

Linguaggio macchina

Macchina di Von Neumann

Gli elementi costitutivi della macchina di Von Neumann sono:

- **CPU**: unita' master che gestisce in modo sequenziale il sistema;
- **Memoria di lavoro**: contenitore di programmi da eseguire e dati su cui operare;
- **Interfaccia I/O**: dispositivo che consente alla CPU di dialogare con le periferiche.

Fasi della CPU:

- **Fetch**: dalla memoria viene acquisita la stringa di bit che indicata prossima istruzione da eseguire;
- **Decode**: viene interpretata la stringa di bit appena acquisita come istruzioni macchina;
- **Execute**: viene eseguito il codice relativo all'istruzione ottenuta dal la fase di fetch.

La CPU ciclicamente ripete le fasi di fetch, decode ed execute ad una velocita' che viene indicata dalla sigla **MIPS** (Mega Instructions Per Second, ossia milioni di istruzioni al secondo. Da non confondere con l'architettura MIPS).

La memoria da cui la CPU attinge alle stringhe di bit da eseguire deve essere di rapido accesso. Essa e' costituita da un insieme di celle che contengono le stringhe di bit dette "**parole**". Per discriminare le celle abbiamo bisogno di un indice noto come **indirizzo**. Servono dunque delle **linee di interconnessione**:

- i linee per indicare gli indirizzi;
- d linee per i dati.
- Altre 2 linee sono impiegate per indicare alla memoria che tipo di operazione e' stata richiesta, di tipo lettura o scrittura.

Il rapporto tra la CPU e la memoria e' di tipo master-slave in cui la CPU comunica gli indirizzi delle celle interessate all'operazione con il tipo di operazione da svolgere (lettura o scrittura).

Queste due componenti sono autosufficienti ma il calcolatore elettronico ha bisogno di poter interagire col mondo esterno per inserire in memoria di lavoro i programmi da eseguire e inserire i dati da elaborare per poi prelevare i risultati. L'**unita' di controllo interfaccia** comunica con le periferiche esterne facendo uso dei **registri di I/O indirizzabili** (dalla struttura simile alle celle di memoria), i cui dati sono scambiati con la CPU e la memoria attraverso il bus di sistema:

- **Registro comandi**: contiene indicazioni sulle operazioni che la periferica deve compiere e sul suo modo di funzionamento.

- **Registro di stato:** contiene informazioni sullo stato di funzionamento della periferica (ad esempio quando e' "pronta" a gestire un nuovo dato, o "occupata").
 - Bit ready:
 - * Una periferica in ingresso come la tastiera e' in stato ready=1 quando un tasto e' stato premuto, quindi esiste un carattere nel suo registro dati che il processore puo' leggere. Quando la CPU legge il dato, il bit ready torna a 0.
 - * Una periferica in uscita come la stampante e' in ready=1 quando puo' ricevere un dato dal processore per stamparlo.
- Dati in input
- Dati in output

Le periferiche esterne sono dotate anche loro di un'interfaccia elettronica per comunicare con l'unita' di controllo interfaccia attraverso il **bus di interfacciamento**.

Bus e spazio di indirizzamento

Il bus di sistema e' composto da vari strati:

- Il **Data bus** contiene un parallelismo di D linee e si occupa di trasferire in parallelo una stringa di bit tra l'elemento master (CPU) ed una Slave (Memoria o Interfaccia di I/O):
 - Le D linee del bus definiscono la dimensione della cella quindi le dimensioni della parola contenuta in memoria;
 - In base al numero di D linee influisce sulle prestazioni in quanto la banda passante del bus cresce al crescere di D (bit trasferibili per unita' di tempo).
- L'**Address bus** contiene un parallelismo di A linee e serve per indicare la cella in cui la CPU intende fare riferimento:
 - Il numero A di linee definisce la massima quantita' 2^A di celle indirizzabili, ossia lo **spazio di indirizzamento** della CPU;
 - Al crescere delle A linee crescono la dimensione massima dei programmi eseguibili e quindi dei dati elaborabili.
- Nel **Control bus** le linee R e W consentono alla CPU di gestire le informazioni con i dispositivi Slave:
 - Il numero di linee dipende dalla complessita' della CPU.

Istruzioni macchina e modi di indirizzamento

Elementi della CPU:

- **Program Counter (PC):** registro che contiene l'indirizzo della cella di

memoria nella quale si andrà a recuperare la prossima istruzione macchina da eseguire;

- **General Purpose Registers (GPR)**: registri di uso generale che contengono dati in corso di elaborazione (di appoggio);
- **Condition Codes (CC)**: registro che contiene informazioni sull'esito dell'ultima elaborazione (per esempio: risultato negativo, nullo, positivo);
- **Instruction Register (IR)**: registro che contiene il codice dell'istruzione in corso di esecuzione;
- **Memory Data Register (MDR)**: registro che consente il trasferimento di un dato dalla CPU al Data Bus durante la scrittura nei dispositivi Slave. Oppure dal Data Bus alla CPU durante la lettura dai dispositivi Slave.
- **Arithmetic Logic Unit (ALU)**: unità che si occupa di tutte le elaborazioni aritmetiche e logiche. L'esito delle operazioni viene memorizzato nel registro CC;
- **Control Unit (CU)**: acquisisce e decodifica le istruzioni macchina presenti in memoria di lavoro. Si occupa inoltre di monitorare il funzionamento di tutti gli elementi della CPU e del resto del calcolatore mediante il Control Bus.

La CPU è dotata di un'insieme di attività elementari (o istruzioni) che è in grado di compiere chiamato **Instruction Set Architecture (ISA)**. La codifica binaria di queste istruzioni è specifica per ogni CPU e rappresenta il suo linguaggio macchina. Ogni istruzione è caratterizzata da:

- **Codice Operativo (opcode)**: indica di quale istruzione si tratta;
- **Operandi (operands)**: costituiscono i dati e le informazioni aggiuntive necessarie per eseguire l'istruzione.

Esistono diversi tipi di istruzioni che la CPU è in grado di decodificare ed eseguire:

- **Istruzioni operative**: richiedono alla CPU di svolgere operazioni sui dati facendo uso dell'ALU;
- **Istruzioni di trasferimento**: servono a prelevare dalla memoria di lavoro o dall'interfaccia di I/O i dati su cui operare e a trasferire in memoria di lavoro o sull'interfaccia I/O i risultati.

I **Modi di Indirizzamento** sono le varie modalità di recupero dei dati necessari per l'esecuzione delle istruzioni:

- **Immediato**: il dato è fornito nell'istruzione macchina;
- **Diretto**: l'istruzione macchina fornisce l'indirizzo della locazione di memoria contenente il dato;
- **Indiretto**: l'istruzione macchina fornisce l'indirizzo di una cella di memoria che contiene l'indirizzo di un'altra cella di memoria contenente il dato necessario;
- **Base+Offset**: l'istruzione macchina indica un registro GPR a cui sommare un valore di offset per ottenere l'indirizzo della cella di memoria contenente il dato

Struttura e set di istruzioni della CPU LC-2

Struttura interna:

- Data bus da 16 bit;
- Address bus da 16 bit;
- Control bus da 2 bit;
- 8 registri GPR da 16 bit (numerati da R0 a R7);
- PC da 16 bit;
- CC da 3 bit (che contiene il segno N, Z o P dell'ultimo numero scritto nel GPR);
- MAR da 16 bit;
- MDR da 16 bit;
- IR da 16 bit;
- ALU supporta solo le operazioni ADD, AND, NOT.

Si tratta di una macchina RISC (Reduced Instruction Set Computer) con poche istruzioni macchina perché il codice operativo occupa i primi 4 bit dei 16 bit di una cella di memoria contenente un'istruzione. Abbiamo dunque solo $2^4=16$ possibili istruzioni di uguale lunghezza (1 parola).

E' possibile intuire che si tratta di una macchina da 16 bit poiché il bus dati e le celle di memoria sono da 16 bit, e l'address bus fornisce $2^{16}=64k$ celle di spazio di indirizzamento.

Poiché ogni istruzione della CPU LC-2 occupa una parola di memoria, dei 16 bit dati ne abbiamo disponibili sempre solo 12. Conseguentemente, come si opera di solito nelle macchine RISC, si indirizza a pagina corrente.

Esempio con istruzione LEA (Load Effective Address):

- I primi 4 bit fanno riferimento alla parola istruzione LEA;
- I seguenti 3 bit indicano il registro destinazione dell'operazione;
- I 9 bit rimanenti ci permettono di specificare una sequenza nota come pageoffset9.

Vogliamo inserire tramite modalità di indirizzamento immediato un indirizzo da 16 bit in uno dei registri GPR. Dobbiamo costruire l'indirizzo di 16 bit concatenando i 9 bit del pageoffset con le prime 7 cifre significative del PC. Abbiamo dunque creato un indirizzo appartenente alla pagina corrente (cioè la zona di $2^9=512$ parole nella quale si trova il programma in esecuzione puntato dal PC).

Possiamo immaginare la memoria dell'LC-2 come $2^7=128$ pagine da 512 parole ciascuna tra le quali ci si muove man mano che eseguendo il programma il PC si sposta da una pagina all'altra. La pagina corrente è quella in cui si trova il PC nel momento in cui viene eseguita un'istruzione che fa riferimento ad un indirizzamento di memoria con la modalità a pagina corrente.