

Corso di Informatica

Teoria

2-La CPU

M. Malatesta 2-La CPU-06

1
02/04/2024

Prerequisiti

- Concetto intuitivo di programma
- Microprocessore
- Linguaggio binario
- Operazioni aritmetiche e logiche elementari

M. Malatesta 2-La CPU-06

2
02/04/2024

Introduzione

In questa Unità vediamo più da vicino il componente principale che costituisce un computer: la CPU.

In particolare, ci poniamo queste domande:

Cosa c'è all'interno della CPU?

Come funziona la CPU?

Rispondiamo a queste domande!

M. Malatesta 2-La CPU-06

3
02/04/2024

La CPU

- L'**unità centrale di elaborazione** o **CPU** (*Central Processing Unit*): raggruppa le funzioni di calcolo e di controllo delle funzioni del computer.
- È costituita da un **microprocessore** installato sulla *motherboard*.
- È composta da:
 - **Unità di controllo**
 - **ALU**
 - **Registri**

La CPU, durante l'elaborazione preleva ad una ad una le istruzioni, le trasferisce nei propri circuiti, le esegue e passa a quelle successive fino al completamento del programma.

M. Malatesta 2-La CPU-06

4
02/04/2024

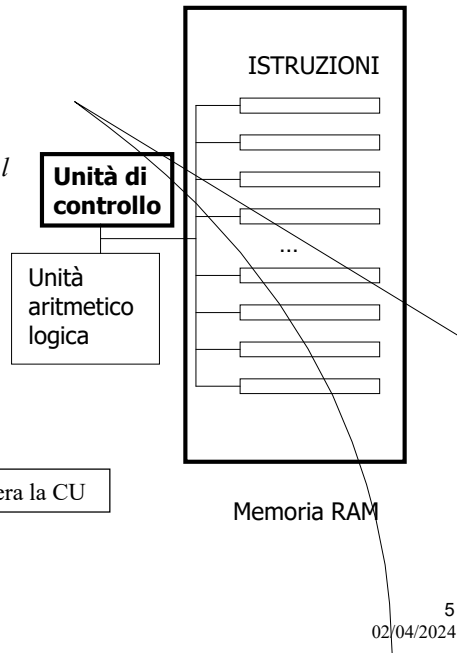
La CPU

- Unità di controllo

L'unità di controllo CU (*Control Unit*):

- esegue una ad una le istruzioni dei programmi (scritte in **linguaggio binario**)
- **controlla** il flusso dei dati e delle istruzioni tra il processore e la memoria.

Vediamo più in dettaglio come opera la CU



M. Malatesta 2-La CPU-06

La CPU

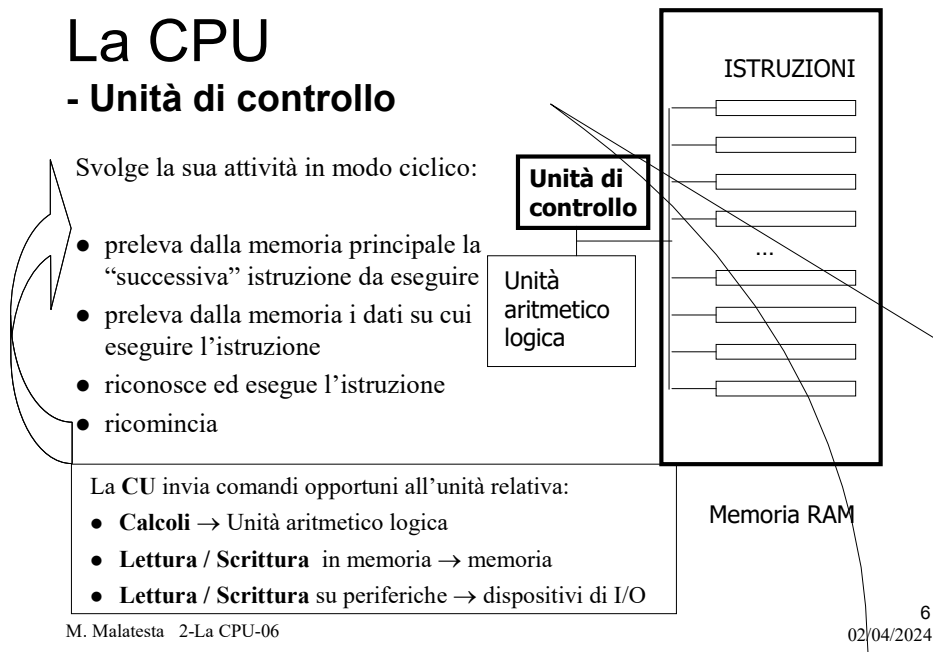
- Unità di controllo

Svolge la sua attività in modo ciclico:

- preleva dalla memoria principale la "successiva" istruzione da eseguire
- preleva dalla memoria i dati su cui eseguire l'istruzione
- riconosce ed esegue l'istruzione
- ricomincia

La CU invia comandi opportuni all'unità relativa:

- **Calcoli** → Unità aritmetico logica
- **Lettura / Scrittura** in memoria → memoria
- **Lettura / Scrittura** su periferiche → dispositivi di I/O



M. Malatesta 2-La CPU-06

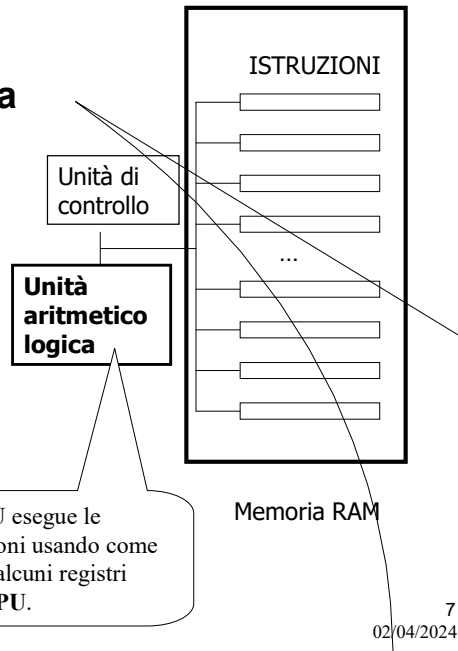
La CPU

- Unità aritmetico-logica

L'**unità Aritmetico-Logica ALU** (*Arithmetic Logic Unit*) è un circuito destinato all'esecuzione delle operazioni:

- **Aritmetiche:** operazioni elementari (addizione, sottrazione, moltiplicazione, divisione);
- **Logiche:** operazioni di confronto (>, <, >=, <=, =, <>), che servono ad effettuare scelte tra diverse alternative).

La **ALU** esegue le operazioni usando come ausilio alcuni registri della CPU.



M. Malatesta 2-La CPU-06

La CPU

- Registri

Un **registro** è un componente elettronico formato da una serie di elementi di memoria, detti **celle**, in ciascuna delle quali può essere memorizzato un bit, ossia un valore logico (1 o 0).

L'**ampiezza** di un registro è il numero n di celle da cui è formato. **bit** che può memorizzare è costituito da n celle ed ha **ampiezza** n . In genere l'ampiezza dei registri è un multiplo di 8: valori comuni di ampiezza sono 32 e 64.

La **capacità** del registro è il numero 2^n di parole diverse che può contenere.

I registri sono anche detti **memoria locale** della CPU

M. Malatesta 2-La CPU-06

8
02/04/2024

La CPU

- Registri

Su un registro si possono effettuare le seguenti **operazioni**:

- **scrittura**: introduzione di una parola (una word di 16, 32 o 64 bit);
- **lettura**: la rilevazione della parola scritta;
- **cancellazione**: azzeramento delle celle.

M. Malatesta 2-La CPU-06

9
02/04/2024

La CPU

- Tipi di registri

In genere, senza fare riferimento ad alcun processore reale, possiamo avere almeno i seguenti tipi di registri:

- **Accumulatore**: è un registro che la ALU usa per operare dei calcoli o per mantenere temporaneamente un dato
- **Contatore**: è un registro usato per realizzare dei conteggi, come avviene, ad esempio, nei programmi che usano i cicli
- **Dati**: è un registro che può contenere i dati da elaborare, oppure le istruzioni da eseguire.

M. Malatesta 2-La CPU-06

10
02/04/2024

La CPU

- Tipi di registri

- **Indirizzi:** è un registro che contiene volta per volta, l'indirizzo di memoria della prossima istruzione che la CU deve eseguire; è detto anche **Program Counter** (o PC).
- **Istruzioni:** è un registro in cui vengono poste via via le varie istruzioni del programma, per essere interpretate ed eseguite dalla CU
- **Stato:** è un registro che, al termine dell'esecuzione di ciascuna istruzione, riporta nelle sue celle l'esito dell'esecuzione stessa (riporto di un'addizione, overflow numerico, divisione per zero, risultato nullo, ecc ecc)

In genere sono presenti anche altri registri che, per il nostro scopo, possiamo al momento trascurare, rimandando ad altri corsi la loro descrizione.

M. Malatesta 2-La CPU-06

11
02/04/2024

Il clock

Per operare in modo ciclico, è necessario che il processore disponga di un **clock** che fornisca una cadenza temporale per l'esecuzione delle operazioni elementari.

In questo modo:

- ad ogni **battito di clock** viene eseguita un'operazione elementare (un'istruzione macchina);
- la **frequenza del clock** indica il numero di operazioni elementari che vengono eseguite nell'unità di tempo



M. Malatesta 2-La CPU-06

12
02/04/2024

Il clock

Se, considerando un esempio elementare, ogni battito di clock corrisponde esattamente l'esecuzione di una sola istruzione macchina, la frequenza del clock indica il numero di operazioni elementari che vengono eseguite nell'unità di tempo.

Ad esempio, un *clock* che ha frequenza 2.7 GHz, ha circa 2.7 miliardi di battiti al secondo, per cui il computer eseguirà, teoricamente, più di due miliardi e mezzo di operazioni per secondo.

Il clock

In realtà, questa ipotesi non è sempre vera:

- l'esecuzione di una istruzione può richiedere più battiti di clock
- nello stesso battito di clock si possono eseguire più istruzioni
- caratteristiche del processore

Per esempio:

- il processore **Intel 80286** richiede 20 battiti del clock per eseguire la moltiplicazione di due numeri
- il processore **Intel 80486** può calcolare la moltiplicazione di due numeri usando solo un battito del clock

Il clock

La frequenza del clock si misura in:

- MHz (1 MHz corrisponde circa a un milione di istruzioni elementari/battiti al secondo)
- GHz (1 GHz corrisponde circa a un miliardo di istruzioni elementari/battiti al secondo)

Per esempio, se il processore di un computer funziona a 3 GHz, significa che il processore è in grado di eseguire circa 3 miliardi di operazioni elementari ogni secondo.

I bus

- cosa sono

Come sappiamo, i **bus** sono collegamenti elettrici che permettono il trasferimento dei bit tra le varie parti del calcolatore.

I bus

- arbitraggio del bus

Quando su uno stesso bus si interfacciano più componenti, il trasferimento dei dati è possibile solo in presenza di un **sistema di arbitraggio del bus**, che stabilisce di volta in volta, a quali dispositivi è consentito l'accesso.

I **dispositivi che immettono dati sul bus** non necessitano di arbitraggio; i dati possono essere inviati contemporaneamente a più destinatari.

I **dispositivi che ricevono dati dal bus** necessitano di un segnale di abilitazione, per evitare conflitti con altri dispositivi. Istante per istante, un solo dispositivo può prelevare dati dal bus.

I bus

- tipi di trasferimento

Il trasferimento di bit in un bus, può avvenire:

- **in serie**: in cui il bus è costituito da una sola linea elettrica, per cui viene trasferito solamente un bit alla volta.
- **in parallelo**: più veloce di quello in serie, prevede un bus con tante linee quanti sono i bit da trasferire contemporaneamente.

I bus

- tipi di bus

Normalmente, abbiamo i seguenti tipi di bus:

- **Bus di alimentazione:** è il bus che porta l'alimentazione alla scheda madre e a tutti gli altri componenti del calcolatore
- **Bus dati:** è il bus nel quale fluiscono sia i dati che devono essere elaborati (inviati dal **Registro Dati**), sia le istruzioni che devono essere interpretate ed eseguite (inviata dalla memoria).
- **Bus indirizzi:** è il bus che contiene l'indirizzo della prossima istruzione da eseguire, inviato dal **Registro Indirizzi**
- **Bus di controllo:** è un bus destinato a gestire e controllare tutte le componenti, per evitare conflitti e per rilevare situazioni anomale

M. Malatesta 2-La CPU-06

19
02/04/2024

Esecuzione di un programma

Descriviamo il funzionamento della CPU e dei componenti descritti.

- il sistema operativo riceve dall'utente il comando per eseguire un programma (tipicamente un doppio *click* con il mouse, o il tasto INVIO, sull'icona del programma), che inizialmente si trova sul disco;
- il sistema operativo copia in memoria RAM le istruzioni del programma;

Seguono ora ciclicamente tre importanti fasi:

- **fetch** (prelievo dalla memoria, dell'istruzione da eseguire e degli operandi su cui deve essere eseguita))
- **decode** (riconoscimento ed interpretazione dell'istruzione)
- **execute** (esecuzione dell'istruzione sugli operandi)

M. Malatesta 2-La CPU-06

20
02/04/2024

Funzionamento della CPU

- fase di fetch

- il sistema operativo conduce nel PC (Program Counter), tramite il Bus Indirizzi, l'indirizzo della cella di memoria contenente la prima istruzione del programma;
- la CPU carica l'istruzione dalla memoria principale, mediante il Bus Dati, nel Registro Dati.
- il contenuto del Registro Dati viene inviato, attraverso il Bus Dati, nel Registro Istruzioni, un circuito che trattiene l'istruzione temporaneamente così che possa essere decodificata ed eseguita da parte della CU.

M. Malatesta 2-La CPU-06

21
02/04/2024

Funzionamento della CPU

- fase di decode

- la CU esamina l'istruzione presente nel Registro Istruzioni, la decodifica e individua gli operandi su cui essa deve agire, oppure i loro indirizzi di memoria (nel qual caso, tali indirizzi vengono posti nel Registro Indirizzi e prelevati dalla memoria RAM e inseriti nel Registro Dati):
- al termine della fase di decode, il Program Counter aumenta di 1 l'indirizzo contenuto in esso (ad esempio da 1000 passa a 1001), per puntare alla cella di memoria in cui è presente la successiva istruzione da eseguire.

M. Malatesta 2-La CPU-06

22
02/04/2024

Funzionamento della CPU

- fase di execute

- l'istruzione viene eseguita facendo intervenire la ALU, qualora fossero richieste operazioni aritmetiche o logiche, e terminando depositando nei registri o in memoria gli eventuali risultati.

Le tre fasi si ripetono ciclicamente, fino a quando viene eseguita l'ultima istruzione del programma o quando si rilevi una situazione di errore.

Argomenti

- La CPU
 - Unità di controllo
 - Unità aritmetico-logica
 - Registri
 - Tipi di registri
- Il clock
- I bus
 - cosa sono
 - arbitraggio del bus
 - tipi di trasferimento
 - tipi di bus
- Esecuzione di un programma
- Funzionamento della CPU
 - Fase di fetch
 - Fase di decode
 - Fase di execute