



Architettura del calcolatore

Corso di Laboratorio di Tecnologie informatiche

Prof. Dei Rossi, Leonardo Essam

Introduzione (1)

Definizione 1: Calcolatore

Un calcolatore (*computer*) è una macchina elettronica programmabile che riceve dati in ingresso (*input*), li elabora seguendo istruzioni precise (*programma*) e produce dati in uscita (*output*).

Un calcolatore è caratterizzato da tre componenti essenziali:

1. **Input:** dati forniti al calcolatore (numeri, testi, segnali, file, ecc.);
2. **Elaborazione:** una sequenza di operazioni elementari eseguite automaticamente secondo un programma;
3. **Output:** il risultato dell'elaborazione, restituito all'utente o a un altro sistema.

Introduzione (2)

Caratteristica chiave

Ciò che distingue un calcolatore da una semplice macchina automatica è la **programmabilità**: lo stesso hardware può eseguire compiti diversi cambiando il programma.

Definizione 2: Programma

Un programma è una descrizione finita e ordinata di istruzioni elementari che un calcolatore può eseguire automaticamente per trasformare un input in un output.

Introduzione (3)

Un programma ha le seguenti proprietà fondamentali:

1. **Finitezza:** è composto da un numero finito di istruzioni;
2. **Ordine:** le istruzioni sono disposte secondo una sequenza ben definita (eventualmente con salti o ripetizioni);
3. **Non ambiguità:** ogni istruzione ha un significato preciso e deterministico per il calcolatore;
4. **Eseguibilità:** le istruzioni appartengono a un linguaggio che il calcolatore è in grado di interpretare o eseguire.

Cenni storici (1)

La storia dei calcolatori elettronici inizia durante la Seconda Guerra Mondiale, quando la necessità di eseguire calcoli complessi in tempi molto rapidi spinse governi e ricercatori a superare i limiti delle macchine elettromeccaniche.

In questo contesto nascono i primi calcolatori elettronici digitali, basati sull'uso delle valvole termoioniche.

Cenni storici (2)

Il Colossus, sviluppato nel Regno Unito tra il 1943 e il 1944 sotto la guida di Tommy Flowers, è considerato il primo calcolatore elettronico digitale della storia.

Fu progettato per un compito molto specifico: decifrare i messaggi cifrati tedeschi prodotti dalla macchina Lorenz.

Colossus operava a *Bletchley Park* ed ebbe un ruolo fondamentale nello sforzo bellico alleato.

Dal punto di vista tecnico, Colossus utilizzava migliaia di valvole termoioniche per eseguire operazioni logiche a grande velocità.

Cenni storici (3)

Era una macchina programmabile, ma la programmazione non avveniva tramite software nel senso moderno: per cambiare il comportamento della macchina era necessario riconfigurare fisicamente cavi, interruttori e pannelli.

Inoltre, Colossus non era un calcolatore di uso generale, poiché poteva svolgere solo il tipo di calcolo per cui era stato progettato.

Per molti anni la sua esistenza rimase segreta, e questo ritardò il riconoscimento del suo ruolo nella storia dell'informatica.

Cenni storici (4)

Negli Stati Uniti, quasi nello stesso periodo, venne sviluppato l'**ENIAC** (*Electronic Numerical Integrator and Computer*), completato nel 1945 e presentato pubblicamente nel 1946.

Il progetto fu guidato da John Mauchly e J. Presper Eckert presso l'Università della Pennsylvania, su commissione dell'esercito statunitense.

ENIAC rappresenta un passo fondamentale perché è il primo calcolatore elettronico di uso generale.

Pur essendo nato per il calcolo delle traiettorie balistiche, poteva essere riprogrammato per risolvere problemi molto diversi tra loro.

Anche in questo caso la programmazione avveniva tramite collegamenti fisici e pannelli di controllo, rendendo il processo lento e complesso.

Cenni storici (5)

Dal punto di vista delle prestazioni, ENIAC era enormemente più veloce di qualsiasi macchina precedente.

Occupava intere stanze, consumava grandi quantità di energia e conteneva circa 18.000 valvole termoioniche, ma dimostrò in modo definitivo che il calcolo elettronico era non solo possibile, ma estremamente efficace.

Cenni storici (6)

Sia Colossus sia ENIAC condividevano un limite importante: il programma non era memorizzato nella memoria della macchina, ma definito tramite configurazioni hardware.

Questo rendeva la riprogrammazione lenta e soggetta a errori.

Questo limite portò rapidamente allo sviluppo di una nuova idea fondamentale: il programma memorizzato in memoria, che diventerà la base dei calcolatori moderni attraverso l'architettura di von Neumann.

Macchine successive come EDVAC ed EDSAC segneranno il passaggio definitivo dal calcolatore “cablato” al computer programmabile via software.

L'architettura di von Neumann

Dopo le prime macchine come Colossus ed ENIAC, emerse chiaramente un problema fondamentale: riprogrammare un calcolatore richiedeva la modifica fisica dell'hardware.

Questo limite rese evidente la necessità di un nuovo modello concettuale che separasse la struttura della macchina dalle istruzioni da eseguire.

Nel 1945 il matematico **John von Neumann** propose un'idea destinata a diventare la base dei calcolatori moderni: **il programma memorizzato in memoria**.

Secondo questo modello, dati e istruzioni vengono rappresentati nello stesso modo e conservati nella stessa memoria. Il calcolatore non deve più essere ricablato per cambiare comportamento: basta caricare un nuovo programma.

Componenti fondamentali

L'architettura di von Neumann descrive il calcolatore come un sistema composto da pochi elementi essenziali che cooperano tra loro.

Al centro c'è la memoria, che contiene sia i dati sia il programma. A questa si affianca la **CPU** (*Central Processing Unit*), responsabile dell'esecuzione delle istruzioni.

La CPU è a sua volta composta da un'unità di controllo, che decide quale istruzione eseguire, e da un'unità aritmetico-logica, che esegue le operazioni matematiche e logiche.

Completano il modello i dispositivi di input e output, che permettono al calcolatore di ricevere informazioni dall'esterno e di restituire i risultati.

Il ciclo di esecuzione

Il funzionamento del calcolatore secondo l'architettura di von Neumann segue un comportamento ciclico.

Il processore preleva un'istruzione dalla memoria, la interpreta e la esegue. Questo processo, noto come **fetch-decode-execute cycle**, si ripete continuamente fino al termine del programma.

L'idea di eseguire automaticamente una sequenza di istruzioni memorizzate è uno dei concetti più importanti dell'informatica.

Perché è un modello rivoluzionario?

L'architettura di von Neumann è rivoluzionaria perché introduce una netta separazione tra hardware e software.

L'hardware diventa una struttura generale e stabile, mentre il comportamento del sistema è determinato dal programma caricato in memoria.

Questo rende possibile lo sviluppo di linguaggi di programmazione, sistemi operativi e software sempre più complessi.

Nonostante sia stata proposta oltre settant'anni fa, questa architettura è ancora oggi alla base della maggior parte dei computer, dagli smartphone ai server.

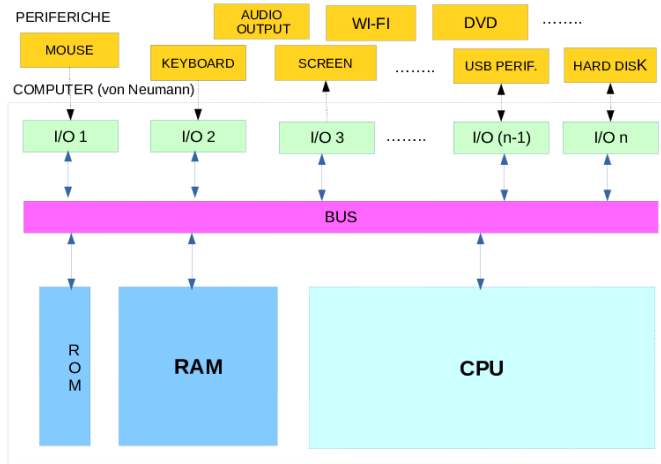
Un limite noto

Il modello presenta anche un limite importante, noto come collo di bottiglia di von Neumann.

Poiché dati e istruzioni condividono la stessa memoria e lo stesso canale di comunicazione con la CPU, la velocità complessiva del sistema è limitata dalla capacità di trasferimento tra memoria e processore.

Questo problema ha motivato l'evoluzione di architetture più avanzate, pur mantenendo l'impostazione di base.

Schema riassuntivo



Quanto conosco il mio PC?

