

---

# Calcolatori Elettronici

## Introduzione al Calcolatore

---

Ing. Gestionale e delle Telecomunicazioni  
A.A. 2008/09  
Gabriele Cecchetti

---

## Introduzione al Calcolatore

- Sommario:
  - Generalità
  - Terminologia
  - Breve storia del calcolatore
  - Livelli di astrazione nella struttura del calcolatore
- Riferimenti
  - C. Hamacher, “Introduzione all’architettura del Calcolatore”, cap. 1.

---

# Generalità

---

alcune nozioni fondamentali

---

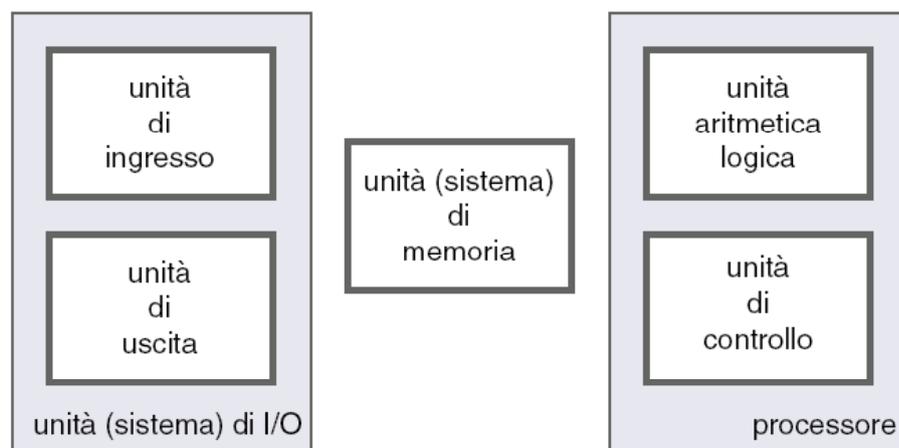
## Definizione di Calcolatore

- Un calcolatore moderno è una *macchina elettronica* (quanto meno, in modo prevalente).
  - È in grado di *eseguire calcoli* in modo *automatico*:
    - *prende in ingresso* informazioni in formato *digitale* (o *numerico*)
    - *elabora* le informazioni secondo le regole stabilite da una lista predefinita di *istruzioni macchina*
    - *manda in uscita* i risultati dell'elaborazione, come informazioni in formato digitale
  - La lista di istruzioni macchina che guida tutto quanto il processo è il *programma*, e si trova nella *memoria*.
-

# Unità (Sistemi) del Calcolatore

- Processore, per eseguire il programma, costituito da:
  - unità aritmetica-logica (data path), per eseguire calcoli
  - unità di controllo (control path), per controllarne l'esecuzione
- Unità di ingresso-uscita (o di input-output, I/O), per introdurre dati ed emettere risultati, costituito da:
  - una o più unità di solo ingresso (tastiera, mouse, ecc)
  - una o più unità di sola uscita (video, stampante, ecc)
  - una o più unità di ingresso e uscita (varie ...)
- Unità di memoria, per contenere e conservare informazioni (dati e programmi), costituito da:
  - memoria cache – contiene dati e programmi in esecuzione
  - memoria centrale – contiene dati e programmi in esecuzione
  - memoria di massa – archivio di dati e programmi persistenti
- Sistema di collegamento: bus

## Unità del Calcolatore



Unità funzionali fondamentali del calcolatore.

---

## Processore e Memoria

- Processore e memoria sono i due sistemi fondamentali del calcolatore (e sempre necessariamente presenti).
  - Il processore contiene svariati registri interni, per comunicare con la memoria:
    - prelevare le istruzioni del programma
    - leggere da memoria i dati da elaborare
    - contenere i dati in elaborazione
    - scrivere in memoria i risultati dei calcoli
- 

---

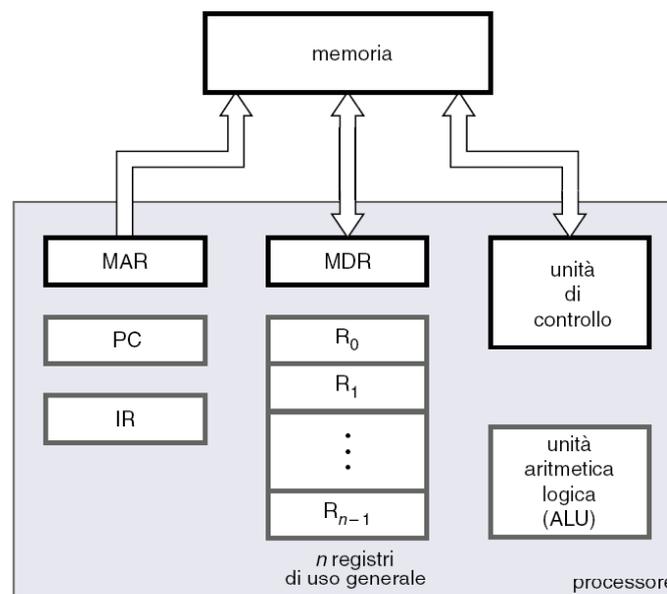
## Istruzione e Dato

- L'elemento di informazione minimo trattato dal calcolatore è la parola:
    - parola: sequenza di bit 0 o 1 (p. es. 8, 16, 32 o 64 bit)
  - Sia il dato (intero, carattere, ecc) sia l'istruzione macchina sono codificati in parole, secondo varie rappresentazioni.
  - Dati e istruzioni complessi sono codificati mediante sequenze di più parole.
  - Il processore elabora parole e la memoria contiene parole (e anche il sistema di I/O scambia parole).
-

## Registri del Processore

- Contatore di programma (program counter, PC):
  - punta all'istruzione da prelevare ed eseguire
- Registro di istruzione (instruction register, IR):
  - contiene l'istruzione correntemente in esecuzione (l'istruzione è codificata in forma numerica)
- Registri di uso generale o banco di registri (register file,  $R_0 - R_{n-1}$ ):
  - contengono dati (e indirizzi) correntemente in uso
- Registro di indirizzo di memoria (memory address register, MAR) e registro dei dati di memoria (memory data register, MDR):
  - servono per leggere e scrivere la memoria

## Processore e Memoria

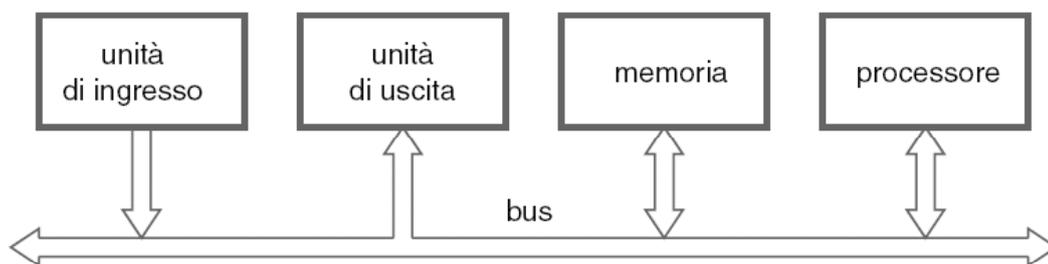


Collegamenti tra unità funzionali  
e alcuni elementi strutturali interni.

## Collegamento tra Unità - Bus

- Le unità funzionali fondamentali del calcolatore si scambiano informazioni (istruzioni e dati) mediante un organo di collegamento: il bus.
- Il bus è un fascio di fili che trasportano bit, cioè informazioni (parole) codificate in forma binaria, come sequenze di bit.
- Il calcolatore contiene un bus, e spesso più di uno con funzioni più o meno specializzate.

## Collegamento tra Unità - Bus

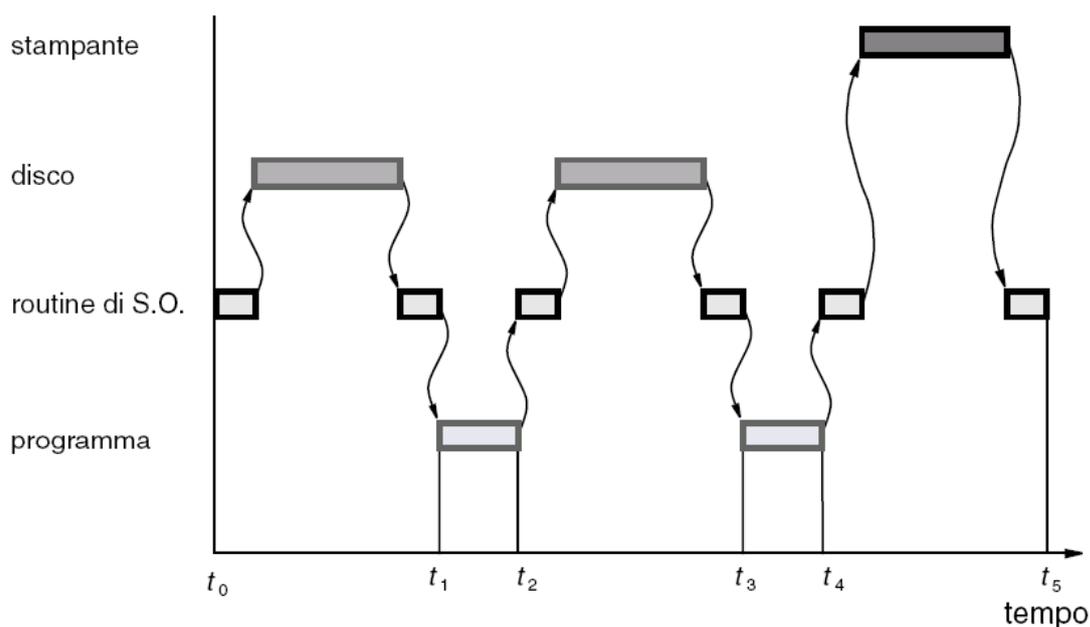


Calcolatore strutturato intorno a un solo bus.

## Ruolo del Sistema Operativo

- Normalmente il calcolatore è equipaggiato con un sistema operativo (SO).
- Il SO è un complesso di programmi che danno al calcolatore funzionalità minimali:
  - ❑ caricare e attivare uno o più programmi
  - ❑ gestire le unità funzionali di memoria e I/O
  - ❑ permettere l'esecuzione simultanea di due o più programmi (processi): concorrenza
  - ❑ permettere la presenza di più utenti
  - ❑ garantire affidabilità e sicurezza del calcolatore.

## SO e Concorrenza

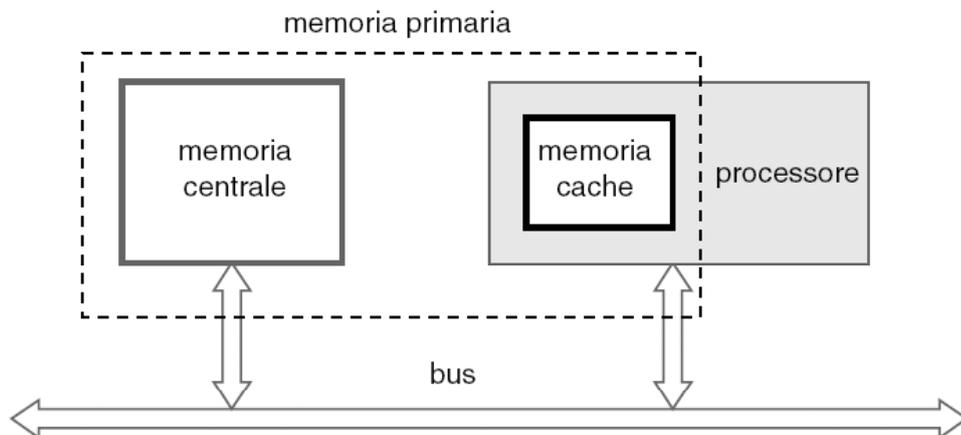


Divisione di tempo tra programma e unità funzionali.

## Memoria Primaria

- La memoria primaria è destinata a contenere il programma in esecuzione e i dati da elaborare.
- È formata da memoria cache e centrale, ed entrambe sono sempre memorie elettroniche.
- La memoria cache, piccola e veloce, contiene la parti attive di programma e i rispettivi dati, ed è strettamente legata al processore.
- La memoria centrale, più grande e lenta, contiene il resto del programma corrente e dei dati, ed è meno legata al processore.

## Memoria Cache e Centrale



Struttura della memoria e relazione con il processore.

---

## Ingresso e Uscita

- Il calcolatore dispone di un complesso di unità funzionali per scambiare informazioni (dati e anche programmi) con le unità di periferia (o periferiche).
  - Per esempio: tastiera, video, puntatore (mouse), stampante, sensori vari, attuatori vari, ecc.
  - Le interfacce che collegano il calcolatore alle periferiche vanno sotto il nome generico di porte (di ingresso, uscita o entrambe, secondo i casi).
  - Il sistema di ingresso-uscita (I/O) è molto vario, da forme minimali a molto estese.
- 

---

## Terminologia

---

Alcuni termini fondamentali

## Terminologia

- È bene familiarizzarsi con alcuni modi di dire caratteristici per descrivere le attività del calcolatore:
  - con quali sostantivi nominare gli elementi di informazione elaborati dal calcolatore
  - con quali verbi descrivere le operazioni di scambio di informazioni tra unità
- E naturalmente, anche la corrispondenza tra inglese e italiano.

## Terminologia

Termine	(inglese)	Spiegazione sintetica
<i>leggere</i>	<i>read</i>	Acquisire una parola (dato o istruzione) da un'unità funzionale che già la contenga (memoria) o che sia in grado di produrla (unità di ingresso); della parola letta si può fare uso nel calcolo o mandarla altrove. Sostantivo: <i>lettura</i> .
<i>scrivere</i>	<i>write</i>	Mandare una parola (dato) a un'unità funzionale che sia in grado di contenerla (memoria) o di farne uso (unità di uscita); la parola da scrivere può essere il risultato del calcolo o un valore preso altrove. Sostantivo: <i>scrittura</i> .
<i>sorgente</i>	<i>source</i>	Il posto dove si va a <i>leggere</i> una parola (dato o istruzione); in genere la lettura <i>lascia intatta</i> la sorgente (sempre se la sorgente è un registro del processore o la memoria; in caso di unità di ingresso, dipende).
<i>destinazione</i>	<i>destination</i>	Il posto dove si va a <i>scrivere</i> una parola (dato); la scrittura <i>sovrascrive sempre</i> la destinazione.

## Terminologia - I

Termine	(inglese)	Spiegazione sintetica
<i>copiare</i>	<i>copy</i> ( <i>move</i> )	<i>Leggere</i> il contenuto di una parola di memoria o di un registro interno al processore e <i>scriverlo</i> in un'altra parola di memoria o in un altro registro interno al processore, rispettivamente; in genere indica movimento di informazioni avente come punti di partenza e di arrivo la <i>stessa unità funzionale</i> e che per lo più avviene tutto internamente a essa, oppure indica movimento tra due <i>unità funzionali differenti</i> ma pensate allo <i>stesso livello gerarchico</i> . Sostantivo: <i>copia</i> .
<i>caricare</i>	<i>load</i> ( <i>move</i> )	<i>Leggere</i> dalla memoria una parola e <i>scriverla</i> in un registro interno al processore; indica movimento di informazioni avente come <i>destinazione</i> il processore; può indicare anche movimento di informazioni dagli strati <i>lenti</i> a quelli <i>veloci</i> della <i>gerarchia di memoria</i> . Sostantivo: <i>caricamento</i> .

## Terminologia - II

<i>prelevare</i>	<i>fetch</i>	<i>Leggere</i> dalla memoria un' <i>istruzione macchina</i> e <i>scriverla</i> in un registro apposito interno al processore (il registro di istruzione o IR, instruction register); è simile a <i>caricare</i> , ma in riferimento all'istruzione invece che al dato. Sostantivo: <i>prelievo</i> .
<i>memorizzare</i>	<i>store</i> ( <i>move</i> )	<i>Leggere</i> da un registro interno al processore una parola e <i>scriverla</i> nella memoria; indica movimento di informazioni avente come <i>sorgente</i> il processore; può indicare anche movimento di informazioni dagli strati <i>veloci</i> a quelli <i>lenti</i> della <i>gerarchia di memoria</i> . Sostantivo: <i>memorizzazione</i> .
<i>trasferire</i>	<i>transfer</i>	Termine generico che significa <i>caricare</i> , <i>memorizzare</i> o <i>copiare</i> parole (dati o istruzioni), senza precisare il verso ( <i>lettura</i> o <i>scrittura</i> ) del movimento dalla parola (dato o istruzione).

---

# Breve storia del calcolatore

---

## Una classificazione semplice

---

## Breve Storia Del Calcolatore

- Il calcolo automatico ha una storia interessante e antica (< 1945), ma le tecnologie impiegate prima di tale data non erano elettroniche (vedi testo).
  - Per i precursori e le loro scoperte, si veda il testo (sono numerosi, e tutti molto geniali ...).
  - Si suole dividere la storia tecnologica del calcolatore elettronico moderno in generazioni, a partire dal 1945 circa fino a oggi.
-

---

## Prima Generazione – 1945-55

- Calcolatore mono-processore (macchina di von Neumann):
    - J. Von Neumann, P. Eckert, J. Maucly ( $\approx$  1945)
  - Un solo processore, poca memoria, un solo bus, nastro e scheda perforati.
  - Tecnologia della valvola termoionica (tubo a vuoto, vacuum tube).
  - Memoria a linee di ritardo a mercurio (!).
- 

---

## Seconda Generazione – 1955-65

- Uso del transistor (scoperto  $\approx$  1940):
    - porte logiche a transistorie abbandono della valvola ...
  - Memoria centrale a nuclei magnetici.
  - Invenzione dei linguaggi di alto livello (primo Fortran, 1956) e dei compilatori.
  - Memoria di massa a tamburo magnetico (fu il precursore del disco magnetico).
-

---

## Terza Generazione – 1965-75

- Invenzione e uso del circuito integrato:
    - elementi funzionali via via più grandi e potenti integrati su componente singolo
  - Memoria centrale elettronica e abbandono della tecnologia a nuclei magnetici.
  - Comparsa di memoria cache e virtuale.
  - Si diffonde la programmazione concorrente (multiprogrammazione).
- 

---

## Quarta Generazione – 1975-oggi

- Processore su un solo circuito integrato.
  - Componenti integrati di memoria di capacità molto grande.
  - Diffusione del calcolatore a livello di massa:
    - sistema embedded (incorporato) e microcontrollore
    - calcolatore personale (PC) e portatile
    - mainframe e server
    - supercalcolatore e rete di calcolatori
  - Costante ampliamento della struttura interna del processore (microarchitettura).
-

---

## Oltre la Quarta Generazione

- È difficile individuare un cambiamento tecnologico abbastanza ampio da demarcare l'inizio di una generazione oltre la quarta.
  - Ci sono numerosi cambiamenti di tecnologia, ma sono di tipo specialistico e danno origine a famiglie di calcolatori per usi applicativi specifici.
  - Le classificazioni non sono né ben consolidate né universalmente accettate ... (si veda il testo).
- 

---

## Livelli di Astrazione nella Struttura del Calcolatore

---

Come articolare la struttura del calcolatore

---

## Livello di Astrazione

- Il calcolatore è una macchina complicata:
    - molte parti fisiche (hardware) e logiche (software)
  - Conviene organizzare la spiegazione per livelli di astrazione:
    - modo per raggruppare ordinatamente le funzioni del calcolatore, separandole e rendendole comprensibili
  - Ogni livello fornisce determinate funzioni ai livelli superiori, che se ne servono.
  - Alla base i circuiti elettronici, in cima il programma applicativo di interesse.
- 

---

## 1 – Logica Digitale

- Il calcolatore è formato da porte logiche (AND, OR, NOT), a loro volta costituite da transistori.
  - L'informazione è rappresentata in modo binario (0 e 1) e viene elaborata da circuiti logici (o aritmetici, pure costituiti da porte).
  - Anche la memoria (primaria) è costituita da elementi logici (bistabili, pure costituiti da porte logiche o tecnologie affini).
  - Circuiti logici di elaborazione e di memoria sono organizzati in famiglie di componenti funzionali precostituiti: blocchi combinatori e sequenziali.
-

---

## 2 – Microarchitettura

- Il processore (principalmente) è costituito da blocchi funzionali come registri, unità aritmetica-logica, bus interni, ecc.
  - Tali componenti comunicano e cooperano per eseguire le istruzioni macchina del programma.
  - L'organizzazione interna del processore e il modo di controllarla costituiscono la cosiddetta microarchitettura.
  - Due soluzioni classiche per la microarchitettura: schema cablato e schema microprogrammato.
- 

---

## 3 – Insieme Istruzioni

- Ogni processore è capace di riconoscere ed eseguire un insieme (o repertorio) specifico di istruzioni macchina.
  - La composizione di tale insieme costituisce la cosiddetta *struttura del processore a livello di istruzioni*:
    - ISA: Instruction Set Architecture
  - L'insieme di istruzioni incide in modo decisivo sulla struttura del processore.
  - Due tipologie di ISA caratteristiche:
    - RISC: Reduced Instruction Set Computer
    - CISC: Complex Instruction Set Computer
  - Spesso però le due tipologie vengono mescolate.
-

---

## 4 – Sistema Operativo

- Tranne casi semplici, il calcolatore dispone di un sistema operativo (SO).
  - Il SO fornisce al programma un insieme base di funzionalità (I/O, gestione processi, e simili).
  - Il programma utente interagisce con il SO tramite vari meccanismi:
    - SO concorrente (multiprogrammato): chiamata a supervisore e interruzione
  - Anche il SO è un programma (o un insieme di svariate routine più o meno coordinate).
- 

---

## 5 – Linguaggio Macchina

- Il programma (o processo) è una lista di istruzioni macchina, prese dal repertorio.
  - Il programma deve avere una struttura definita e va scritto secondo regole opportune (dove allocare variabili, come gestire routine, ecc):
    - regole: sintassi del linguaggio macchina
  - Le regole (o sintassi) sono di due tipi:
    - ling. macchina simbolico: codifica simbolica delle istruzioni
    - ling. macchina numerico: codifica binaria delle istruzioni
  - Per la forma simbolica, si usa talvolta il termine linguaggio assemblatore.
  - Lo strumento SW che traduce da forma simbolica a numerica si chiama appunto *assemblatore* (assembler).
-

## 6 – Linguaggio Applicativo

- Generalmente il programma è scritto in linguaggio applicativo o di alto livello:
  - ANSI C, C++, Java, Pascal, ecc
- Il programma in linguaggio applicativo va tradotto in linguaggio macchina:
  - assembler: da alto livello a ling. macchina
- Lo strumento di traduzione in questione è il *compilatore* (compiler).

## Schema Riassuntivo

