Architettura degli Elaboratori
1 - Introduzione

Ugo Dal Lago

Dipartimento di Scienze dell'Informazione
Università degli Studi di Bologna

Anno Accademico 2006/2007

Sommario

Cosa?

- Vengono studiati i **principi** sottostanti il funzionamento dei calcolatori.
- In particolare, si analizzano i loro **componenti base** e come questi interagiscono tra loro.
- Nella tradizionale distinzione tra hardware e software: questo è il corso base di **hardware**.
- Si utilizzerà un approccio strutturato, partendo dal **livello logico digitale** e arrivando al **livello del linguaggio assemblativo**.
- Verranno considerate alcune architetture di esempio (Pentium, ULTRASparc).

Cosa?

- Corso in buona parte **descrittivo**:
  - Si descrivono le diverse parti del calcolatore e la loro interazione.
  - Vengono presentati i principi e le idee base.
  - Non si va troppo nel dettaglio, pochi aspetti tecnici-progettuali.
- Vengono però trattati tre aspetti più **metodologici**:
  - Algebra booleana e progettazione di circuiti logici.
  - Rappresentazione binaria dei numeri.
  - Programmazione assembly (8088).

Perché?

- L'**informatica** è la scienza che si occupa della conservazione, dell'elaborazione e della rappresentazione dell'informazione.
- Gli strumenti concreti che l'informatico ha a disposizione sono proprio i calcolatori.
- Conoscere bene il funzionamento dei calcolatori aiuta l'informatico a svolgere meglio il proprio lavoro.
- Un corso come questo, però, **non** caratterizza il curriculum dell'Informatico.

  > *"Computer Science is no more about computers than astronomy is about telescopes."*
  > – Edsger Dijkstra

Perché?

- L'informatica si occupa essenzialmente del **software**:
  - È possibile interagire con un calcolatore senza sapere come questo è fatto fisicamente.
  - Per analogia, è possibile guidare un auto senza conoscere la termodinamica o senza sapere come è fatto un pistone.
- Ma una conoscenza (non troppo approfondita) dell'**hardware**: è utile:
  - Valutare, scegliere o gestire l'hardware.
  - Considerare i fattori che determinano le prestazioni,
  - Gestire i malfunzionamenti.

Chi?

- Tutti gli studenti iscritti al primo anno del Corso di Laurea in Informatica devono seguire questo corso e superare il relativo Esame.
- Chi tiene questo corso?
- Lezioni: **Ugo Dal Lago**.
  - Email: `dallago@cs.unibo.it`
  - Ufficio: **via Malaguti, 1**
  - Orario di Ricevimento:
    - **Martedì**: 9.30 - 10.30
    - **Martedì**: 15.30 - 16.30
- Esercitazioni: **Zeynep Kiziltan**
  - Email: `zkiziltan@deis.unibo.it`
  - Altre informazioni: **a lezione**
- Assembly: **Tutor ancora da definire**.

Come?

- Il **corso** prevede 60 ore di lezione suddivise in
  - 30-35 ore di lezioni teoriche (Dal Lago)
  - 10-15 ore di esercitazioni (Kiziltan)
  - 10-15 ore di lezioni ed esercitazioni sulla programmazione Assembly (Tutor).
- Le modalità d'**esame** sono le seguenti:
  - **Esame scritto**: alcuni esercizi ed alcune domande di teoria.
    - **due compitini**, a metà e a fine semestre.
    - **un compito unico**.
  - **Progetto**: uno o più programmi Assembly.
  - **Orale**: a discrezione della commissione.
- Alcuni consigli:
  - È **sufficiente** studiare e svolgere alcuni esercizi.
  - È **indispensabile** capire quello che si è studiato,
  - È **utile** cercare di distribuire il carico di lavoro (e non rimandare tutto alla settimana precedente l'esame).
  - È **dannoso** concentrarsi sugli esercizi, perdendo il contatto con la teoria.

Come?

- Il libro di testo è: *Andrew S. Tanenbaum*, **Architettura dei Calcolatori. Un Approccio Strutturale**, Quinta Edizione. Pearson Prentice Hall, 2006.
- Un testo classico. È chiaro e piacevole da leggere.
- L'autore è un autorità nella didattica dell'informatica e nel campo dei sistemi operativi.
- È piuttosto aggiornato.
- Molto discorsivo. Argomenti difficili, tecnici, quantitativi vengono evitati.
- In una parte del corso, quella riguardante **le rappresentazioni numeriche, l' algebra booleana e le reti logiche**, il libro di testo andrà integrato con un altro testo: *Morris M. Mano, Charles R. Kime*, **Reti Logiche**, Pearson Addison Wesley, 2002.
- I lucidi **non bastano**.

Come?

- Altri riferimenti interessanti e utili per il corso sono i seguenti:
  - *Morris M. Mano*. **Computer system architecture**, 3rd edition Prentice Hall, 1993.
  - *D. Patterson, J. Hennessy*. **Computer organization and design**, 3rd Edition. Morgan Kaufmann, 2004. Edizione italiana della Zanichelli.
  - *F. Luccio, L. Pagli*. **Reti Logiche e Calcolatore**. Bollati Boringhieri, 1991.
- La pagina web del corso:

  `http://www.cs.unibo.it/~dallago/architetturaMZ.html`

  si può raggiungere dalla pagina web del docente

  `http://www.cs.unibo.it/~dallago/`
- Il newsgroup del corso è:

  `unibo.cs.informatica.architettura`

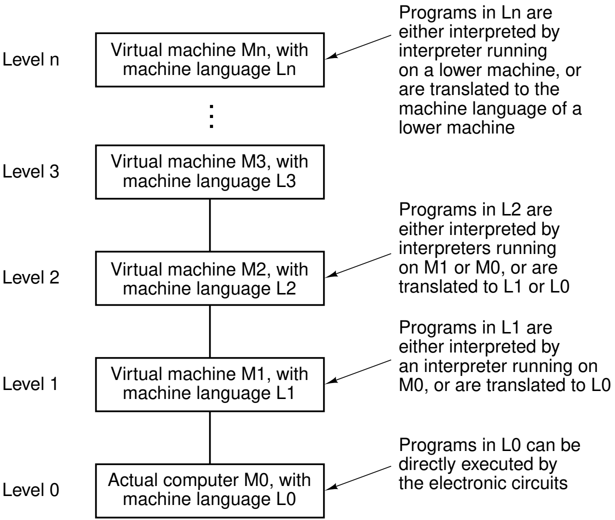
Macchine Virtuali

- Con **programma** si intende una sequenza di istruzioni che il calcolatore può eseguire e che descrive come risolvere un problema computazionale.
- Il **linguaggio macchina** descrive l'insieme delle istruzioni primitive che il calcolatore può eseguire
  - Di solito il linguaggio macchina risulta difficile da utilizzare.
- Si definisce quindi una **macchina virtuale** che sfrutta la funzionalità del calcolatore, ma che può essere programmata in un linguaggio diverso, spesso più semplice da utilizzare.
- Il calcolatore può essere visto come una **macchina a livelli**: un insieme di **macchine virtuali**.

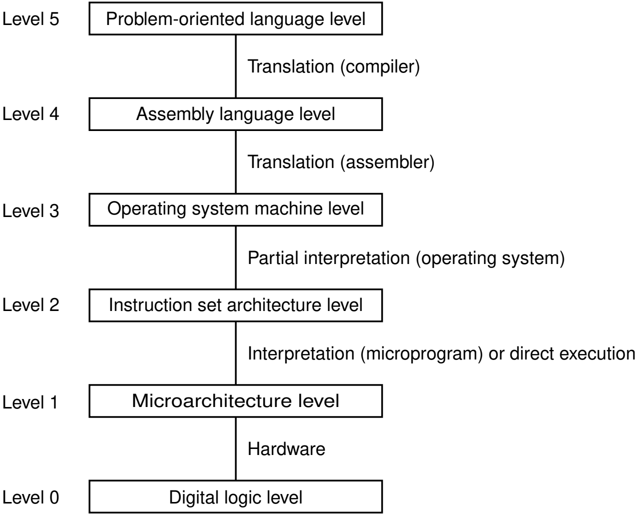
Traduzione e Interpretazione

- Chiamiamo M0 l'elaboratore che abbiamo a disposizione e L0 il relativo linguaggio.
- Possiamo pensare di costruire una macchina virtuale M1 con un relativo linguaggio macchina L1.
- Un modo per eseguire un programma scritto in L1 nella macchina M0 consiste nel **tradurre** ogni istruzione di L1 in una sequenza di istruzioni di L0 ad essa equivalente
- Un'altro modo per eseguire programmi scritti in L1 tramite le funzionalità di M0 consiste nello scrivere un programma in L0, detto **interprete**, che sia in grado di eseguire tutti i programmi in L1.
- Per rendere traduzione e interpretazione utilizzabili, i linguaggi L0 e L1 non devono essere troppo diversi tra loro.
- La stessa idea si può applicare a L2 e M2, L3 e M3, etc.

Macchina Multilivello



Un Computer a Sei Livelli



Livello Logico Digitale

- Non ci interessiamo del livello dei dispositivi analogici.
- Gli oggetti in question sono le **porte**.
- Ogni porta è costituita da al più una manciata di transistor.
- Ogni porta calcola in output una semplice funzione dei valori in input.
- Un piccolo numero di porte possono essere combinate per formare una memoria a 1 bit.
- Combinando le memorie in gruppi di 16,32 o 64 unità si possono comporre i cosiddetti **registri**.

Livello di Microarchitettura

- Vi è una **memoria locale**, formata da un gruppo di registri.
- Vi è un circuito, chiamato **ALU** (*Arithmetic Logic Unit*), capace di effettuare semplici operazioni aritmetiche.
- I registri sono connessi alla ALU tramite un **percorso dati**.
- Il percorso dati :
  - Può essere controllato da un programma che l'utente può modificare, detto **microprogramma**
  - Può essere controllato da circuiti che non sono modificabili dall'utente (ma anche in questo caso parleremo di microprogramma).

Livello ISA e Livello del Sistema Operativo

- **ISA** significa *Instruction Set Architecture Level*.
- Il Livello ISA è il primo livello pubblico.
- Le istruzioni del Livello ISA vengono eseguite direttamente dal microprogramma.
- Il Livello del Sistema Operativo è un'estensione del Livello ISA, ottenuta aggiungendo alcuni nuovi servizi
- I nuovi servizi messi a disposizione nel Livello del Sistema Operativo vengono eseguiti (interpretati) da un programma del livello ISA, detto appunto **Sistema Operativo**.

Livello del Linguaggio Assemblativo

- Tutti i livelli inferiori non sono utilizzati dal programmatore medio.
- I livelli inferiori sono concepiti per eseguire interpreti e traduttori necessari ai livelli più alti. Tali programmi sono scritti dai cosiddetti **programmatori di sistema**.
- I programmi di questo livello e dei livelli superiori sono invece dei programmi che risolvono **problemi applicativi**
- I programmi in linguaggio assemblativo, a differenza di quelli dei livelli precedenti, sono sequenze di caratteri alfanumerici pensate per essere comprensibili.
- Il programma che traduce i programmi in linguaggio assemblativo in programmi del livello ISA è detto **assemlatore**.

Evoluzione delle Macchine Multilivello

- La **distinzione** tra hardware e software è diventata sempre meno importante.
- Nel 1951, Maurice Wilkes propone la **microprogrammazione**, che si inserisce tra il livello logico digitale e il livello ISA.
- A partire dagli anni '60, le operazioni (ripetitive) necessarie a far funzionare un calcolatore vengono automatizzate e ciò porta alla nascita del **sistema operativo**.
- Negli anni '60 e '70, un numero sempre maggiore di funzionalità che prima venivano implementate al livello ISA migrano verso il livello del microcodice.
- Più recentemente (dagli anni '80) si è capito che eliminando il microprogramma e riducendo il numero delle istruzioni a livello ISA si può ottenere un sensibile miglioramento delle prestazioni.

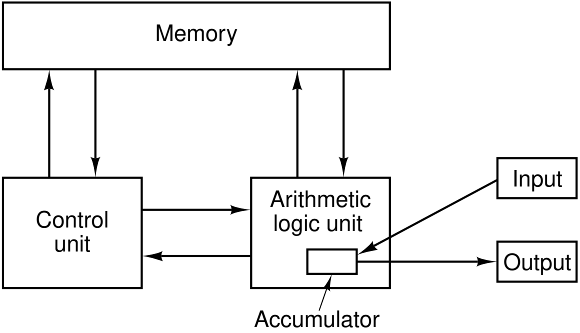
Calcolatori Meccanici e Elettromeccanici (1642-1945)

- *Blaise Pascal* (1623-1662) e *Gottfried Leibniz* (1646-1716)
  - Potevano eseguire solo **operazioni aritmetiche**.
- *Charles Babbage* (1792-1871).
  - **Difference Engine**. Un singolo algoritmo.
  - **Analytical Engine**. Qualunque algoritmo (parte dell'input).
- *Konrad Zuse* (1910-1995).
  - **Z1** (fine degli anni '30). Relé elettromagnetici.
- *John Atanasoff* (1903-1995).
  - **ABC** (Iowa State College, 1939). Aritmetica binaria e logica booleana. Solo un prototipo.
- *George Stibitz* (1904-1995).
  - **Complex Number Calculator** (1940). Poteva calcolare nel dominio dei numeri complessi.
- *Howard Aiken* (1900-1973).
  - **Mark I** (Harvard University, 1944). Analytical Engine con relé elettromagentici.

Valvole (1945-1955)

- **COLOSSUS** (1943).
  - Scopi militari. Restò segreto per decenni. *Alan Turing* partecipò al suo progetto.
- **ENIAC** (University of Pennsylvania, 1946).
  - 18.000 valvole termoioniche, 1500 relé, 140 KW.
  - 20 registri da 10 cifre decimali.
  - Si programmava regolando 6000 interruttori multi-posizione.
- **IAS** (Institute for Advanced Study, 1952)
  - Si passò ad una rappresentazione binaria dei dati.
  - Non solo i dati, ma anche i programmi risiedevano in memoria.

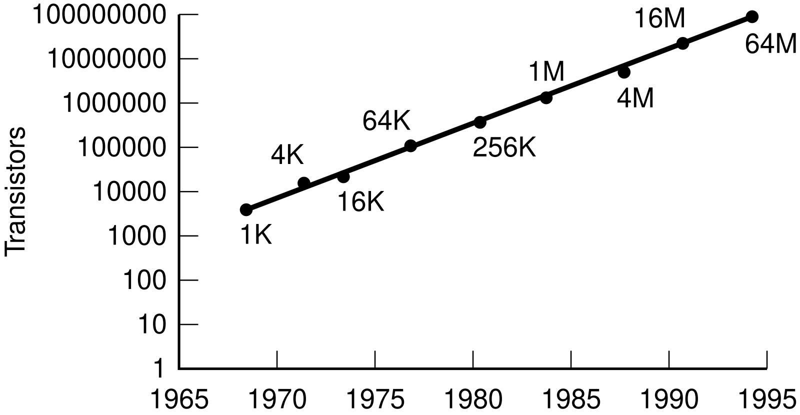
Macchina di Von Neumann



Fasi Successive

- **Transistor** (1955-1965).
  - Permettono di rappresentare l'informazione in uno spazio più piccolo, consumando meno energia e processando l'informazione più velocemente.
  - Memorie nell'ordine delle migliaia di caratteri, migliaia di istruzioni in un secondo.
  - Esempi: **PDP-1**, **PDP-8**, **IBM 7094**, **Cray**, etc.
- **Circuiti Integrati** (1965-1980).
  - Decine di transistor su un unico chip.
  - Di conseguenza, macchine più piccole, veloci ed economiche.
  - Esempi: **IBM System/360**, **PDP-11**, etc.
- **Integrazione a Larghissima Scala (VLSI)** (1980-?).
  - Fino a milioni di transistor su un unico chip.
  - Esempi: **PC IBM**, **Apple**, etc.

Legge di Moore



Spettro di Computer

Tipo ***Esempio di applicazione***	**Prezzo (dollari)**
Computer usa e getta *Cartoline d'auguri*	0,5
Microcontrollore *Orologi, automobili, elettrodomestici*	5
Computer da gioco *Videogiochi*	50
Personal computer *Desktop o Notebook*	500
Server *Server di rete*	5K
Raggruppamento di workstation *Minisupercomputer dipartimentali*	50K-500K
Mainframe *Elaborazione dati in una banca*	5M

Bit, Byte, etc.

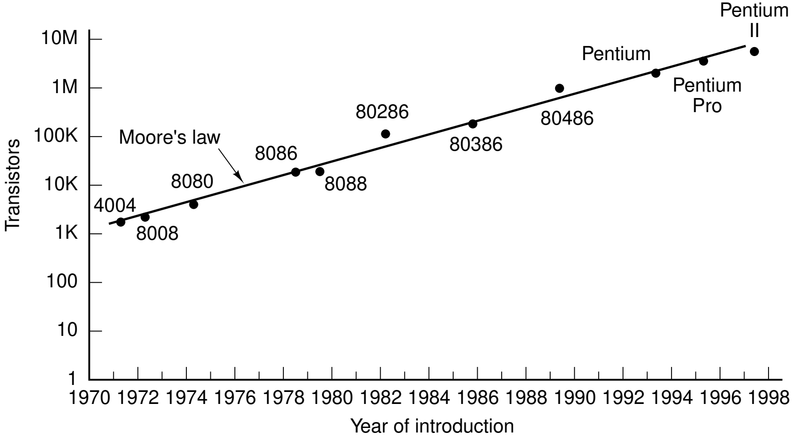
Nome	**Significato**
Bit	cifra binaria
Byte	8 bit
KByte (KB)	2^{10} ($\sim 10^3$) byte
MByte (MB)	2^{20} ($\sim 10^6$) byte
GByte (GB)	2^{30} ($\sim 10^9$) byte
TByte (TB)	2^{40} ($\sim 10^{12}$) byte

Intel Pentium

- È prodotto dalla Intel.
- Il processore Pentium (o suoi cloni e derivati) equipaggia buona parte dei personal computers odierni.
- Le sue radici, però, risalgono all'inizio degli anni Settanta.
- Dall'Intel **4004**...
  - 2300 transistor.
  - 640 bytes di memoria indirizzabile.

  ...si passa al **Pentium 4**.
  - 42 milioni di transistor.
  - 4GB bytes di memoria indirizzabile.
- Si è passati attraverso numerosi cambiamenti nell'architettura, volti a migliorarne le prestazioni.
- Si è mantenuta la cosiddetta **compatibilità all'indietro**.
- Tra i vari processori della famiglia, uno dei primi è **Intel 8088**, che verrà studiato approfonditamente in questo corso.

Legge di Moore per la Famiglia Intel Pentium



Sun ULTRASparc

- Introdotto all'inizio nel 1995.
- Appartenente alla famiglia **SPARC**, nata nel 1987.
- Prodotto da Sun Microsystems.
- **SPARC** sta per "Scalable Processor ARChitecture".
- ULTRASparc è un'achitettura a 64 bit, capace quindi di indirizzare 2^{64} parole di memoria.
- I processori con architettura SPARC hanno una potenza in genere maggiore dei contemporanei processori della famiglia Pentium.
- I processori con architettura SPARC sono stati pensati fin dall'inizio come workstations grafiche connesse tra loro in rete.