

---

# Architettura dei Calcolatori

## Introduzione al corso

---

Ing. dell'Automazione  
A.A. 2011/12  
Gabriele Cecchetti  
*g.cecchetti@sssup.it*

---

## Rappresentazione dell'informazione

- Sommario:
  - Premessa (struttura generale del corso)
  - Libri di riferimento
  - Materiale fornito dal docente
  - Sito del corso
  - Ricevimento
  - Calendario
  - Prove in itinere
  - Modalità di esame (standard)
  - Programma del corso

## Premessa

- Questa parte del corso è parte integrante del corso di «Architettura dei Calcolatori»
- Questa parte del corso, tenuta il lunedì ed il venerdì dalle 14 alle 18, verte su Reti Logiche e elementi di base dell'Architettura dei Calcolatori.
  - per studenti di Architettura dei Calcolatori.

## Libro di riferimento

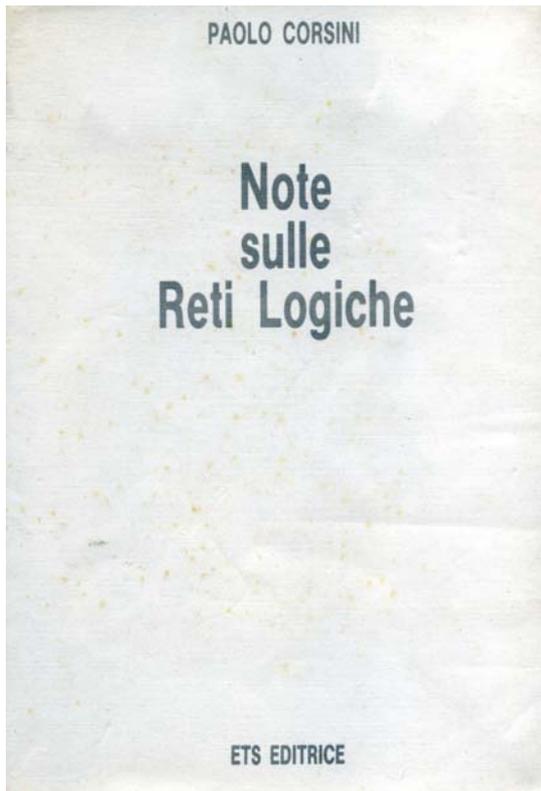


**Carl Hamacher,**  
Zvonko Vranesic,  
Safwat Zaky

***Introduzione  
all'architettura dei  
calcolatori***

McGraw-Hill

## Libro consigliato



P. Corsini

*Dalle porte AND OR  
NOT al Sistema  
Calcolatore - un viaggio  
nel mondo delle reti  
logiche in compagnia  
del linguaggio Verilog*

Edizione ETS - Pisa,  
2004

## Materiale fornito dal docente

- Slides delle lezioni
- Esercizi (alcuni svolti)
- Testi di esame (senza soluzione)
- Software didattico

---

## Sito del corso

[http://www.gabrielececchetti.it/  
Teaching/AC/](http://www.gabrielececchetti.it/Teaching/AC/)

Materiale didattico ed esercizi protetti da utente e password.

---

## Ricevimento

- Prima della lezione, durante le pause e al termine della lezione.
- Negli altri periodi solo per email o skype (previo appuntamento).

---

## Calendario (tentativo)

1. Venerdì 20 Aprile,
2. Lunedì 23 Aprile,
3. Venerdì 4 Maggio,
4. Lunedì 7 Maggio,
5. Venerdì 11 Maggio,
6. Lunedì 14 Maggio,
7. Venerdì 18 Maggio,
8. Lunedì 21 Maggio (Architettura - A.L. Ruscelli),
9. Venerdì 25 Maggio (Architettura - A.L. Ruscelli),
10. Lunedì 28 Maggio (Architettura - A.L. Ruscelli).

Prova in itinere/esame.

Venerdì 8 Giugno (oppure Lunedì 11 Giugno).

---

---

## Prova in itinere finale / Esame di fine corso

- La prove in itinere costituisce anche l'esame per questa parte di corso.
- Contiene esercizi e domande sugli argomenti del corso:
  - Rappresentazione dell'informazione
  - Reti Logiche
  - Architettura del Calcolatore (Dott.ssa Ruscelli)
- Superando le prove in itinere, non si devono sostenere nuovamente questa parte nell'esame del corso di Architettura dei Calcolatori.

---

## Valutazione prova in itinere finale

- Valutazione uguale alle prove scritte (sufficienza  $\geq 18$ ).
- Non vi sono recuperi per la prova in Itinere.
- Il voto finale del corso di «Architettura dei Calcolatori» tiene conto del voto ottenuto in questa prova in misura da stabilire.
  - La verbalizzazione viene effettuata quindi nel contesto del voto finale di questo esame.

---

## Programma del corso

(1/2)

- Sistemi digitali Rappresentazione dell'informazione. Elementi di Algebra di Boole.
- Logica combinatoria: analisi e progettazione di reti combinatorie.
- Logica sequenziale: analisi e progettazione di reti sequenziali asincrone e sincrone.
- Registri, contatori e registri multifunzionali e dispositivi Logici Programmabili.
- Cenni a Parte Operativa e Parte Controllo.
- Banche di memoria, espansioni di memoria, memorie statiche, memorie dinamiche e tecnologie di memoria.

- Architettura del calcolatore Descrizione e caratteristiche dei principali moduli che compongono un moderno calcolatore: cpu, memoria, bus, arbitraggio del bus, dispositivi di input/output (I/O), meccanismo di interruzione, introduzione al DMA.
- Moderni sistemi di elaborazione Discussione sulle caratteristiche architettoniche e prestazionali dei moderni sistemi di elaborazione: cpu, memorie, bus, interfacce di I/O.

Alcune nozioni fondamentali

# GENERALITÀ

---

## Definizione di Calcolatore

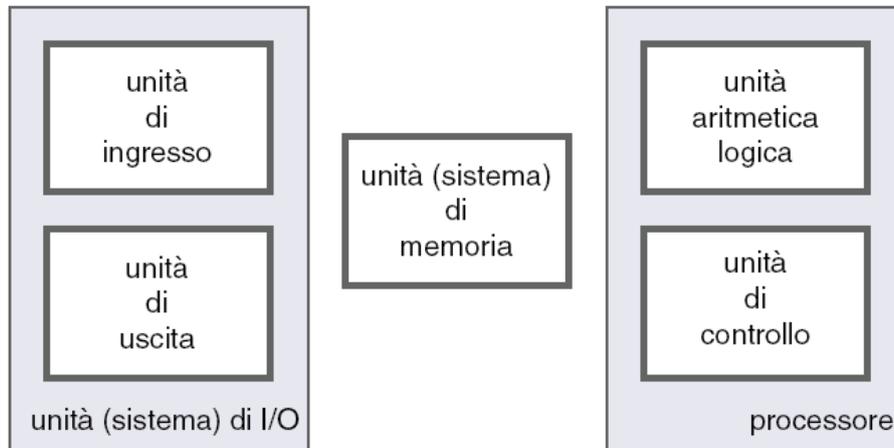
- Un calcolatore moderno è una *macchina elettronica* (quanto meno, in modo prevalente).
- È in grado di *eseguire calcoli* in modo *automatico*:
  - *prende in ingresso* informazioni in formato *digitale* (o *numerico*)
  - *elabora* le informazioni secondo le regole stabilite da una lista predefinita 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

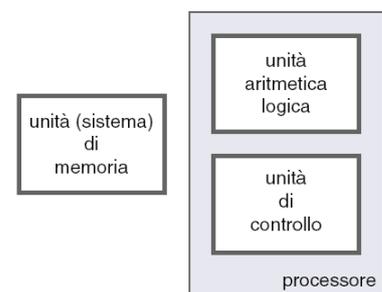
# Unità del Calcolatore



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

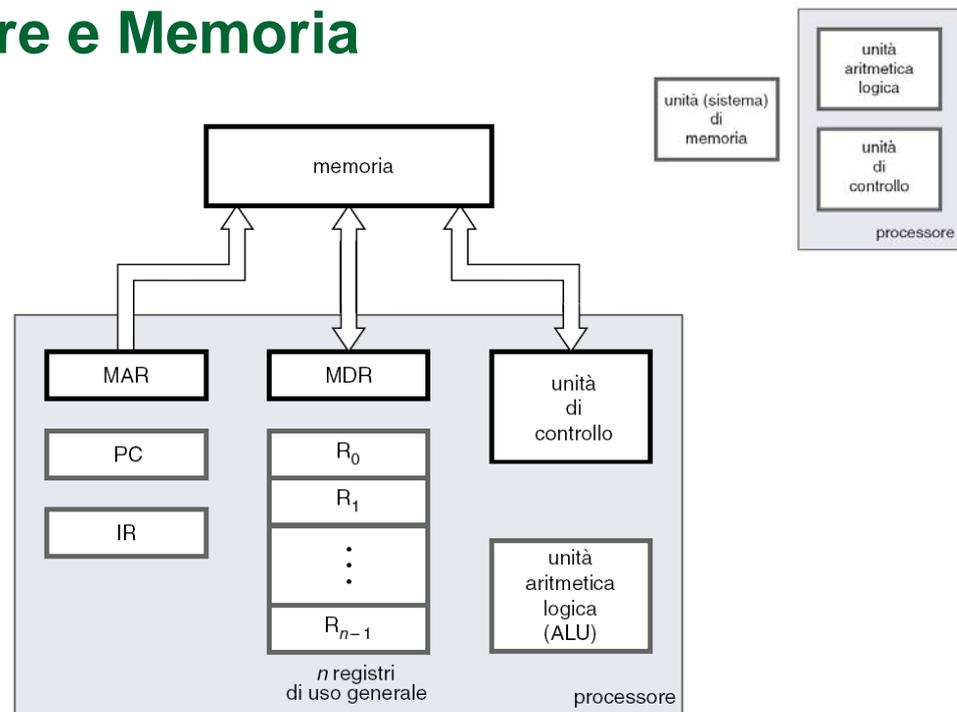
- L'elemento di informazione minimo trattato dal calcolatore è la parola:
  - parola: sequenza di bit 0 o 1 (p. es. 8, 16, 32 o 64 bit)
- Sia il dato (intero, carattere, ecc) sia l'istruzione macchina sono codificati in parole, secondo varie rappresentazioni.
- Dati e istruzioni complessi sono codificati 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

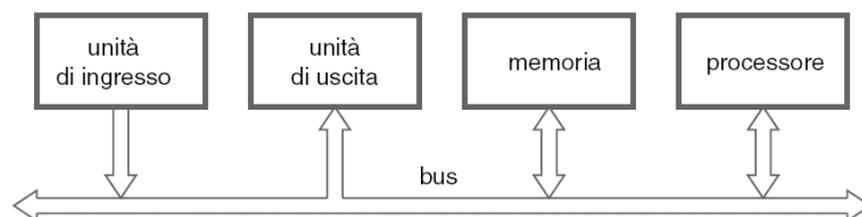
# Processore e Memoria



Collegamenti tra unità funzionali e alcuni elementi strutturali interni.

# Collegamento tra Unità - Bus

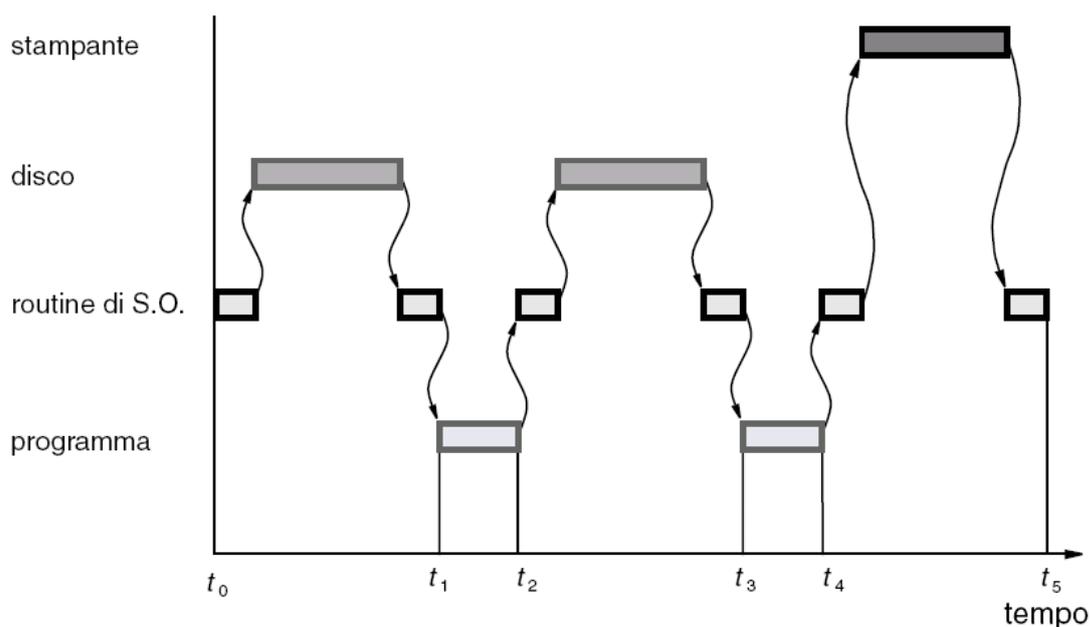
- Le unità funzionali fondamentali del calcolatore si scambiano informazioni (istruzioni e dati) mediante un organo di collegamento: il bus.
- Il bus è un fascio di fili che trasportano bit, cioè informazioni (parole) codificate in forma binaria, come sequenze di bit.
- Il calcolatore contiene un bus,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



## 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.

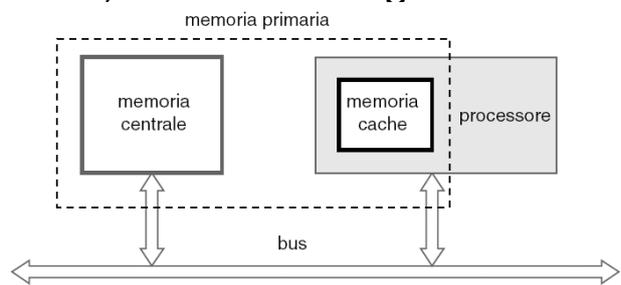
## SO e Concorrenza



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.



## 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.

---

Una semplice classificazione

# BREVE STORIA DEL CALCOLATORE

---

## 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).

---

Articolazione della struttura

## LIVELLI DI ASTRAZIONE NELLA 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:
  - linguaggio macchina simbolico: codifica simbolica delle istruzioni
  - linguaggio 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:
  - C, C++, Java, Pascal, ecc.
- Il programma in linguaggio applicativo va tradotto in linguaggio macchina:
  - assembler: da alto livello a linguaggio macchina.
- Lo strumento di traduzione in questione è il **compilatore** (*compiler*).

## Schema Riassuntivo

