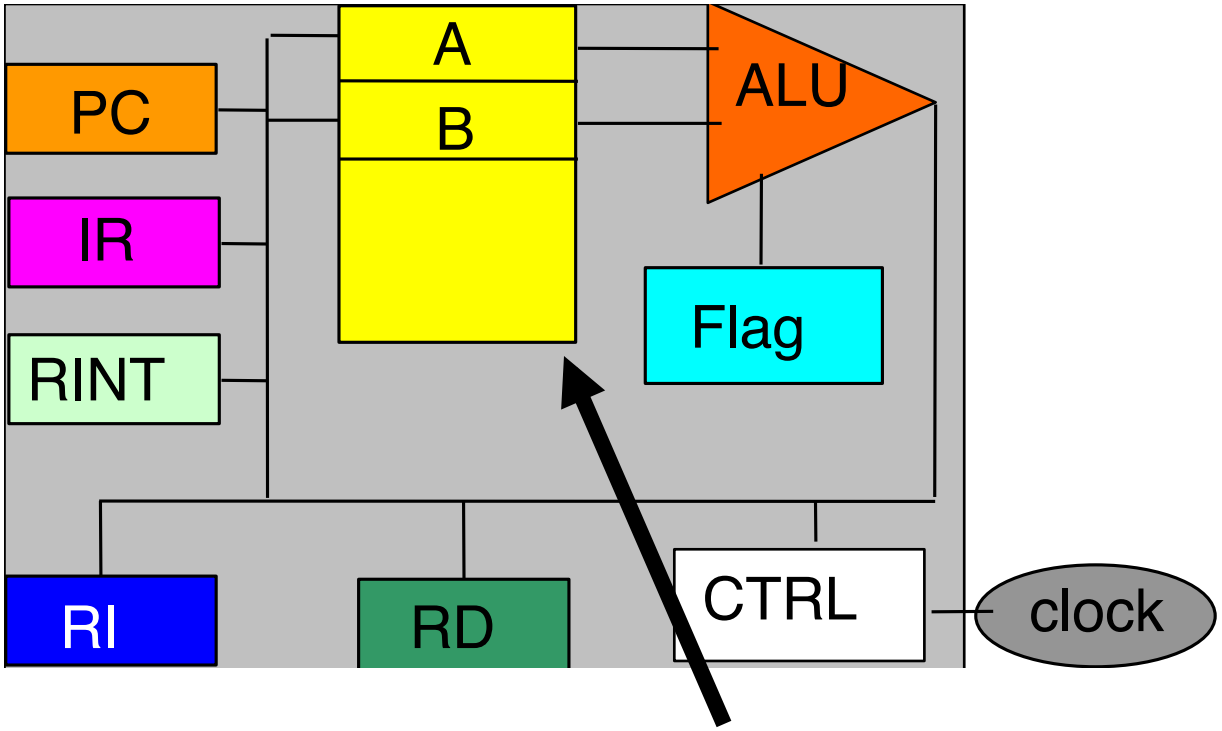
Registro Interruzioni (RINT)
Serve per scopi particolari (non discussi)

I REGISTRI



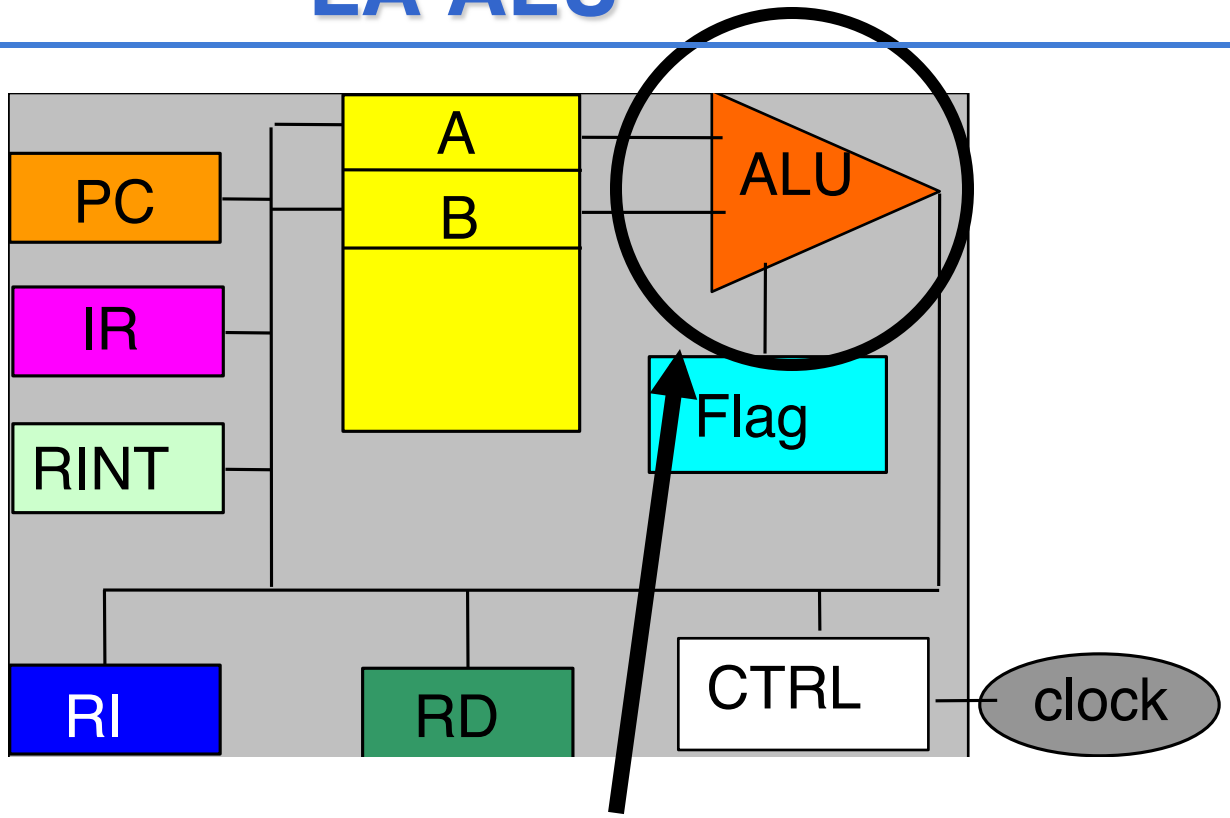
Registro dei Flag (Flag)
Ogni flag indica la presenza/assenza di una proprietà nell'ultimo risultato generato dalla ALU. Altri bit riassumono lo stato del processore.

I REGISTRI



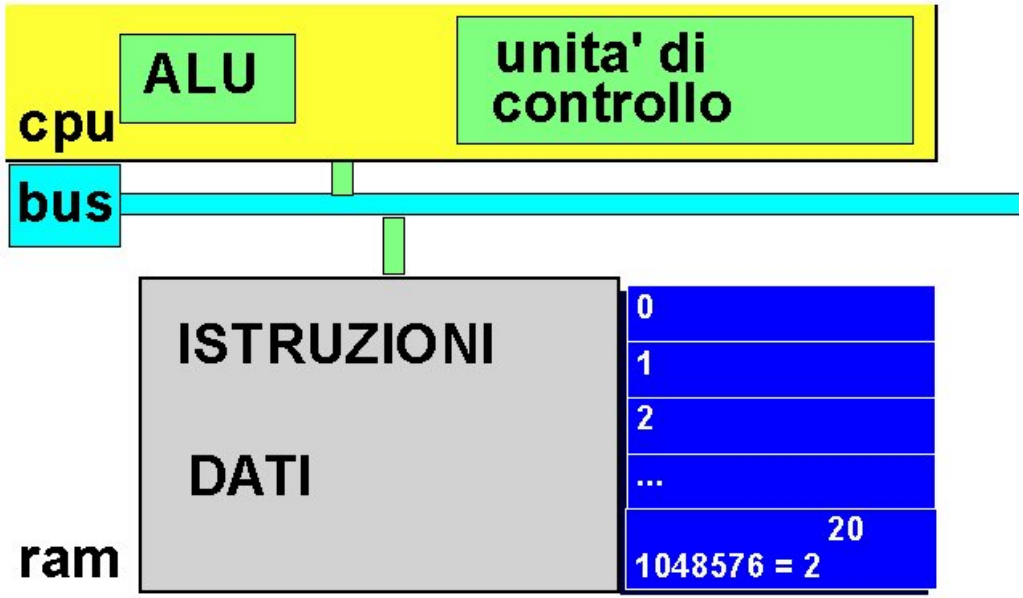
Registri di uso generale (A,B,C,...)
Sono usati per contenere sia dati (in particolare, operandi di operazioni aritmetico/logiche) sia indirizzi.

LA ALU



Esegue operazioni aritmetiche, logiche e confronti sui dati della memoria centrale o dei registri.
Può essere semplice oppure (più spesso) molto complessa e sofisticata.

UNITÀ DI CONTROLLO



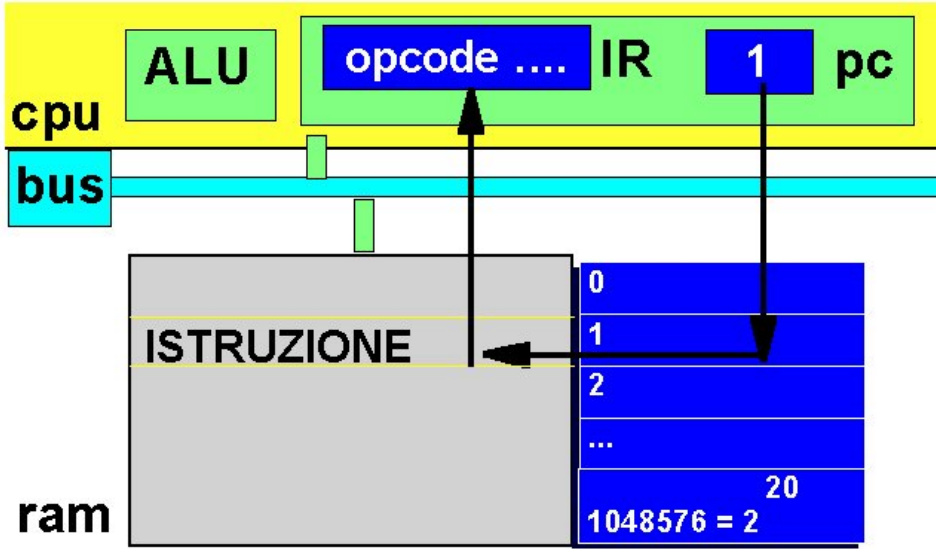
L'unità di controllo fa funzionare l'elaboratore.

Da quando viene acceso a quando è spento, essa esegue in continuazione il **ciclo di *prelievo / decodifica / esecuzione*** (**fetch / decode / execute**) **.**

IL CICLO fetch / decode / execute

FETCH

- si accede alla **prossima istruzione** (cella il cui indirizzo è contenuto nel registro **PC**) ...
- … e **la si porta dalla memoria centrale**, memorizzandola nel ***Registro Istruzioni*** **(IR)**



IL CICLO fetch / decode / execute

DECODE

- **si decodifica il tipo dell'istruzione** in base al suo ***OpCode*** (codice operativo)

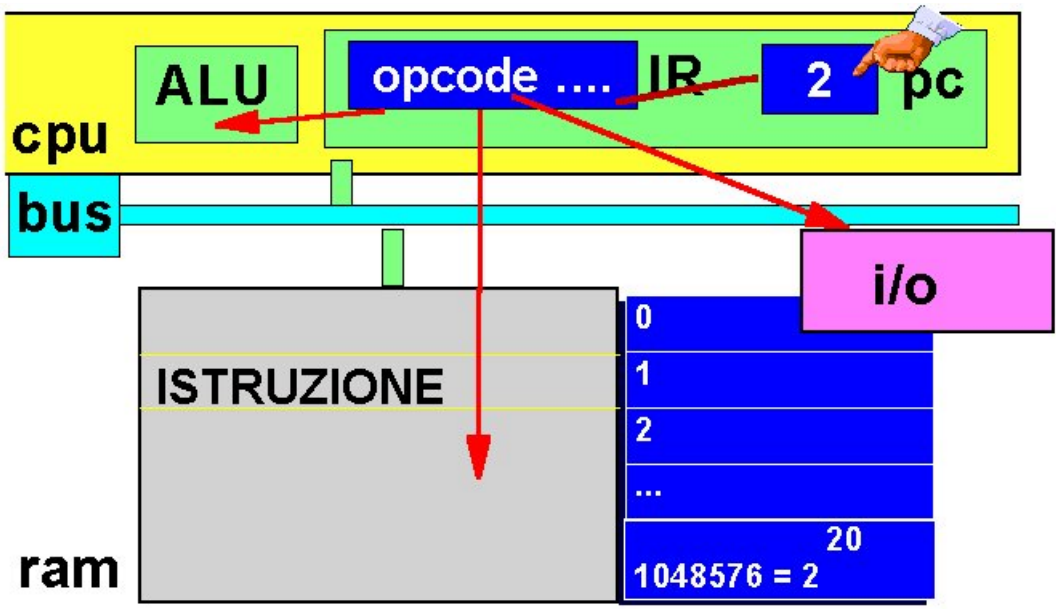
Opcode →

OpCode	***Operazione***
1	Somma
2	Sottrazione
...	...

IL CICLO fetch / decode / execute

EXECUTE

- **si individuano i dati** usati dall'istruzione
- **si trasferiscono tali dati** nei registri opportuni
- **si esegue l'istruzione.**



IL CICLO fetch / decode / execute

ATTENZIONE

Istruzioni particolari possono ***alterare il prelievo delle istruzioni da celle consecutive***:

- istruzioni di **salto**
- istruzioni di **chiamata a sotto-programmi**
- istruzioni di **interruzione**

L'ALU (segue)

ESEMPIO SEMPLICE:

ALU in grado di eseguire **somma**, **sottrazione**, **prodotto**, **divisione** con due operandi contenuti nei registri A e B.

1. I due operandi vengono caricati nei registri A e B;
2. La ALU viene attivata da un comando inviato dalla CPU che specifica il tipo di operazione;
3. Nel registro A viene caricato il risultato dell'operazione eseguita dalla ALU;
4. Il registro FLAG riporta sui suoi bit indicazioni sul risultato dell'operazione (riporto, segno, etc.).

Alterazione di due bit nel registro **Flag**: ***carry*** (riporto) e ***sign*** (segno)

DISPOSITIVI DI MEMORIA

DISPOSITIVI FISICI

- **RAM**: Random Access Memory (ad accesso casuale): su di essa si possono svolgere operazioni sia di lettura che di scrittura
- **ROM**: Read Only Memory (a sola lettura): non volatili e non scrivibili dall'utente (che la ordina con un certo contenuto); in esse sono contenuti i dati e programmi per inizializzare il sistema
- **PROM**: Programmable ROM. Si possono scrivere soltanto una volta, mediante particolari apparecchi (detti programmatori di PROM).

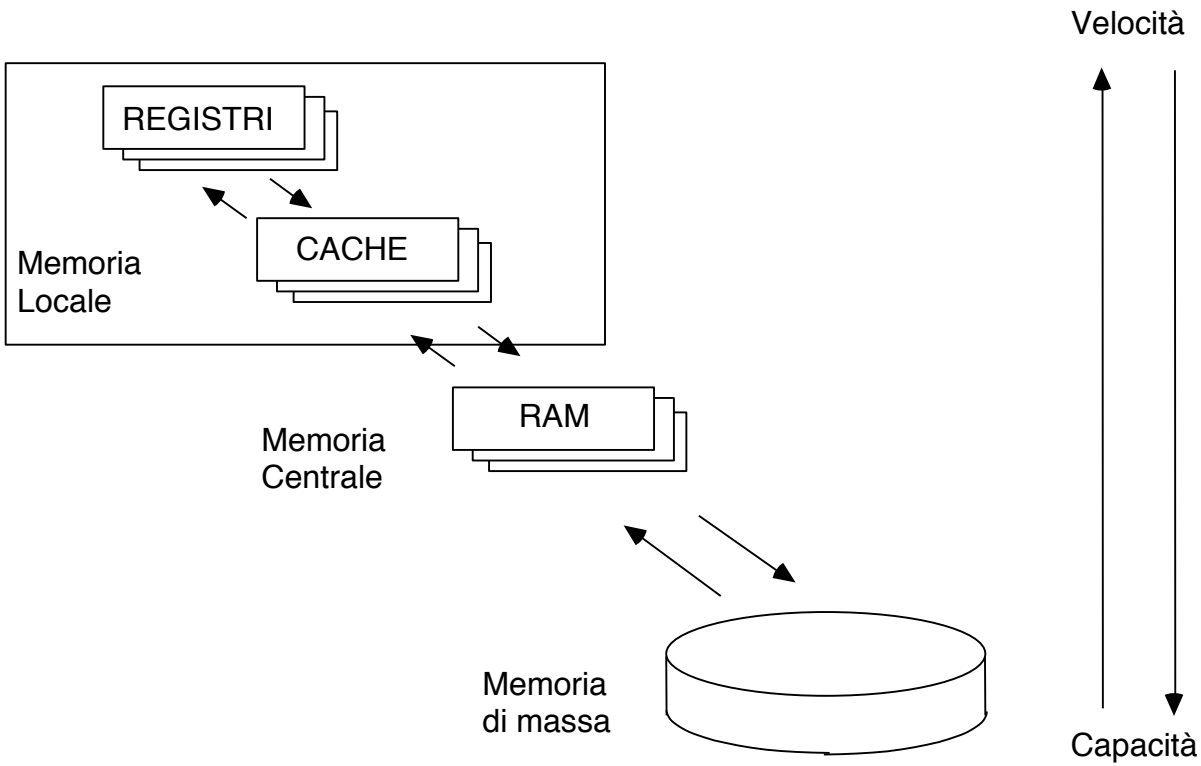
DISPOSITIVI DI MEMORIA (segue)

DISPOSITIVI FISICI (segue)

- **EPROM**: Erasable-Programmable ROM (si cancellano sottoponendole a raggi ultravioletti).
- **EEPROM**: Electrically-Erasable-PROM (si cancellano elettricamente).

Il *Firmware* è costituito da software memorizzato su ROM, EPROM, etc. (codice microprogrammato).

GERARCHIA DELLE MEMORIE



MEMORIE CACHE

PROBLEMA:

Sebbene la RAM sia veloce, non è **abbastanza** veloce da “star dietro” ai moderni processori.

CONSEGUENZA:

il processore *perde tempo* ad aspettare l’arrivo dei dati dalla RAM.

MEMORIE CACHE (2)

SOLUZIONE:

Inserire **tra processore e RAM** una ***memoria particolarmente veloce*** dove tenere i dati usati più spesso (***memoria cache***)

In questo modo,

- **la prima volta** che il microprocessore carica dei dati dalla memoria centrale, tali dati vengono caricati *anche sulla cache*
- **le volte successive**, i dati possono essere *letti dalla cache (veloce)* invece che dalla memoria centrale (più lenta)

MEMORIE CACHE (3)

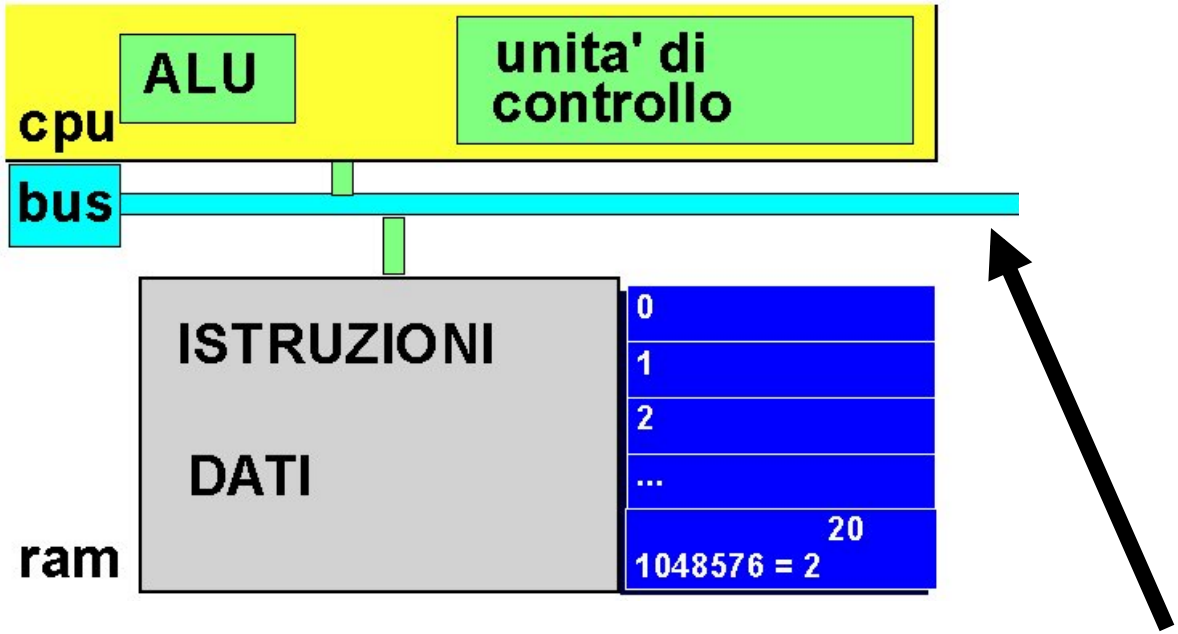
DUBBIO:

Ma se abbiamo memorie così veloci, ***perché non le usiamo per costruire tutta la RAM?***

Semplice...
perché costano molto!!

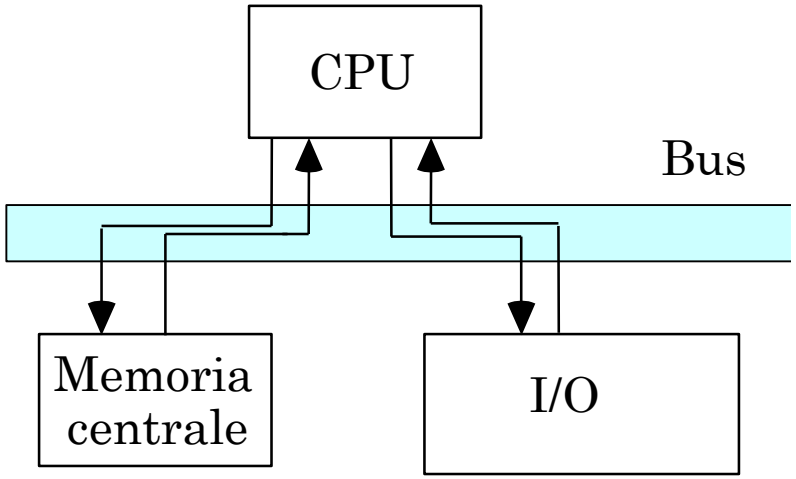
OGGI, la cache è spesso già presente dentro al processore **(cache di I° livello)**, e altra può essere aggiunta esternamente al processore (**cache di II° livello**)

BUS DI SISTEMA



Il Bus di Sistema interconnette la CPU, la memorie e le interfacce verso dispositivi periferici (I/O, memoria di massa, etc.)

BUS DI SISTEMA (2)

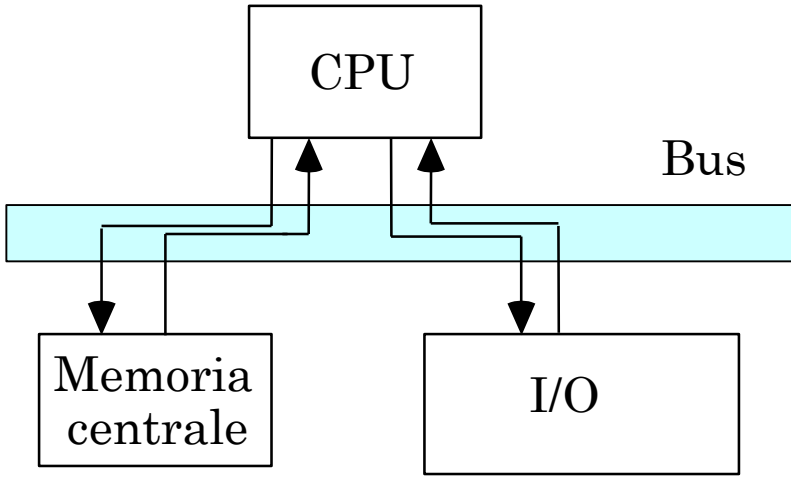


Il Bus collega ***due unità funzionali alla volta***:

- **una trasmette**…
- … e **l'altra riceve**.

Il trasferimento dei dati avviene o *sotto il controllo della CPU.*

BUS DI SISTEMA (3)



Il Bus è in realtà **un insieme di linee diverse:**

- **bus dati (*data bus*)**
- **bus indirizzi (*address bus*)**
- **bus comandi (*command bus*)**

BUS DI SISTEMA (4)

BUS DATI

- **bidirezionale**
- serve per trasmettere dati ***dalla memoria o viceversa***.

BUS INDIRIZZI

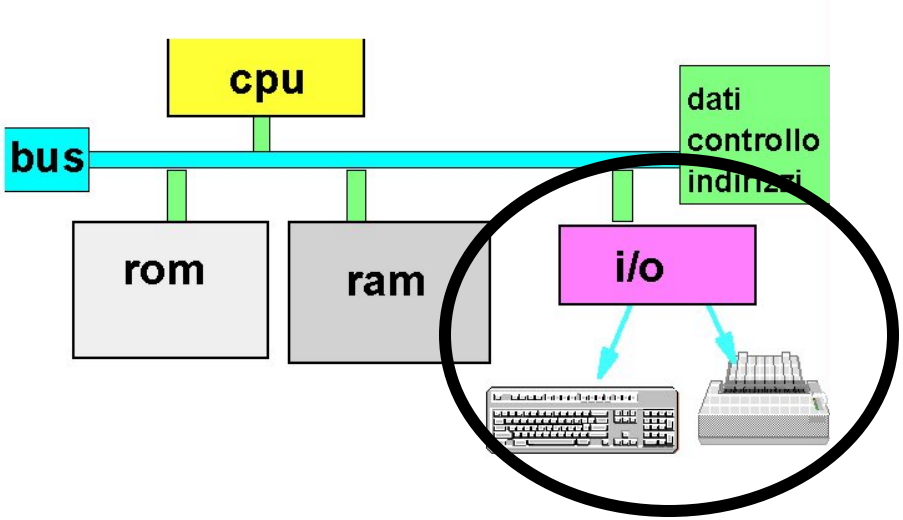
- **unidirezionale**
- serve per trasmettere ***il contenuto del registro indirizzi alla memoria***
  (si seleziona una specifica cella su cui viene eseguita o un'operazione di lettura o una operazione di scrittura)

BUS DI SISTEMA (5)

BUS COMANDI

- **bidirezionale**
- tipicamente usato per ***inviare comandi verso la memoria*** (es: lettura o scrittura) o ***verso una periferica*** (es. stampa verso la stampante → interfaccia)
- può essere usato in alcuni casi per ***inviare comandi verso il processore***

INTERFACCE DI I/O



Una **interfaccia** è un dispositivo che consente all'elaboratore di **comunicare con una periferica** (tastiere, mouse, dischi, terminali, stampanti, ...).

Le interfacce sono molto diverse tra loro, e dipendono dal tipo di unità periferica da connettere.

OLTRE la macchina di Von Neumann

- **Problema:** nella Macchina di Von Neumann le operazioni sono ***strettamente sequenziali.***
- Altre soluzioni introducono forme di ***parallelismo***
  - **processori dedicati** (*coprocessori*) al calcolo numerico, alla gestione della grafica, all'I/O.
  - **esecuzione *in parallelo*** delle varie fasi di un'istruzione: mentre se ne esegue una, si acquisiscono e decodificano le istruzioni successive (***pipeline***)
  - ***architetture completamente diverse***: sistemi multi-processore, macchine dataflow, LISP macchine, reti neurali.