

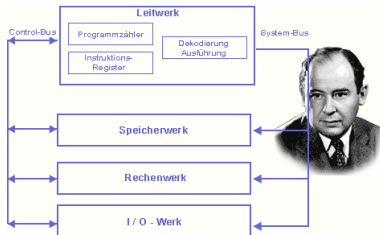
# Cenni sull'Architettura degli Elaboratori

Eugenio G. Omodeo



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

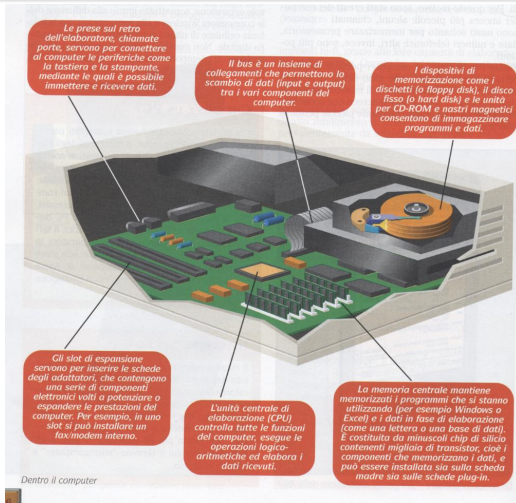
Dip. Matematica e Geoscienze — DMI



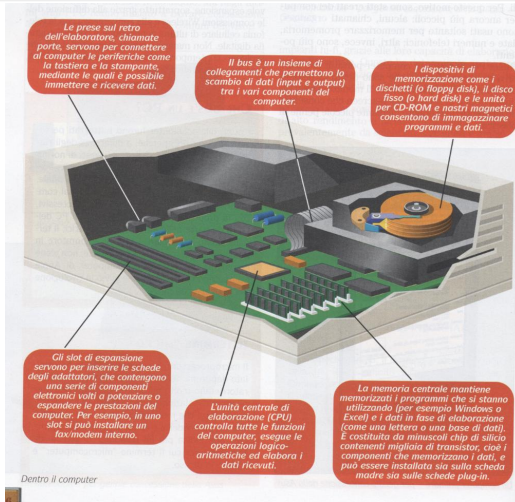
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Trieste, 22/11/2022

# INTERNO DI UN CALCOLATORE *desktop*

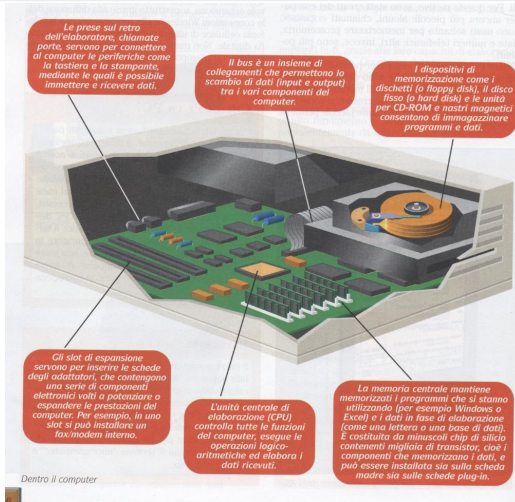


# INTERNO DI UN CALCOLATORE *desktop*



( In che differisce, questo, da un *laptop* ? )

# INTERNO DI UN CALCOLATORE *desktop*



( Il disco è un HD o un SSD ? )

# UN ESEMPIO SPECIFICO: INTROSPEZIONE DI UN MAC



## UN ESEMPIO SPECIFICO: INTROSPEZIONE DI UN MAC

The image shows two overlapping screenshots from a macOS Catalina system. The left screenshot displays the 'About This Mac' window, providing detailed hardware and software information. The right screenshot shows the 'Storage' window, which offers recommendations for optimizing disk space.

**About This Mac**

macOS Catalina  
Version 10.15.5

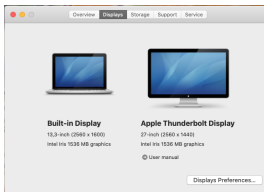
MacBook Pro (Retina, 13-inch, Mid 2014)  
Processor 2,6 GHz Dual-Core Intel Core i5  
Memory 8 GB 1600 MHz DDR3  
Startup Disk Macintosh HD  
Graphics Intel Iris 1536 MB  
Serial Number C02NR0ZBG3QQ

System Report... Software Update...

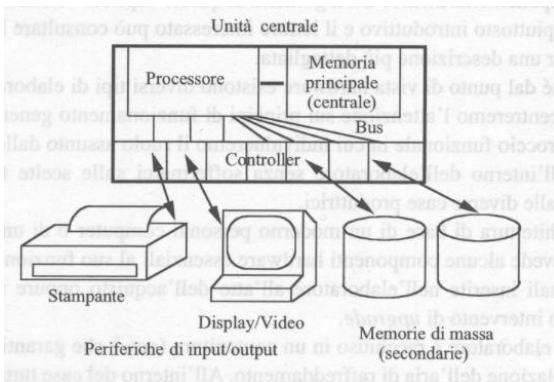
**Storage Recommendations**

- Store in iCloud**: Store all files, photos and messages in iCloud and save space by keeping only recent files and optimized photos on this Mac when storage space is needed. [Store in iCloud...](#)
- Optimize Storage**: Save space by automatically removing Apple TV films and TV programmes you've already watched and by keeping only recent email attachments on this Mac when storage space is needed. **Completed**
- Empty Bin Automatically**: Save space by automatically emptying items that have been in the Bin for more than 30 days. **Completed**
- Reduce Clutter**: Sort through documents and other content stored on the Mac and delete what is no longer needed. [Review Files](#)

## UN ESEMPIO SPECIFICO: INTROSPEZIONE DI UN MAC

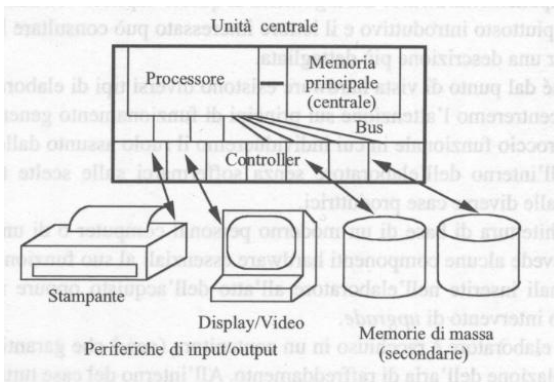


## ALTRO RITRATTO DI UN *computer*





# ALTRO RITRATTO DI UN *computer*



( Come individuare ciò che davvero caratterizza un computer ? )



## UNA DEFINIZIONE RIGOROSA

*Poiché ha poca importanza se il computer è connesso a una stampante o a un accelerometro [...] chiameremo i computer con il loro nome piú tecnico, **processore**. Un processore comprende la CPU e una piccola area di memoria chiamata **cache**, ed è connesso a dispositivi di input e output. La differenza principale la fanno i dispositivi connessi al computer e, naturalmente, il software.*

**Lawrence Snyder, Alessandro Amoroso ( 2015 )**



## UNA DEFINIZIONE RIGOROSA ???

*Poiché ha poca importanza se il computer è connesso a una stampante o a un accelerometro [...] chiameremo i computer con il loro nome piú tecnico, **processore**. Un processore comprende la CPU e una piccola area di memoria chiamata **cache**, ed è connesso a dispositivi di input e output. La differenza principale la fanno i dispositivi connessi al computer e, naturalmente, il software.*

**Lawrence Snyder, Alessandro Amoroso ( 2015 )**

**Dubbio:** Non è una concezione troppo minimalista ?



# UNA DEFINIZIONE RIGOROSA

*Calcolatore*  $=_{\text{Def}}$  dispositivo elettronico veloce che accetta in ingresso informazione digitalizzata, la elabora in base a una lista ( detta *programma* ) di istruzioni memorizzate al suo interno e fornisce in uscita l'informazione risultante.

V. C. Hamacher, Z. G. Vrasenic, S. G. Zaky ( 2001 )



## UNA DEFINIZIONE RIGOROSA ???

*Calcolatore*  $=_{\text{Def}}$  dispositivo elettronico veloce che accetta in ingresso informazione digitalizzata, la elabora in base a una lista ( detta *programma* ) di istruzioni memorizzate al suo interno e fornisce in uscita l'informazione risultante.

V. C. Hamacher, Z. G. Vrasenic, S. G. Zaky ( 2001 )

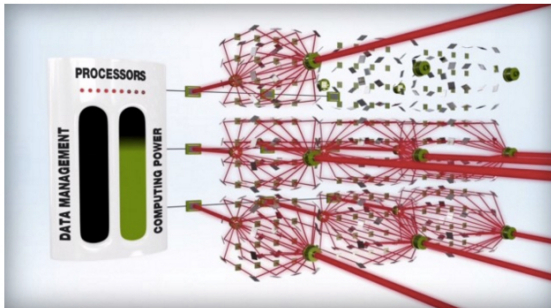
**Dubbio:** Quanto è cruciale l'elettronica ?



## BREVE DIGRESSIONE

### By 2020, you could have an exascale speed-of-light optical computer on your desk

By Sebastian Anthony on August 8, 2014 at 1:29 pm | [62 Comments](#)



## BREVE DIGRESSIONE



WIKIPEDIA  
The Free Encyclopedia

**Optical or photonic computing** uses **photons** produced by **lasers** or **diodes** for computation. For decades, photons have promised to allow a higher **bandwidth** than the **electrons** used in conventional computers.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

## BREVE DIGRESSIONE

OpenMind  
BBVA

THEMES DISCOVER

Search Login En | Es

Start » Optical Computing: Solving Problems at the Speed of Light

TECHNOLOGY - FUTURE

07 February 2020

# Optical Computing: Solving Problems at the Speed of Light

Computing | Innovation | Technology

Verifica di Conoscimento (Knowledge Window)  
Scienze | Informatica

Time  
4  
to read

♥  
Twitter  
f

According to Moore's law – actually more like a forecast, formulated in 1965 by Intel co-founder Gordon Moore – the number of transistors in a microprocessor doubles about every two years, **boosting the power of the chips without increasing their energy consumption**. For half a century, Moore's prescient vision has presided over the spectacular progress made in the world of computing. However, by 2015, the engineer himself predicted that **we are reaching a saturation point** in current technology. Today, quantum computing holds out hope for a new technological leap, but there is another option on which many are pinning their hopes: optical computing, which **replaces electronics (electrons) with light (photons)**.

The end of Moore's law is a natural consequence of physics: to pack more transistors into the same space they have to be squeezed down, which increases their speed while simultaneously reducing their energy consumption. The miniaturisation of silicon transistors **has succeeded in breaking the 7-nanometre barrier**, which used to be considered the limit, but this reduction cannot continue indefinitely. And although more powerful systems can always be obtained by increasing the number of transistors, in doing so the processing speed will decrease and the heat of the chips will rise.

**Related publications**

Chemical Computing, the Future of Artificial Intelligence

What is Affective Computing?

Quantum Computing

**Do you want to stay up to date with our new publications?**

Receive the OpenMind newsletter with all the latest contents published on our website

[Find out more here](#)





## BREVE DIGRESSIONE

## Calcolatori a fluido

di O. Lew Wood e Harold L. Fox

*In breve: L'idea di un calcolatore che operi per mezzo di getti d'acqua o di aria sembra a prima vista troppo stupida per essere presa in considerazione in questi tempi in cui l'elettronica è così altamente perfezionata. Tuttavia si è recentemente dimostrato che un flusso di elementi fluidi è capace di attuare le stesse funzioni logiche del « flusso » di elettricità e che risente in minor grado di fattori di disturbo come le radiazioni, il calore e le vibrazioni. L'interazione di getti di fluido l'uno con l'altro e con le pareti delle apparecchiature che li contengono rende attuabile un sistema stabile per il calcolo numerico. Inoltre criteri standard per la selezione dei materiali per le apparecchiature assicu-*

*rano la loro stabilità, come anche la possibilità di avere sistemi logici a basso prezzo e fabbricati in serie.*

*Uno dei maggiori impedimenti, tuttavia, per una diffusa applicazione dei calcolatori con logica basata sui fluidi, sarà la bassa velocità intrinseca. Questa limitazione naturalmente non li escluderà da quei campi d'impiego dove l'uomo fa parte dell'« anello » di controllo o dove i requisiti nel tempo di risposta non sono così essenziali come un'alta sicurezza e uno stabile funzionamento in differenti condizioni. Perciò questo nuovo metodo di attuare le funzioni logiche richiede un attento esame prima di decidere che non sia applicabile.*

Moderni orientamenti della scienza e della tecnica, Etas-Kompass, 1966



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

# L'HARDWARE

- L'aspetto *hardware* del calcolatore è rappresentato dai circuiti elettronici ed elettromeccanici che lo compongono;

V. C. Hamacher, Z. G. Vrasenic, S. G. Zaky ( 2001 )

# L'HARDWARE

- L'aspetto *hardware* del calcolatore è rappresentato dai circuiti elettronici ed elettromeccanici che lo compongono;
- l'*architettura* del calcolatore, invece, è definita come la combinazione delle funzionalità operative delle singole unità hardware che costituiscono il sistema di calcolo, il flusso di informazioni tra queste unità e il relativo controllo.

V. C. Hamacher, Z. G. Vrasenic, S. G. Zaky ( 2001 )

# L'HARDWARE

- L'aspetto *hardware* del calcolatore è rappresentato dai circuiti elettronici ed elettromeccanici che lo compongono;
- l'*architettura* del calcolatore, invece, è definita come la combinazione delle funzionalità operative delle singole unità hardware che costituiscono il sistema di calcolo, il flusso di informazioni tra queste unità e il relativo controllo.

V. C. Hamacher, Z. G. Vrasenic, S. G. Zaky ( 2001 )

E il software<sup>1</sup> ?

---

<sup>1</sup>Ossia i programmi, le *app*...

# HW / SW

“Al tempo dei primi calcolatori la distinzione fra hardware e software era chiarissima. Nel tempo si è piuttosto confusa . . .

Hardware e software sono logicamente equivalenti.

si prevede che la funzione cambi.”

**A. S. Tenenbaum ( 2000 )**



## HW / SW

“Al tempo dei primi calcolatori la distinzione fra hardware e software era chiarissima. Nel tempo si è piuttosto confusa . . .

Hardware e software sono logicamente equivalenti.

Qualsiasi operazione venga effettuata dal software può essere direttamente inglobata nell'hardware:

L'hardware è software pietrificato.

si prevede che la funzione cambi.”

**A. S. Tenenbaum ( 2000 )**



## HW / SW

“Al tempo dei primi calcolatori la distinzione fra hardware e software era chiarissima. Nel tempo si è piuttosto confusa ...

Hardware e software sono logicamente equivalenti.

Qualsiasi operazione venga effettuata dal software può essere direttamente inglobata nell'hardware:

L'hardware è software pietrificato.

Naturalmente è vero anche il contrario: qualsiasi istruzione eseguita dall'hardware può venir simulata dal software.

si prevede che la funzione cambi.”

**A. S. Tenenbaum ( 2000 )**



## HW / SW

“Al tempo dei primi calcolatori la distinzione fra hardware e software era chiarissima. Nel tempo si è piuttosto confusa ...

Hardware e software sono logicamente equivalenti.

Qualsiasi operazione venga effettuata dal software può essere direttamente inglobata nell'hardware:

L'hardware è software pietrificato.

Naturalmente è vero anche il contrario: qualsiasi istruzione eseguita dall'hardware può venir simulata dal software. La decisione di inglobare certe funzioni nell'hardware e altre nel software si basa su fattori come costo, velocità, affidabilità, e frequenza con cui si prevede che la funzione cambi.”

**A. S. Tenenbaum ( 2000 )**



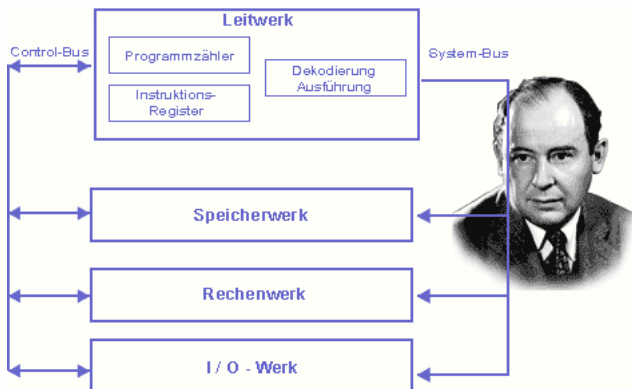


## A PROPOSITO DI *architettura* DEL *calcolatore*

Considerando quanto è sfumata la distinzione fra HW e SW, piuttosto che di **calcolatore** ( o '*computer*' ) qui sarebbe proprio parlare di sistema di elaborazione.



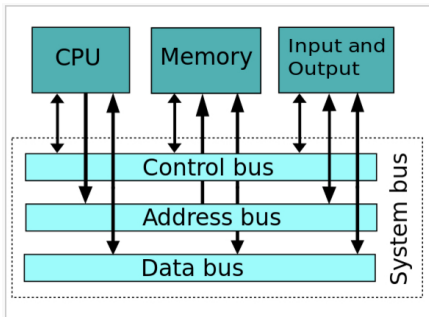
## UN'INTRAMONTABILE ORGANIZZAZ. DELL'HARDWARE



**John Louis von Neumann**, nato János Lajos Neumann (Budapest, 1903 – Washington, 1957), poliedrico “matematico” ungherese naturalizzato statunitense.



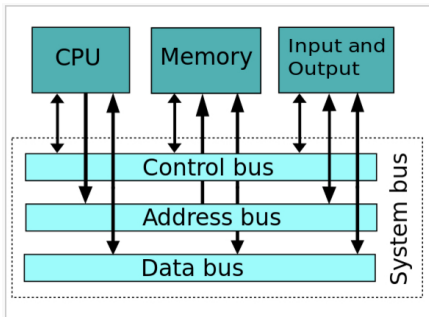
# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN



In senso orario:

- 1 Microprocessore

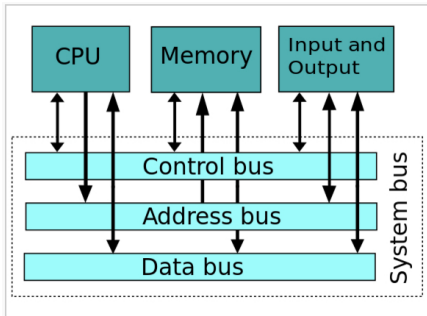
# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN



In senso orario:

- 1 Microprocessore
- 2 Memoria centrale

# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN

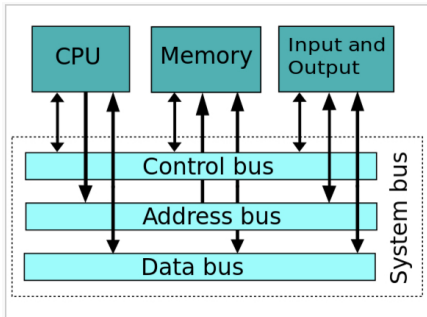


In senso orario:

- 1 Microprocessore
- 2 Memoria centrale
- 3 Interfacce con le periferiche



# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN

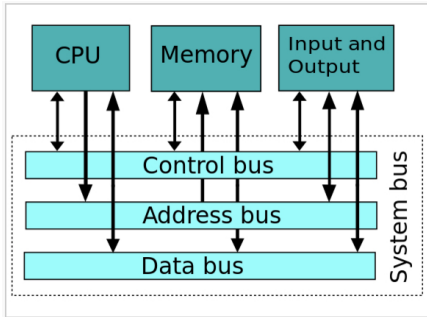


In senso orario:

- 1 Microprocessore
- 2 Memoria centrale
- 3 Interfacce con le periferiche
- 4 Bus di sistema ( tripartito )



# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN



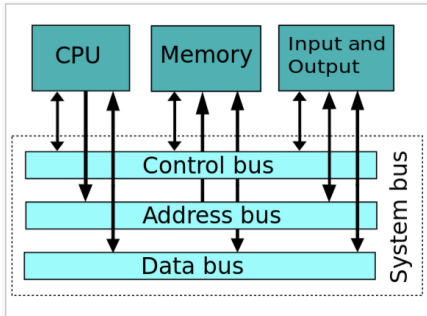
EDVAC

In senso orario:

- 1 Microprocessore
- 2 Memoria centrale
- 3 Interfacce con le periferiche
- 4 Bus di sistema ( tripartito )



# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN



EDVAC IAS Machine

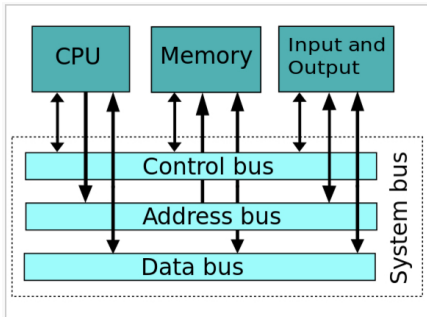
In senso orario:

- ① Microprocessore
- ② Memoria centrale
- ③ Interfacce con le periferiche
- ④ Bus di sistema ( tripartito )





# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN



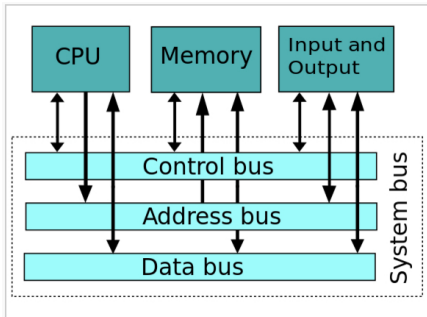
In senso orario:

- 1 Microprocessore
- 2 Memoria centrale
- 3 Interfacce con le periferiche
- 4 Bus di sistema ( tripartito )

EDVAC IAS Machine ACE (?)



# SCHEMA DELL'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN



In senso orario:

- ① Microprocessore
- ② Memoria centrale
- ③ Interfacce con le periferiche
- ④ Bus di sistema ( tripartito )

EDVAC IAS Machine ~~ACE~~ (?)

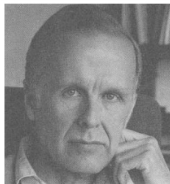
CISC vs RISC



## L'ARCHITETTURA DI VON NEUMANN È INNOVABILE ?

## Can Programming Be Liberated from the von Neumann Style? A Functional Style and Its Algebra of Programs

John Backus  
IBM Research Laboratory, San Jose



General permission to make fair use in teaching or research of all or part of this material is granted to individual readers and to nonprofit libraries acting for them provided that ACM's copyright notice is given and that reference is made to the publication, to its date of issue, and to the fact that reprinting privileges were granted by permission of the Association for Computing Machinery. To otherwise reprint a figure, table, other substantial excerpt, or the entire work requires specific permission as does republication, or systematic or multiple reproduction.

Author's address: 91 Saint Germain Ave., San Francisco, CA 94114.  
© 1978 ACM 0001-0782/78/0800-0613 \$00.75

613

Conventional programming languages are growing ever more enormous, but not stronger. Inherent defects at the most basic level cause them to be both fat and weak: their primitive word-at-a-time style of programming inherited from their common ancestor—the von Neumann computer, their close coupling of semantics to state transitions, their division of programming into a world of expressions and a world of statements, their inability to effectively use powerful combining forms for building new programs from existing ones, and their lack of useful mathematical properties for reasoning about programs.

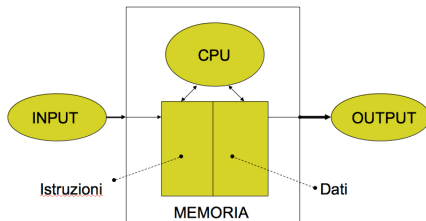
An alternative functional style of programming is founded on the use of combining forms for creating programs. Functional programs deal with structured data, are often nonrepetitive and nonrecursive, are hierarchically constructed, do not name their arguments, and do not require the complex machinery of procedure declarations to become generally applicable. Combining forms can use high level programs to build still higher level ones in a style not possible in conventional languages.

Communications  
of  
the ACM

August 1978  
Volume 21  
Number 8

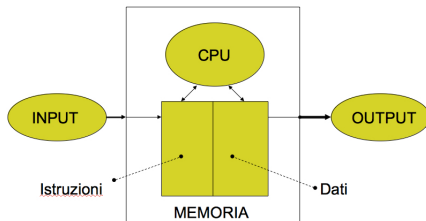
UNIVERSITÀ  
GLI STUDI DI TRIESTE

# COMPUTER A PROGRAMMA MEMORIZZATO



L'espressione “*stored-program computer*” (“computer a programma memorizzato”) viene utilizzata in riferimento alla memoria centrale: fu von Neumann a introdurla in *First draft of a report on the EDVAC*, datato 30 giugno 1945, con il significato particolare che gli attribuiamo oggi.

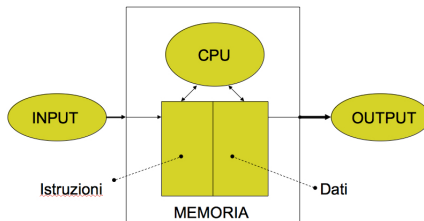
# COMPUTER A PROGRAMMA MEMORIZZATO



**PREGIO:** Rapidità di accesso alle istruzioni.



# COMPUTER A PROGRAMMA MEMORIZZATO

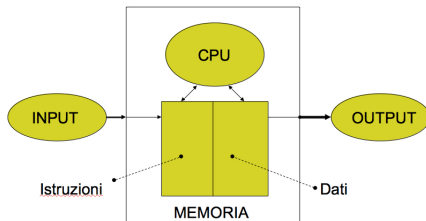


**PREGIO:** Rapidità di accesso alle istruzioni.

**VULNERABILITÀ:** Possibilità che un programma, alterando le proprie istruzioni, pregiudichi il suo stesso funzionamento.



# COMPUTER A PROGRAMMA MEMORIZZATO



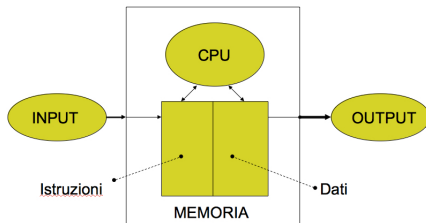
**PREGIO:** Rapidità di accesso alle istruzioni.

**VULNERABILITÀ:** Possibilità che un programma, alterando le proprie istruzioni, pregiudichi il suo stesso funzionamento.

**PREGIO:** Possibilità che un programma modifichi le proprie istruzioni, com'è giusto avvenga in un processo di apprendimento.



# COMPUTER A PROGRAMMA MEMORIZZATO

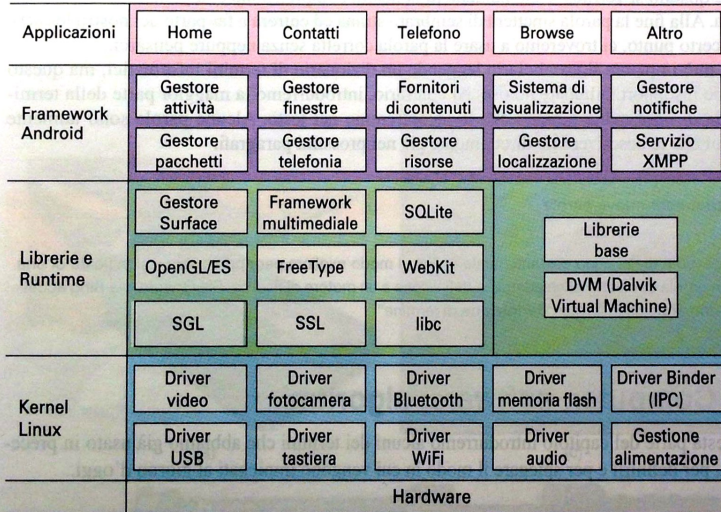


Dopo il *Colossus Mark I* del 1943, il *Colossus Mark II* del 1944 e l'ENIAC del 1946, viene realizzato nel 1948 a Manchester, UK, lo *Small-Scale Experimental Machine*, primo computer elettronico a programma memorizzato della storia. A partire dal 1948 il computer a programma memorizzato si diffonde, diventando in breve tempo la norma per il computer programmabile.





# LO SVILUPPO DI *software* A LIVELLI

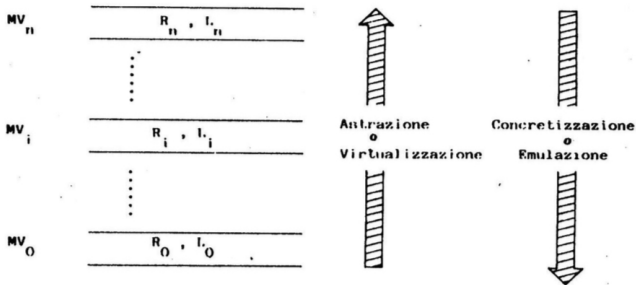


↑  
C  
o  
m  
p  
l  
e  
s  
s  
i  
t  
à

**Figura 1.8**  
La pila del software di uno smartphone Android; in basso si trova l'hardware in alto le app.

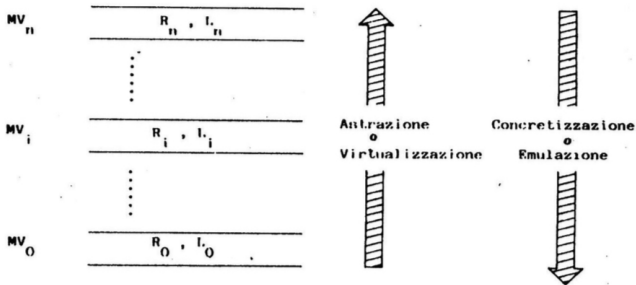
# DALLE COMPONENTI A UN'ARCHITETTURA

Le funzionalità di un sistema di elaborazione nel suo complesso possono essere viste come ripartite, secondo un certo numero di livelli, o **macchine virtuali**  $\{MV_0, MV_1, \dots, MV_n\}$ , come schematizzato in figura:



# DALLE COMPONENTI A UN'ARCHITETTURA

Le funzionalità di un sistema di elaborazione nel suo complesso possono essere viste come ripartite, secondo un certo numero di livelli, o **macchine virtuali**  $\{MV_0, MV_1, \dots, MV_n\}$ , come schematizzato in figura:

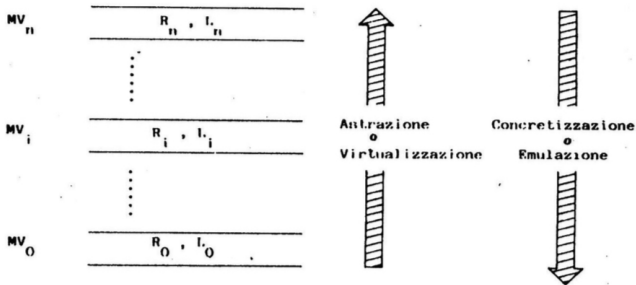


Il livello  $MV_0$  è tipicamente quello dei componenti fisici (elettronici) a partire dai quali viene costruita una **astrazione**, o **virtualizzazione**, sempre maggiore delle funzionalità di interesse per il sistema e degli oggetti su cui esso è destinato ad operare. Il livello  $MV_n$  è quello che possiamo chiamare delle "applicazioni" in quanto fornisce la visione, di volta in volta ritenuta più opportuna degli oggetti e degli e degli strumenti mediante i quali il sistema viene utilizzato dall'esterno. Questo livello necessita normalmente, per potere essere effettivamente implementato, di un procedimento di **concretizzazione**, o **emulazione** ottenuto mediante uno o più livelli intermedi  $\{MV_j | j = 1, \dots, n-1\}$ .

ESTE

# DALLE COMPONENTI A UN'ARCHITETTURA

Le funzionalità di un sistema di elaborazione nel suo complesso possono essere viste come ripartite, secondo un certo numero di livelli, o **macchine virtuali**  $\{MV_0, MV_1, \dots, MV_n\}$ , come schematizzato in figura:

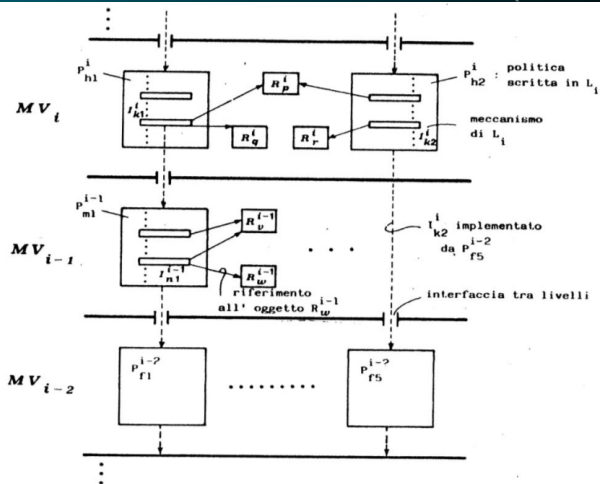


Il livello  $MV_0$  è tipicamente quello dei componenti fisici (elettronici) a partire dai quali viene costruita una **astrazione**, o **virtualizzazione**, sempre maggiore delle funzionalità di interesse per il sistema e degli oggetti su cui esso è destinato ad operare. Il livello  $MV_n$  è quello che possiamo chiamare delle "applicazioni" in quanto fornisce la visione, di volta in volta ritenuta più opportuna degli oggetti e degli e degli strumenti mediante i quali il sistema viene utilizzato dall'esterno. Questo livello necessita normalmente, per potere essere effettivamente implementato, di un procedimento di **concretizzazione**, o **emulazione** ottenuto mediante uno o più livelli intermedi  $\{MV_j | j = 1, \dots, n-1\}$ .

( Marco Vanneschi ) ESTE

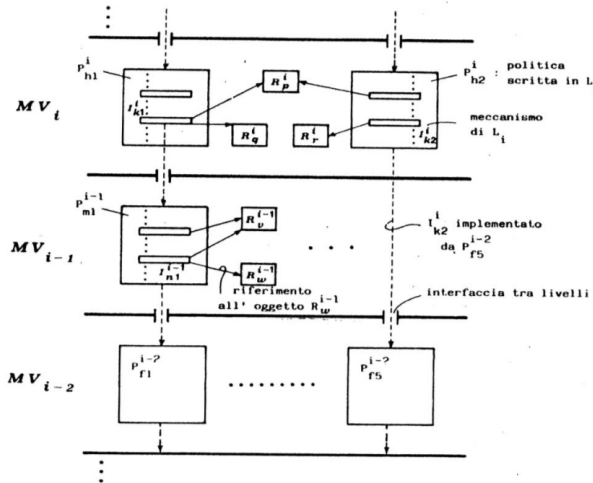
# GERARCHIA DI MACCHINE VIRTUALI

( VANNESCHI )



## GERARCHIA DI MACCHINE VIRTUALI

( VANNESCHI )

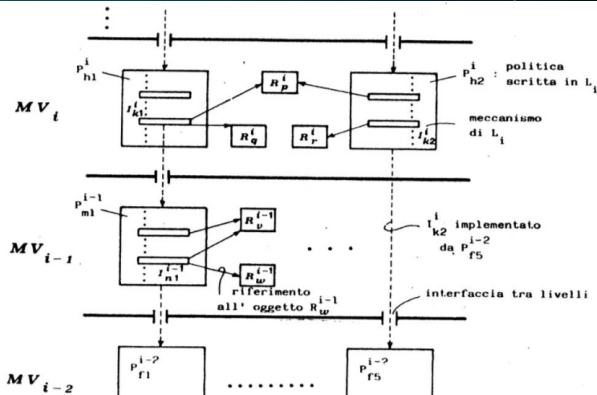


I livelli  $\{MV_0, \dots, MV_n\}$  sono ordinati secondo una **relazione gerarchica**. Ciò significa che ogni istruzione primitiva  $I_k^i$ , o **meccanismo** del linguaggio  $L_i$  ( $i > 0$ ) è implementata da un programma  $P_k$ , o **politica**, scritto nel linguaggio  $L_j$ , come mostrato in figura:

VESTE

## GERARCHIA DI MACCHINE VIRTUALI

( VANNESCHI )



dove:

- $0 \leq j < i$ ; anche se il caso più frequente è quello in cui  $j = i - 1$ , talvolta possono esistere varie ragioni, legate alle prestazioni del sistema e/o al costo dell'implementazione, per le quali conviene che sia  $j < i - 1$ ;
- se  $I_{k1}^i$  e  $I_{k2}^i$  sono meccanismi distinti di  $L_i$ , essi possono essere implementati da politiche scritte rispettivamente con  $L_{j1}$  e  $L_{j2}$ , dove  $j1 \neq j2$ , anche il caso più frequente è quello in cui  $j1 = j2$ ; valgono considerazioni analoghe al caso precedente.

IESTE

## ESEMPIO: UN PROGRAMMA JAVA '*multi-threaded*' . . .

Posso scrivere un programma Java ( si tratta di un testo ) che





# ESEMPIO: UN PROGRAMMA JAVA '*multi-threaded*' . . .

Posso scrivere un programma Java ( si tratta di un `testo` ) che

- una volta tradotto in `codice JVM`  
( ossia codice per la '*Java Virtual Machine*' ) . . .



## ESEMPIO: UN PROGRAMMA JAVA '*multi-threaded*' . . .

Posso scrivere un programma Java ( si tratta di un `testo` ) che

- una volta tradotto in `codice JVM`  
( ossia codice per la '*Java Virtual Machine*' ) . . .
- . . . può essere mandato in esecuzione su qualsiasi(?) Sistema di Elaborazione . . .



## ESEMPIO: UN PROGRAMMA JAVA 'multi-threaded' . . .

Posso scrivere un programma Java ( si tratta di un `testo` ) che

- una volta tradotto in `codice JVM`  
( ossia codice per la '*Java Virtual Machine*' ) . . .
- . . . può essere mandato in esecuzione su qualsiasi(?) Sistema di Elaborazione . . .
- . . . creando l'illusione che vi siano più micro processori . . .



## ESEMPIO: UN PROGRAMMA JAVA 'multi-threaded'...

Posso scrivere un programma Java ( si tratta di un `testo` ) che

- una volta tradotto in `codice JVM`  
( ossia codice per la '*Java Virtual Machine*' )...
- ... può essere mandato in esecuzione su qualsiasi(?) Sistema di Elaborazione...
- ... creando l'illusione che vi siano più micro processori ...
- ... e che la memoria abbia una capienza maggiore della sua capacità fisica



## ESEMPIO: UN PROGRAMMA JAVA 'multi-threaded'...

Posso scrivere un programma Java ( si tratta di un `testo` ) che

- una volta tradotto in `codice JVM`  
( ossia codice per la '*Java Virtual Machine*' )...
- ... può essere mandato in esecuzione su qualsiasi(?) Sistema di Elaborazione...
- ... creando l'illusione che vi siano più micro processori ...
- ... e che la memoria abbia una capienza maggiore della sua capacità fisica

( CPU virtuali, Memoria virtuale... )

