

CALCOLATORI ELETTRONICI

1.1 INTRODUZIONE

I calcolatori elettronici sono la più grande invenzione dell'umanità del XX secolo. Sono sistemi che integrano **hardware** (dimensione fisica) e **software** (dimensione NON fisica) rendendo possibile l'elaborazione dell'informazione, generazione di coscienza..

→ *calcolatori elettronici è una disciplina che si prefigge di studiare nei dettagli come funzionano e come si progettano e realizzano i computer.*

1.2 I CALCOLATORI ELETTRONICI

I calcolatori elettronici si possono definire come sistemi digitali di elaborazione dell'informazione, programmabili e general-purpose.

→ **sistema digitale di elaborazione** = sistema che tratta e modifica (elabora) dati digitali, attualmente realizzato attraverso circuiti elettronici.

→ **sistema** = qualsiasi oggetto di studio che, pur essendo costituito da diversi elementi reciprocamente interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, reagisce o evolve come un elemento unitario, con proprie leggi generali.

→ **dati** = tutti gli elementi impiegati per produrre un lavoro o un compito determinato: sono le grandezze in ingresso. **Per un calcolatore sono tutte le grandezze quantificabili che vengono impiegate per un calcolo o processo. In particolare, sono dati digitali: rappresentabili tramite cifre.**

→ **segnale** = qualsiasi grandezza fisica che varia nel tempo e che può assumere un insieme di valori misurabili:

- a) **Dati analogici:** se possono assumere un numero infinito di valori all'interno di un determinato intervallo
- b) **Dati digitali:** se possono assumere un numero finito di valori all'interno di un determinato intervallo → **segnale binario:** assume solo due valori (BIT=informazione che esso trasmette nell'unità di tempo con la corrispondente cifra binaria solitamente 1 o 0).

1.3 UNITA' DI MISURA:

Il bit ed il byte sono le unità di misura principali. *Con N bit si possono rappresentare 2^N configurazioni binarie diverse.*

1.4 IL COMPUTER COME SISTEMA DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE

Informazione, termine impiegato per la prima volta alla fine degli anni '40 (da Claude Shannon), che indica *l'insieme dei dati che assumono un significato univoco, utile per una specifica applicazione.*

→ Shannon definì l'informazione come la riduzione di incertezza che si può stimare a priori sul simbolo trasmesso.

1.5 DAI SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE AI COMPUTER

Il calcolatore elettronico elabora dati e segnali digitali binari nel senso che li modifica in base ad opportuni comandi: eseguendo opportune **istruzioni** (*Le istruzioni e i dati sono rappresentati come sequenze di bit raggruppate in gruppi di byte chiamati parole*). Anche le istruzioni sono codificate in modo binario in una sequenza chiamata **programma**. Per questo il computer si dice **Sistema di elaborazione delle informazioni, programmabile**.

La **parola** è l'unità di riferimento di un calcolatore. *Si dice che una CPU (Central Processing Unit) lavora ad n bit e per estensione che il calcolatore lavora a n bit quando n è la dimensione dei suoi operandi ed n è la dimensione della sua "parola".*

Un sistema viene descritto attraverso il suo modello in uno specifico *dominio di rappresentazione* che indica l'insieme di particolari considerati di interesse. Per ogni livello si può fornire:

- 1) **descrizione funzionale (o comportamentale)**: descrive il comportamento del sistema in termini dei suoi ingressi e delle sue uscite (input e output).
- 2) **descrizione strutturale (architetturale)**: descrive la struttura del sistema in termini di elementi primitivi che lo compongono.
- 3) **descrizione fisica (implementazione)**: descrive la effettiva realizzazione del sistema indicando in dettaglio i componenti impiegati e le loro interconnessioni.

→ **L'analisi** è lo studio del funzionamento di un sistema noto a partire dalla sua struttura fino ad arrivare ad una sua **descrizione Comportamentale (o Funzionale)**.

→ La **sintesi** di un sistema ed in particolare di un sistema digitale, è al contrario il processo che porta alla progettazione (e in seguito alla realizzazione) della struttura del sistema, dei suoi componenti e delle connessioni tra componenti a partire dalla descrizione comportamentale.

Una completa descrizione funzionale un calcolatore elettronico è la seguente:

“Un calcolatore è un sistema digitale capace di interpretare ed eseguire programmi (sequenze di istruzioni) memorizzati, elaborare dati digitali in ingresso e fornire dati in uscita.”

Il calcolatore elettronico come **descrizione funzionale** è *un sistema digitale che riceve in ingresso dati ed istruzioni e fornisce in uscita dati di risultati e che ha 4 funzioni principali:*

- a) **Gestione delle istruzioni:** memorizzare, recuperare, interpretare ed eseguire le istruzioni di un programma per lavorare sui dati e controllare tutto il sistema.
- b) **Elaborazione dei dati:** elaborare i dati binari, operazioni elementari che compie sui dati (ALU).
- c) **Memorizzazione dei dati:** memorizzare i dati prime e dopo l'elaborazione in modo temporaneo ed in modo permanente.
- d) **Trasferimento dei dati:** trasferire i dati in ingresso ed uscita a sistemi collegati direttamente o con dispositivi remoti.

Il calcolatore elettronico come **descrizione strutturale** è l'unione di diversi componenti fondamentali: 5 unità logiche

- a) La CPU
- b) La memoria
- c) L'I/O

Collegate tra loro attraverso il bus di interconnessione

- d) Il software

→ Si definisce allora il calcolatore come *quel sistema digitale composto da hardware e software; la parte hardware è composta dai dispositivi fisici ed in particolare da una o più CPU (Central Processing Unit), da memorie e dispositivi di I/O collegati da uno o più bus; la parte software a sua volta è costituita da software di base e software applicativo, ossia dai programmi che codificano in linguaggio macchina uno specifico algoritmo.*

1.6 I LIVELLI DI ASTRAZIONE DI UN CALCOLATORE

Se si studia solo l'hardware, (e vale per ogni sistema di elaborazione digitale), il modello di un calcolatore può essere descritto a diversi livelli di astrazione:

- **Livello dei circuiti:** il livello dei transistor e dei gate elettronici che vengono impiegati per creare il livello logico; (si studiano nel corso di elettronica)
- **Livello logico:** il livello dei gate elementare secondo l'algebra di Boole (gli AND, i FF)
- **Livello RTL:** il Register Transfer Level: il livello delle porte a parallelismo di parola (I registri, le ALU..)
- **Livello di Sistema:** il livello dei blocchi logici e dei dispositivi (le memorie, la CPU..)

Il modello a cipolla: calcolatore = livelli di macchine virtuali, in cui ogni livello è definito da proprie funzionalità e da un linguaggio con cui lo si può programmare o gestire.

Livello 0) Livello logico digitale: è il livello dei componenti digitali, delle reti logiche e RTL (*register transfer level*) e dei componenti hardware

Livello 1) Livello di micro-architettura: il livello hardware che coinvolge le scelte sui blocchi logici che implementano la CPU (e gli altri componenti del calcolatore);

Livello 2) Livello Instruction Set Architecture (ISA) o livello del linguaggio Macchina. Questo è il livello più importante che caratterizza la CPU e per estensione tutto il calcolatore

Livello 3 e 4) Livello di Sistema Operativo e del Software di sistema: in linguaggio Assembly sono i livelli ibrido del Sistema Operativo e del Middleware, ossia il software di basso livello non necessariamente proprietario del Sistema Operativo per la gestione della macchina fisica e virtuale e per le comunicazioni in rete.

Livello 5) Livello di macchina virtuale (virtual machine) e del Software Applicativo o dei linguaggi di alto livello in cui il calcolatore è visto in modo astratto e virtuale ed i programmi sono scritti in linguaggio ad alto livello come C, C++, Java Python PHP... e che poi vengono tradotti da compilatori.

1.7 DAL MODELLO DI VON NEUHMANN...

Chi ha inventato il calcolatore? È molto difficile da dire perchè da centinaia di anni l'uomo insegue il sogno di realizzare un sistema automatico che sappia far di conto, eseguire operazioni, processi mentali e pensare come l'essere umano.

- 1) **Generazione Zero:** il calcolatore era ancora un oggetto studiato tendenzialmente per risolvere calcoli matematici con elementi meccanici o elettromeccanici.

Leonardo da Vinci progettò una prima macchina meccanica per fare calcoli aritmetici. Alla fine del 1600 **Pascal** inventò una macchina meccanica per fare somme, modificata da **Leibniz** per eseguire anche moltiplicazioni e divisioni. La prima macchina meccanica **programmabile** fu invece realizzata da **Charles Babbage** all'inizio del 1800 a Cambridge. Egli definì ed inventò la prima macchina chiamata "Difference engine" capace di eseguire un solo algoritmo che poi modificò nella "**Analytical engine**" capace di fare diverse operazioni con una specie di linguaggio assemblativo programmabile con schede collegate a migliaia di rotelle meccaniche. Il software scritto per questa macchina fu scritto da **Ada Lovelace**, a cui fu dedicato il linguaggio parallelo chiamato "Ada". Il calcolatore di Babbage non funzionò mai del tutto, ma fu il precursore dei moderni.

- 2) **Generazione 1:** nacque con la nascita dell'elettronica e dei tubi a vuoto i precursori dei transistor.

COLOSSUS parzialmente progettata da Alan Turing (*le capacità computazionali calcolatore elettronico si deve fare riferimento a lui*) per decodificare i messaggi della macchina **ENIGMA** tedesca. Nel frattempo, in USA il primo progetto finanziato dal governo americano a **John Mauchley e Presper Eckert**, portò alla realizzazione del sistema **ENIAC** programmabile con interruttori ed in modo decimale

→ **Ormai è opinione diffusa che si pensi a John Von Neumann come il padre del calcolatore moderno non perché ne fu l'inventore ma perché fu il primo che ne ha descritto il modello.** Modello definito sia a livello funzionale che strutturale fu formulato 1945 inizialmente per descrivere il funzionamento del calcolatore chiamato **EDVAC**, poi riprogettato da Von Neumann come **IAS**.

L'architettura di Von Neumann si compone di 5 parti fondamentali:

- 1) **Unità di controllo:** per gestire il funzionamento di tutte le unità del sistema e per prelevare (fetch) ed interpretare le istruzioni al fine di eseguire una data operazione.
- 2) **ALU:** esegue le istruzioni stesse sugli operandi, memorizzati temporaneamente in una piccola memoria interna chiamata accumulatore. Queste due componenti formano **CPU**.
- 3) **Memoria (memoria centrale):** unità che mantiene sia i dati che le istruzioni che compongono il programma da eseguire e codificate in modo numerico.

→ *in un computer attuale è sempre presente anche la memoria di massa che mantiene i dati in modo permanente prima e dopo l'elaborazione.*

- 4) **Unità di input per introdurre i dati**
- 5) **Unità di output per emettere i risultati**

In questo calcolatore le parti erano collegate attraverso comunicazioni punto a punto, che poi si sono evolute nel concetto di BUS come struttura di comunicazione condivisa che collegasse i componenti precedenti.

Il modello di Von Neumann dal punto di vista funzionale si chiama " **Stored program computer**" perché l'unità di elaborazione centrale (ora CPU **Central Processing Unit**) esegue sequenze di **istruzioni** che sono riposte in una struttura di memorizzazione (**memoria**). La stessa memoria contiene anche i **dati** che sono le informazioni che vengono elaborate dalla CPU in base alle istruzioni.

Nello stesso periodo in cui veniva formulato il modello di Von Neumann ad Harvard veniva progettato un altro modello detto **Modello di Harvard**. La differenza principale sta nella definizione e organizzazione delle memorie per dati ed istruzioni:

- **Architettura di Von Neumann:** esiste una sola memoria che contiene sia dati che istruzioni.
- **Architettura di Harvard:** dati e istruzioni sono memorizzati su due memorie separate a cui la CPU accede contemporaneamente.

OSS: Con i calcolatori della generazione 1 si inizia a parlare di **prestazioni**

Il progetto di un calcolatore per prima cosa si orienta all' **efficacia**: un calcolatore deve essere efficace nel senso che *deve essere in grado di compiere il compito previsto.*

Poi è importante l'**efficienza** *ossia la possibilità di svolgere il compito con minori risorse possibili.*

Le **PRESTAZIONI** richieste possono essere viste in termini diversi come

- **Velocità:** la velocità nel compiere una istruzione, un'operazione o un determinato programma o una sequenza di programmi. È l'aspetto più importante per un calcolatore.

→ ma nelle prestazioni per la velocità si usano **due misure:**

1) TEMPO: Il termine **Tempo di risposta** è il più generale e spesso usato nel livello dei sistemi operativi o nel livello dei sistemi logici per il tempo impiegato per una operazione elementare; si usa il termine **Tempo di Accesso (Access Time)** o latenza se si riferisce a memorie e per l'I/O, si usa il termine Ritardo (**nodal delay**) per la rete e **Tempo di Esecuzione (Execution time)** per valutare le CPU.

2) THROUGHPUT di un evento: è la misura della quantità di tali eventi per unità di tempo

- **Risorse e Numero di componenti:** quante risorse vengono utilizzate (a parità di velocità) è un parametro che incide sui costi e sulla dimensione del sistema.
- **Area:** la dimensione del sistema
- **Consumo:** il consumo elettrico e la conseguente dissipazione energetica.
- **Standardizzazione:** la possibilità di replicare e di mantenere nel tempo l'architettura
- **Tolleranza ai guasti:** ossia l'affidabilità; garantire una certa tolleranza ai guasti fa parte del concetto di efficacia.
- **Tempi di realizzazione:** il tempo dalla progettazione alla realizzazione (time to market)
- **Costo**

3) **Generazione 2 o generazione dei transistor:** ('55-'65)

Inventato il 1° transistor nel 1948 → i calcolatori diminuiscono di dimensioni:

- 1961: PDP-1 della DEC capace di eseguire 200000 istr/sec
- PDP-8 → nasce il concetto di BUS= connessione unica multi-punto, dove i dati passano da sorgente e possono arrivare
- Nasce il concetto di architettura

- **Super-computer:** CRAY-1 → calcolatore che costa più di un milione di dollari e viene usato SOLO per usi specifici. Essi *sono comunque calcolatori general-purpose perché è il software che definisce cosa fanno.*

4) Generazione 3 o generazione dei circuiti integrati: ('65-'70/'80)

Calcolatori diventano sempre più piccoli:

- mini-computer
- mainframes: calcolatore viene usato in multiprogrammazione

→ **nasce la generazione dei CIP**=dispositivo elettronico costruito con processo di nanoelettronica:

SILICIO -> TAGLIATO IN DISCHI CHIAMATI WAFER → SEMICONDUTTORE →
IMPIANTATA LA QUANTITA' DI TRANSISTOR

5) Generazione 4: ('80)

- Mini-computer: calcolatori che potevano essere usati da centro di calcolo dove un server veniva collegato a tanti terminali su cui tutti potevano lavorare
- **VAX= estensione a 32 bit del PDP-11 → considerato il primordiale dei computer perché è capace di eseguire un MIX, cioè milioni di istruzioni al secondo**

MA nasce il primo PC: IBM realizza un calcolatore così piccolo da essere personale, chiedendo ad Intel di costruirne la CPU(8086 e 8088) + IBM mise a disposizione l'ISA → mossa vincente perché i programmatori iniziassero a scrivere programmi per software e hardware compatibile con mondo di questo pc

→ 1) diffusione pc in tutto il mondo

→ 2) permise di mantenere compatibilità con il passato x Intel e altre case costruttrici

Poi nel 1984 la Apple crea la prima Graphical User Interface; ed IBM contatta Microsoft x creare un S.O. piccolo da tenere dentro il PC → nasce MS-DOS che poi diventerà Windows.

6) Generazione 5,6...

Il termine 5^a generazione venne usata dai giapponesi attorno agli anni '80 per indicare nascita robot e intelligenza artificiale

Fine degli anni '90:

- Miniaturizzazione
- Smartphone in IBM chiamato Simon, ma troppo costoso → iPhone
- Sviluppo calcolatori Embedded (dedicati)

Oggi:

- Calcolatori piccoli e super-calcolatori + sviluppo hardware e software

Dal punto di vista strutturale, il calcolatore odierno si **compon**e di 4 parti:

1) CPU

2) MEMORIE

3) I/O

4) **INSIEME DI BUS** = parte che mette in comunicazione il tutto:

- **Address-bus**: manda indirizzi alla memoria e/o I/O
- **Control-bus**: insieme dei segnali di controllo che servono per gestire il calcolatore
- **Data-bus**: trasporta dati/istruzioni dalla memoria alla CPU (e viceversa) o dalla memoria/CPU verso I/O (e viceversa)
- **Bus controller**: insieme di tutta la logica (combinatoria e sequenziale) che serve per interfacciare la CPU con le memorie e/o I/O → dipende dalla CPU e solitamente sono della casa produttrice

I SISTEMI DI ELABORAZIONE:

1) **General purpose programmabili**: calcolatori elettronici più propriamente detti (oggi)

→ è un sistema di elaborazione programmabile perché ha del codice. La sua funzionalità è definita dal software, composto da almeno 1 CPU, dotato almeno di un sistema operativo necessario per far funzionare il calcolatore (fa da interfaccia tra hardware e programmi) e spesso realizzato da terze parti

2) **Sistemi embedded (dedicati):** sistema di elaborazione specializzato in cui è vero che è programmabile da un software MA alcune funzioni sono definite specificatamente dall'hardware

3) **Sistemi ASIC:** sistemi hardware che possono non aver bisogno del software per come sono stati progettati MA sono configurabili: hanno configurazioni con diverse funzioni per diversi segnali in ingresso

TASSONOMIA:

- **Work-station:** stazione di lavoro collegata ad altre stazioni MA OGGI comunemente chiamata **server** = calcolatore decentrale che fa da server x applicazioni

- **Processori:** hanno nome commerciale + nome che caratterizza la loro micro-architettura.

- **Micro-processor:** CPU è integrata all'interno di un singolo micro-cip

→ OSS: NEL 2007 VENNE INTRODOTTO DA INTEL IL CONCETTO DI TICKTOCK:

- **ANNO DEL TICK:** miglioro la tecnologia esistente mantenendo la stessa micro-architettura
- **ANNO DEL TOCK:** nuova micro-architettura usando lo stesso processo produttivo

**ORA LE CASE COSTRUTTRICI DI SOFTWARE INIZIANO A FARE IL PROPRIO
HARDWARE**

