

Corso di Architettura dei Sistemi a Microprocessore

Architettura dei Calcolatori



Luigi Coppolino

Riferimenti

➤ Riferimenti:

- Hamacher, Vranesic, Zaky, “Computer Organization and Embedded Systems”, (6th edition), McGraw-Hill:
Chapter 1

Roadmap

- Tipi di computer
- Unità funzionali
 1. Memorie
 2. Processore
 3. I/O
 4. Datapath e Unità di Controllo
 5. Connessione delle unità: il BUS
 6. Ciclo di Esecuzione del processore
- Prestazioni
- Il Motorola 68K

Tipi di computer

- Personal Computers
 - Desktop computers
 - Notebook computers
- Smartphone, Tablet
- Carte a microprocessore
- Embedded Systems ...
 - Lavatrice
 - Smart TV
 - ...
- Cloud Computing

Esempio di Desktop

Computer desktop. Numerose offerte speciali per desktop disponibili su dell.it - Windows Internet Explorer

http://www1.euro.dell.com/content/products/category.aspx/desktops?c=it&cs=it&ds1&it=it&cs=dhs

Computer desktop. Numerose offerte speciali per des...

DELL Desiderate un'offerta? Chiamate 02 696 821 11

Carrello | Benvenuto in Dell.com

Prodotti | Servizi | Supporto | Assistenza Vendite | Conto

Desktop | Notebook | Elettronica e accessori | Stampanti e inchiostr...

My account | Carrello | Stato ordini | Assistenza Vendite | E-Value

Dell consiglia Windows Vista™ Home Premium.

Siete qui: Italia > PRIVATI > Desktops

Desktop Dell

Restringere la scelta

Tipi

- Applicazioni di base per privati (3)
- Intrattenimento (3)
- XPS e prestazioni (5)

Famiglia prodotto

- Dimension (4)
- Precision (3)
- XPS (1)

Processore

- Intel Celeron D (1)
- Intel Pentium 4 (2)
- Intel Pentium D (2)
- Intel Xeon (2)
- Intel® Core® Duo (1)
- AMD Sempron™ (1)
- AMD Athlon™ 64 (2)
- AMD Athlon™ 64 x2 Dual-core (2)

Design

- Espandibile (3)
- Chassis compatto e di piccole dimensioni (2)

Visualizza Desktops

Collegamenti utili

- Windows Vista™
- Ulteriori informazioni su Windows Vista™
- Offerte Dell
- Confronta tutte le offerte limitate
- Offerte Speciali Partners
- Offerte a banda larga

COME È SEMPLICE LA VITA!

Organizzate e accedete alle vostre foto, video e musica in un lampo con Windows Vista™, ora disponibile su una selezione di desktops Dell

Windows Vista™

Risparmiate Fino a 100€

Offerta valida su una selezione di Notebook Inspiron™ e Desktop Dimension™. [Ulteriori dettagli](#)

ALTRÒ

Desktop Dell

Applicazioni di base per privati

PC affidabili e di facile utilizzo

- Attività quotidiane per lo studio o per il telelavoro
- Ideale per elaborazione di testi, posta elettronica e navigazione in Internet
- Perfetto per guardare DVD e creare CD

Intrattenimento

PC potente e dotato di funzionalità avanzate

- Creazione e modifica di file musicali, fotografie e video
- Applicazioni complesse per l'home office
- Grafica 3D avanzata
- Semplicità di sincronizzazione di dati da

XPS e Prestazioni

Esperienza innovativa

- I prodotti più innovativi dotati delle tecnologie più recenti
- Grafica e audio coinvolgenti per videogiochi 3D e film con un livello di realismo senza precedenti
- Creazione e editing avanzati di video digitali

Offerte della settimana

Offerte Speciali Partners

Proteggete il vostro nuovo Dell

Proteggere il tuo PC contro i Virus con McAfee® Security Center®

[Ulteriori dettagli](#)

Quale suite di Microsoft® Office è giusta per voi?

[Ulteriori dettagli](#)

Esempio di Notebook

The screenshot displays the Sony VAIO website in Italian, viewed through a Windows Internet Explorer browser. The page features a navigation menu with options like 'HOME PAGE', 'PERCHÉ SCEGLIERE VAIO?', 'PRODOTTI', 'ASSISTENZA', and 'CLUB VAIO'. The main content area is titled 'Notebook VAIO' and lists several laptop series with their key features:

- Serie AR:** Stile wide screen e specifiche di grande valore. Features include a 17.0" wide screen X-black with dual lamp technology, Windows Vista Home Premium, and Intel Core 2 Duo processor.
- Serie C:** Ispirato alla vita. Concepito per te. Features include a 13.3" WXGA liquid crystal X-black screen, Windows Vista Home Premium, and Intel Core 2 Duo processor.
- Serie BX:** Tecnologie all'avanguardia per la sicurezza del tuo business. Features include a 14.1" XGA and 17.0" WUXGA screens with dual lamp technology, Windows XP Professional Edition, and Intel Core 2 Duo processor.
- Serie FE:** Vedere per credere. Features include a 15.4" WXGA liquid crystal X-black screen with dual lamp technology, Windows Vista Home Premium, and Intel Core 2 Duo processor.
- Serie N:** Intelligenza ed eleganza. Features include a 15.4" WXGA liquid crystal X-black screen with dual lamp technology, Windows Vista Home Premium, and Intel Core 2 Duo processor.
- Serie UX:** Mobilità senza confini. Features include a 4.5" WSVGA liquid crystal X-black screen with LED technology, Windows Vista Business, and Intel Core Solo Ultra Low Voltage processor.

Esempio di Smartphone/Tablet

RISOLUZIONE	1136 x 640 (326 ppi)	1280 x 720 (306 ppi)	1280 x 768 (331 ppi)
TIPOLOGIA SCHERMO	IPS Retina Display	Super AMOLED HD	PureMotion HD+ IPS LCD
BATTERIA	Non specificata	2100 mAh	2000 mAh
MEMORIA ROM	16/32/64 GB	16/32/64 GB	32 GB
ESPANSIONE	Nessuna	Micro-SDXC	Nessuna
FOTOCAMERA	8MP, LED, f/2.4	8MP, LED, f/2.6	8MP, LED, f/2.0
FOTOCAMERA FRONTALE	1.2 MP	2 MP	1.3 MP
NFC	No	Si	Si
BLUETOOTH	4	4	3.1
PROCESSORE	Apple A6 - Dual-core	Exynos 4412 - Quad-core	Snapdragon S4 - Dual-core
GPU	Non specificata	Mali-400MP	Adreno 225
RAM	1 GB	1 GB	1 GB
MHL	No	Si	Si
Wi-Fi	802.11 a/b/g/n dual-band	802.11 a/b/g/n dual-band	802.11 a/b/g/n
SISTEMA OPERATIVO	iOS 6	Android 4.0.4 ICS - aggiornabile a 4.1.1 Jelly Bean	Windows Phone 8

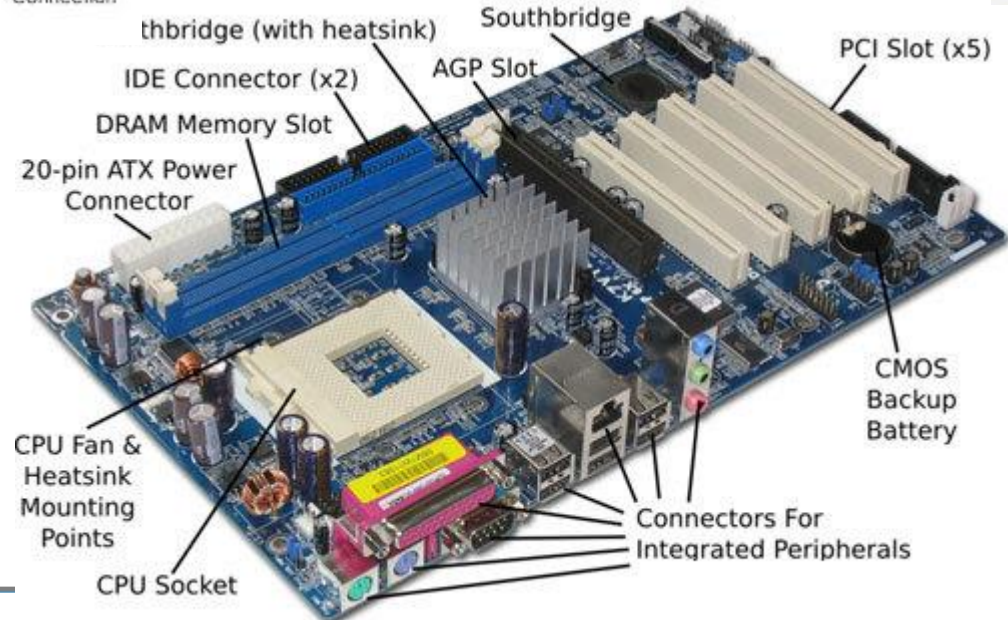
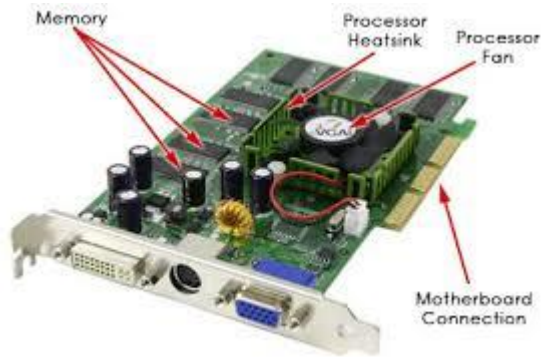


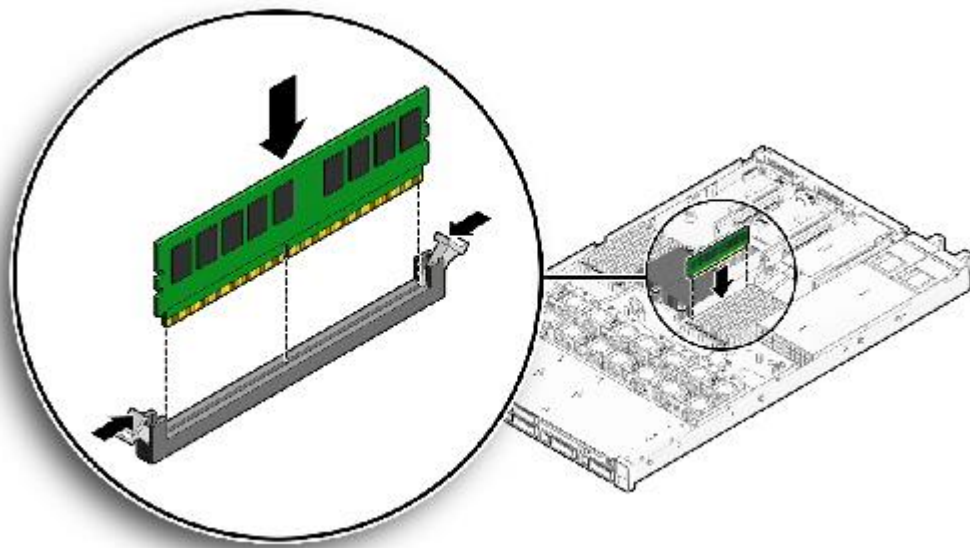
Processor	<ul style="list-style-type: none"> Nvidia Tegra 3 Quad-core 1.6GHz Cortex A9 	<ul style="list-style-type: none"> Apple A6X Dual-core GPU: PowerVR SGX543MP4
RAM	1GB	1GB
Screen size and type	<ul style="list-style-type: none"> 10.1 inch Super IPS+ LCD 	<ul style="list-style-type: none"> 9.7 inch IPS LCD
Resolution	1920 x 1200 pixels	1536 x 2048 pixels
DPI	224 ppi	264 ppi
Storage	32GB/64GB	16GB/32GB/64GB
microSD	Yes, up to 32GB	No
Battery	<ul style="list-style-type: none"> 25Wh 10 hours of use time 	<ul style="list-style-type: none"> 42.5 Wh 10 hours of use time
Rear Camera	<ul style="list-style-type: none"> 8MP 	<ul style="list-style-type: none"> 5MP



Overview dei componenti Hardware

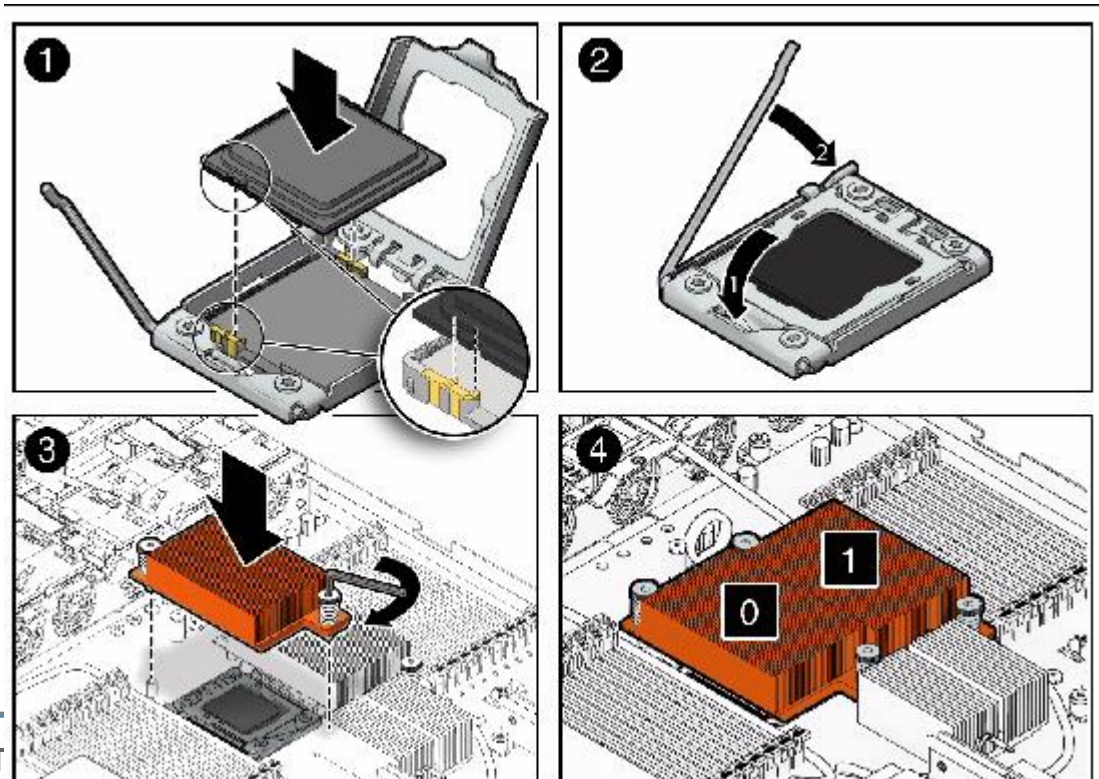


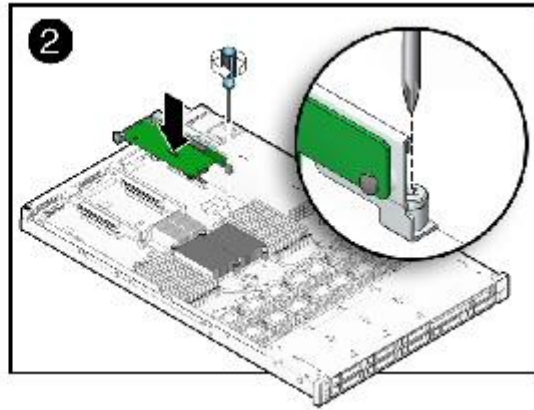
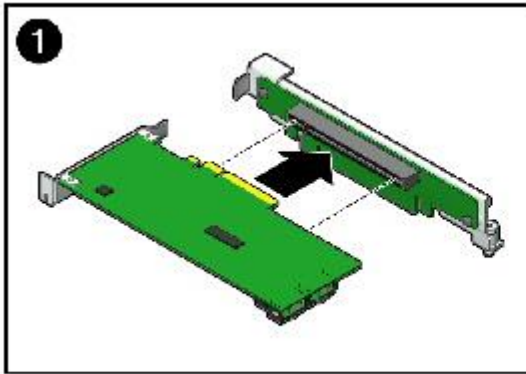




Installare una memoria DIMM

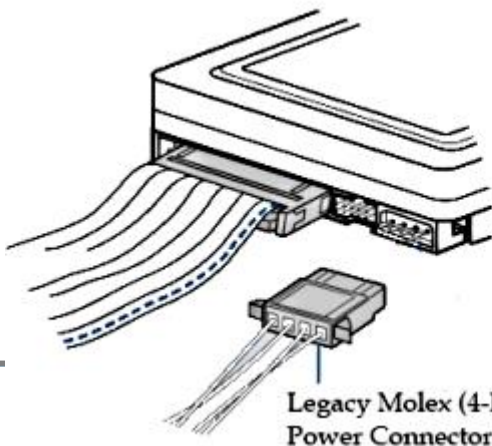
Installare una CPU



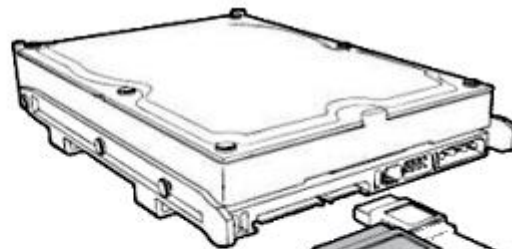


Installare una PCI card

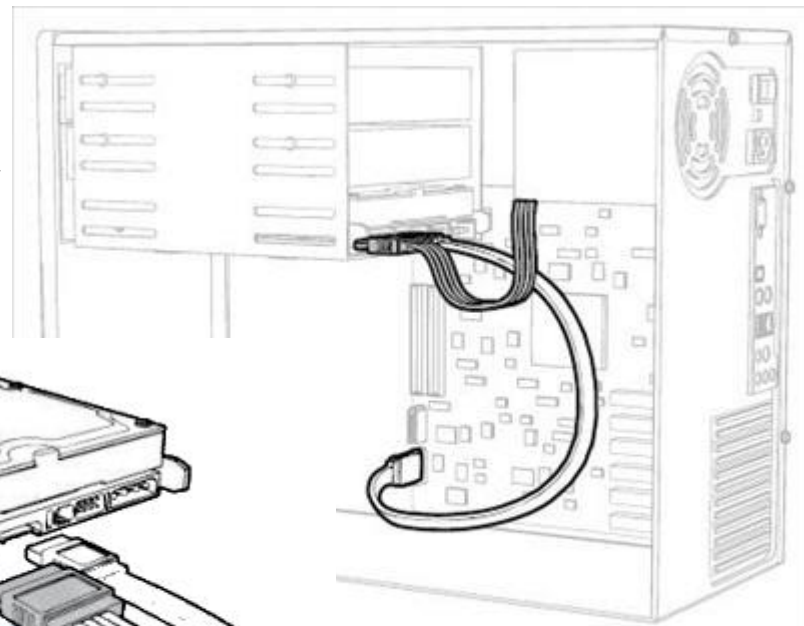
Installare un HD IDE/SATA



Legacy Molex (4-Pin)
Power Connector



Serial ATA (SATA)
Power Connector

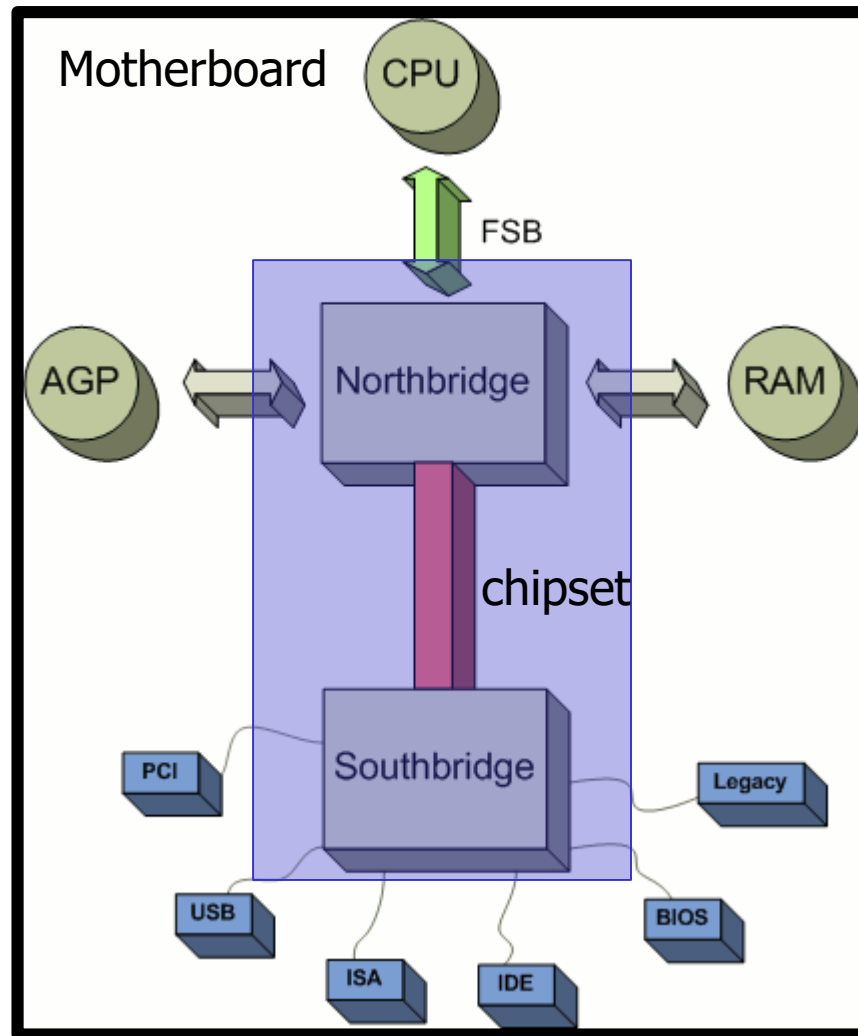


ATA

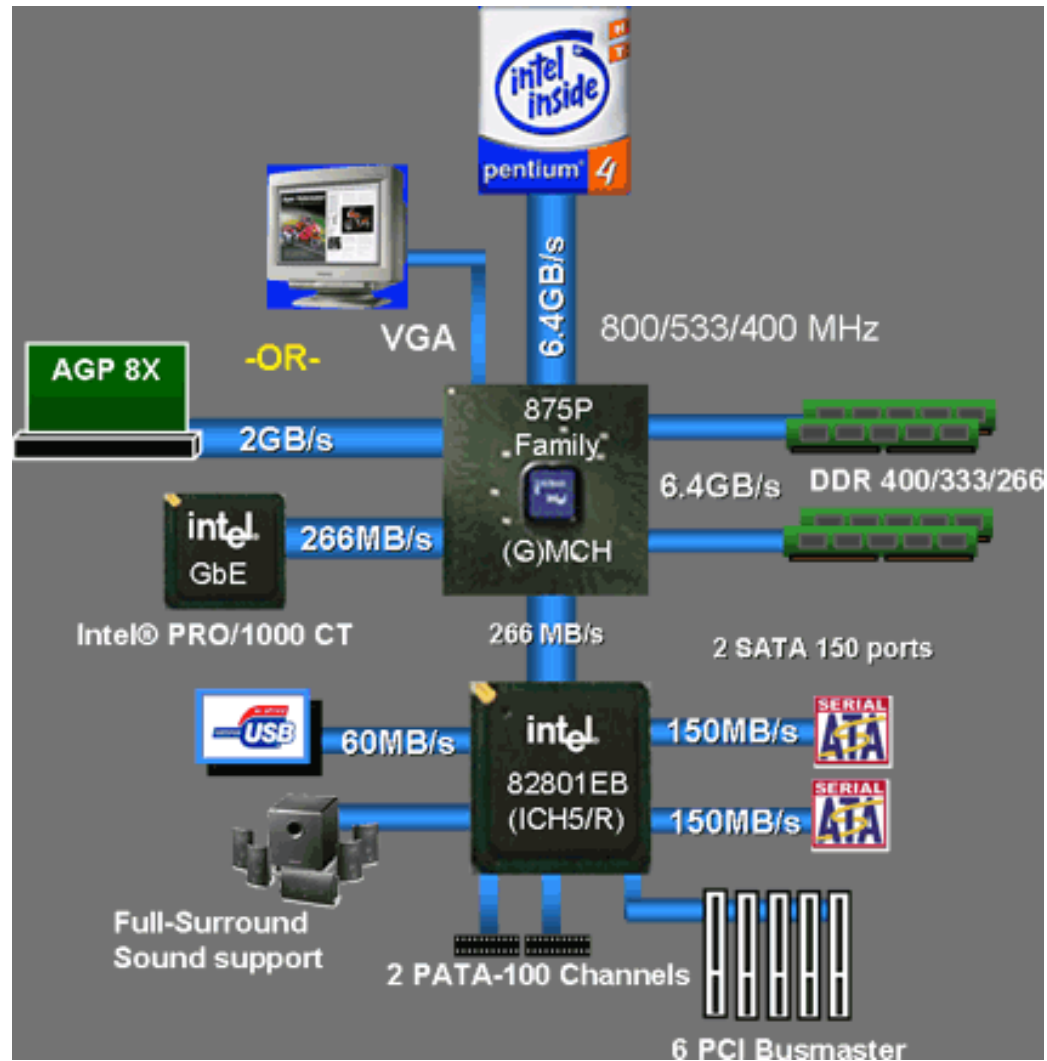
NESS) Research Group

<http://www.1fitnesslab.eu/>

Chipset (northbridge and southbridge)



Un esempio dal mondo reale



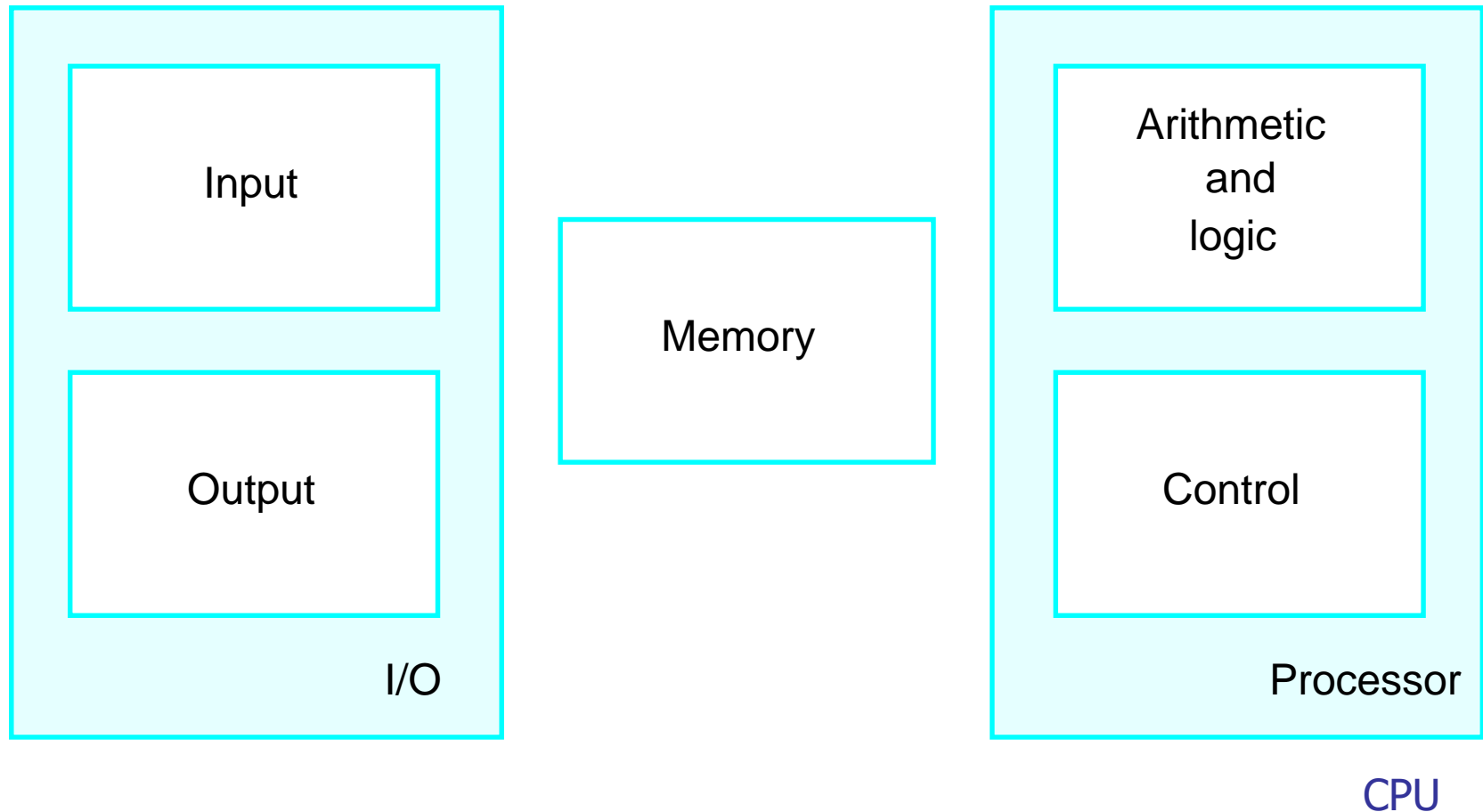
Domande

- Cos'è una GPU?
- Che protocolli di comunicazione si utilizzano per comunicare con la GPU?
- Cosa è il Northbridge?



Organizzazione di un sistema a microprocessore

Unità funzionali



@@@ È un modello concettuale, i.e. non corrisponde alla reale implementazione fisica

Unità di I/O

- Input: Typical devices – keyboard, touchpad, mouse, microphone, camera, communication lines, the Internet
- Output: Typical devices – text and graphics displays, printers

Memoria Primaria

Anche detta Main memory

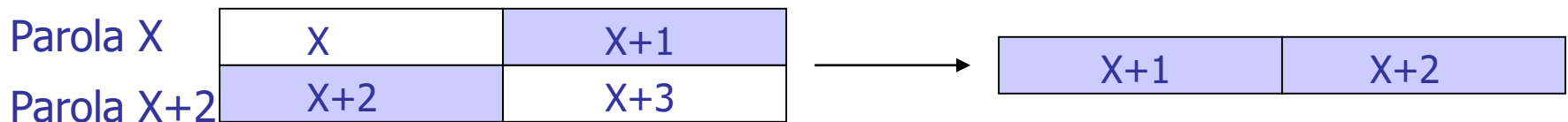
- Celle binarie dette **bit**, organizzate in words tipicamente di 32 bits
- Una parola (word) di 32-bit contiene quattro **bytes** di 8-bit
- Un personal computer ha tipicamente una memoria tra i 2 e i 4 Gigabytes (10⁹ bytes)
- I **programmi** ed i relativi **dati** devono essere in questa memoria per poter essere eseguiti

Processori a parola e processori a carattere

- I processori “a parola” hanno la memoria organizzata in locazioni (parole o *word*) di 16 bit, 32 bit o 64 bit
- I processori “a carattere” accedono alla memoria con un parallelismo di 1 byte (8 bit)
- La maggior parte dei sistemi moderni accede alla memoria con un parallelismo di “parole” da 16, 32 o 64 bit, ma l’unità indirizzabile di memoria (locazione) è ancora il byte (sistemi a memoria *byte-addressable*)

Memoria: parole allineate e non allineate

- Per un processore a parola di 16 bit, una *parola* che inizia ad un indirizzo pari si dice “allineata sul limite di parola”
- Tipicamente, un tale processore è in grado di accedere ai due byte che costituiscono una parola allineata mediante una sola operazione di lettura
- Il processore 8086 consente l’utilizzo di parole non allineate, cioè parole che iniziano ad un indirizzo dispari, ma in tal caso sono necessari 2 distinti accessi in memoria
- Il processore 68000 NON consente l’accesso a parole non allineate



(X pari)

La parola (X+1) non è allineata sul limite di parola

Memoria Secondaria

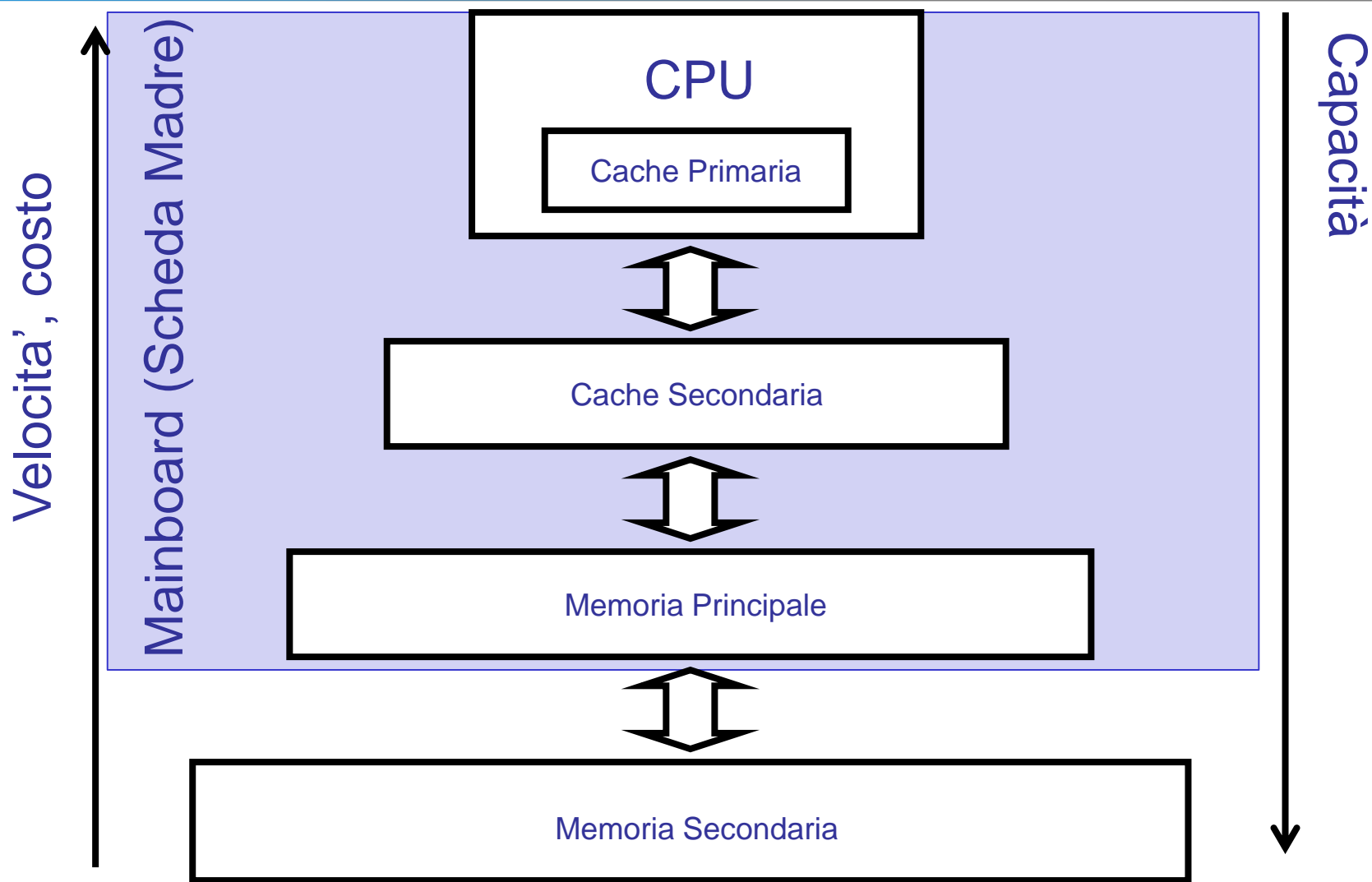
O memoria di massa

- magnetic disks, optical disks, flash memory devices
- è utilizzata per l'archiviazione di dati e programmi
- valori tipici (disco) 500 Gigabytes o Terabytes (10^{12} bytes)

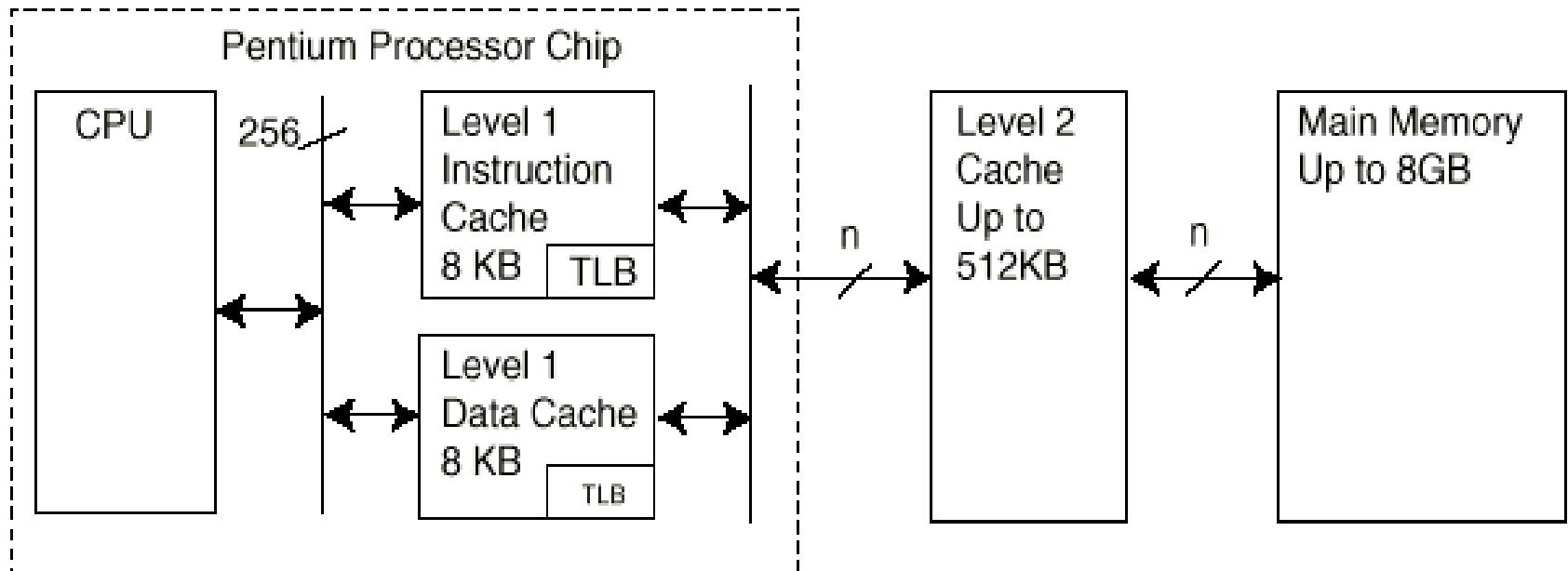
Memoria Cache

- Tipicamente collocata sul chip del processore
- Più piccola ma più veloce della memoria principale
- Contiene le porzioni di programma correntemente in esecuzione ed i dati su cui tali porzioni di programma stanno operando

Gerarchia di Memoria

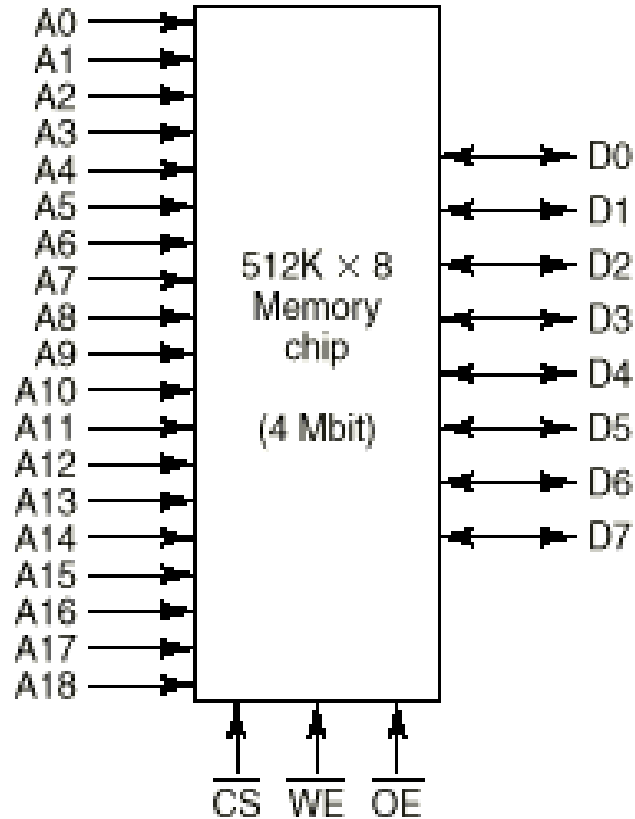


La gerarchia di memoria del Pentium



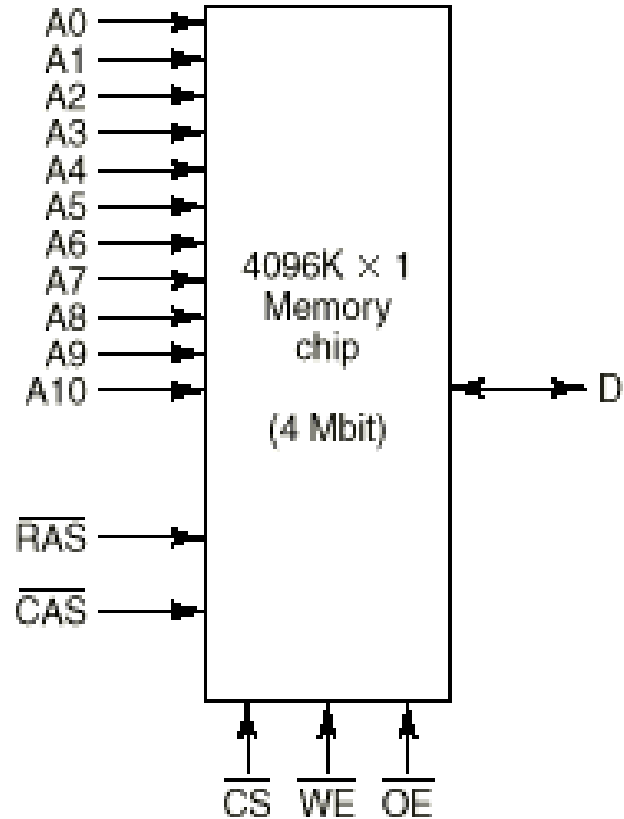
Esempi di chip di memoria

512 K * 8 bit



(a)

4096 K * 1 bit



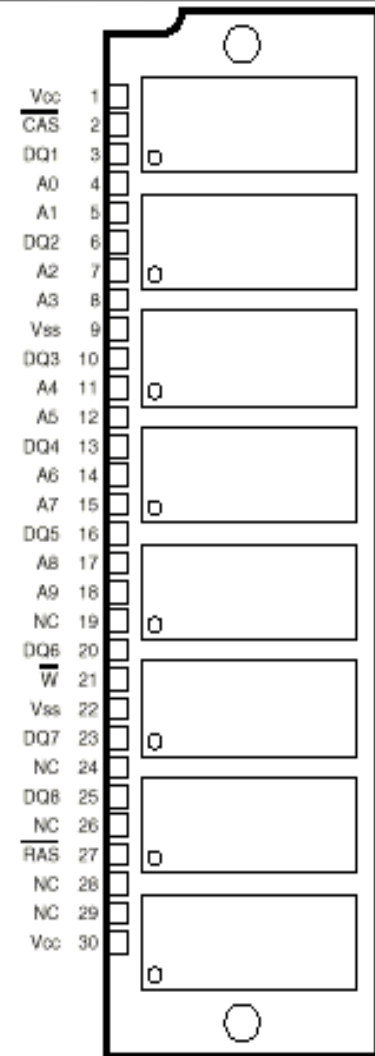
(b)

Single-In-Line Memory Module

➤ Adattato da:

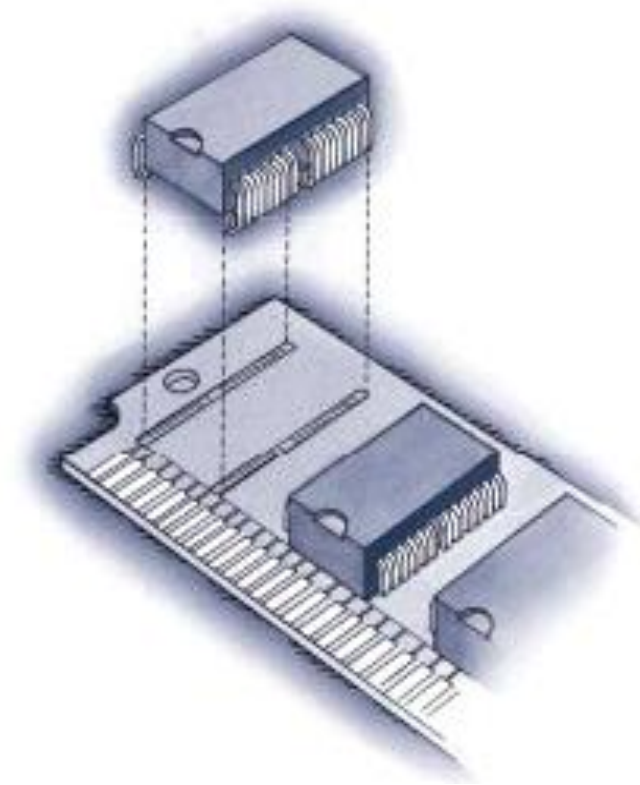
- Texas Instruments MOS Memory: Commercial and Military Specifications DataBook, Texas Instruments, Literature Response Center, P.O. Box 172228, Denver, Colorado, 1991

PIN NOMENCLATURE	
A0-A9	Address Inputs
$\overline{\text{CAS}}$	Column-Address Strobe
DQ1-DQ8	Data In/Data Out
NC	No Connection
$\overline{\text{RAS}}$	Row-Address Strobe
V_{CC}	5-V Supply
V_{SS}	Ground
$\overline{\text{W}}$	Write Enable



Montaggio dei moduli su una SIMM

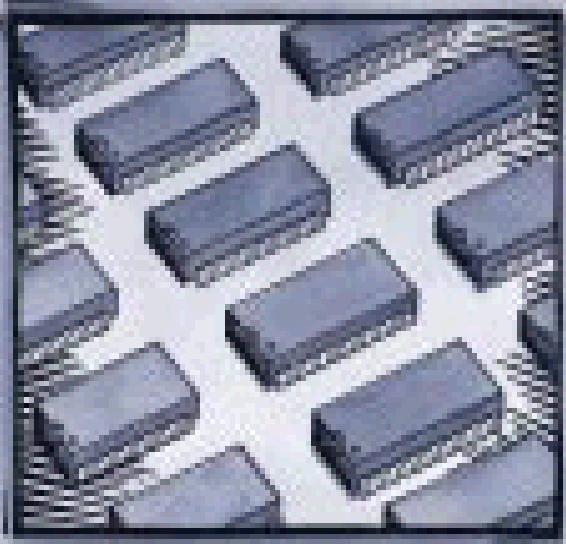
- DRAM IC
 - DRAM Integrated Circuit
- PCB
 - Printed Circuit Board
- SIMM socket
 - Single In-Line Memory Module Socket



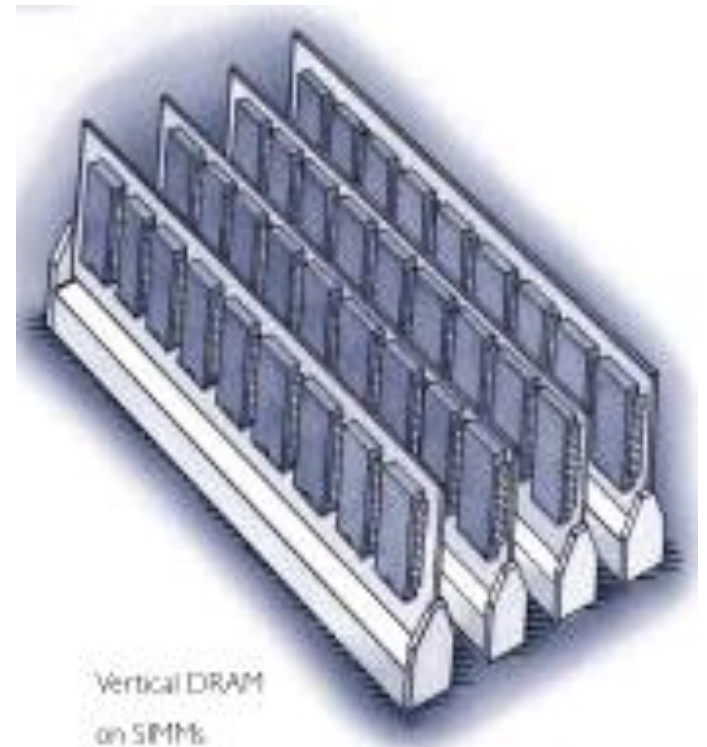
How DRAM fits
on a SIMM.

La memoria nel computer

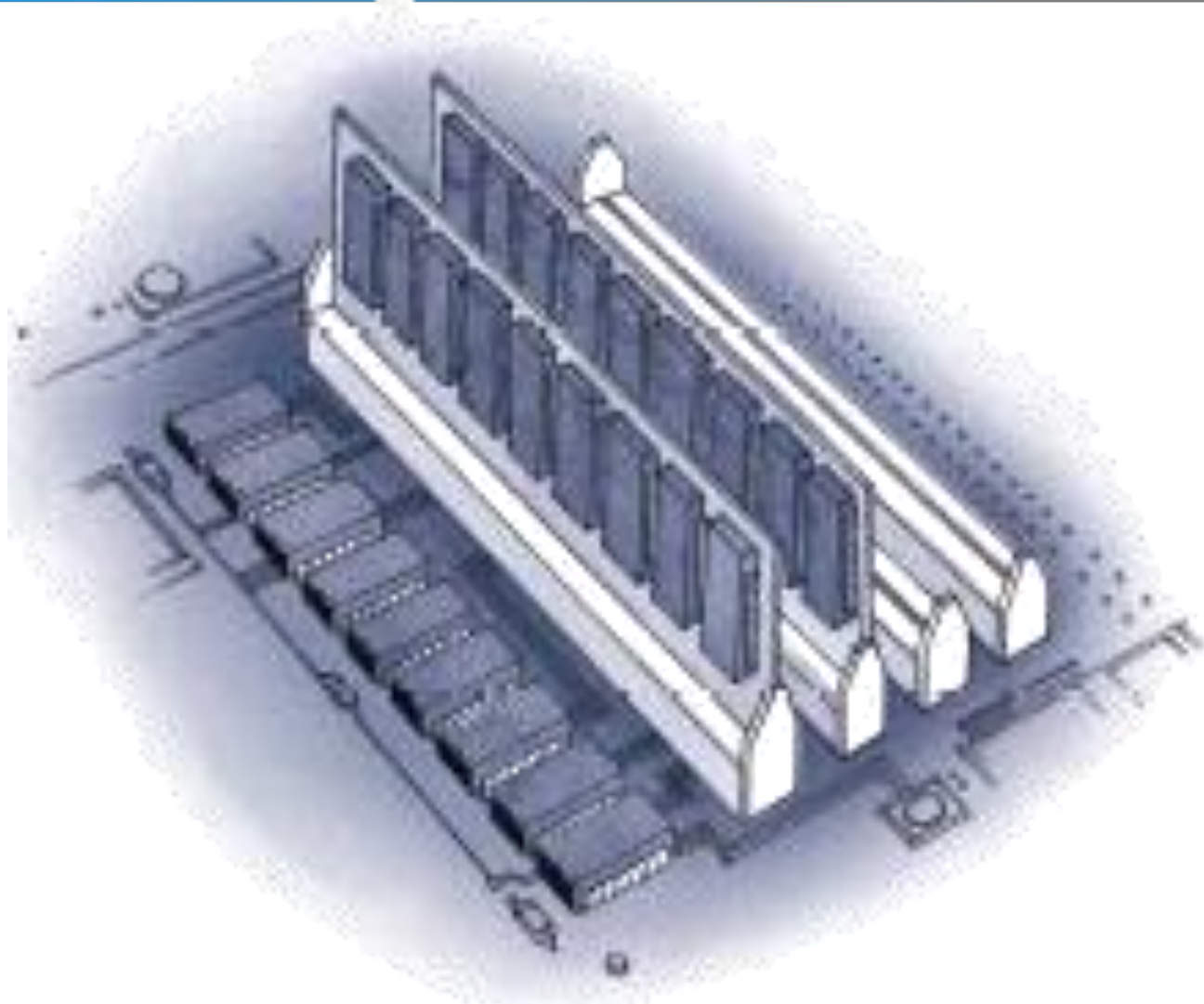
➤ Disposizione orizzontale



| Disposizione verticale

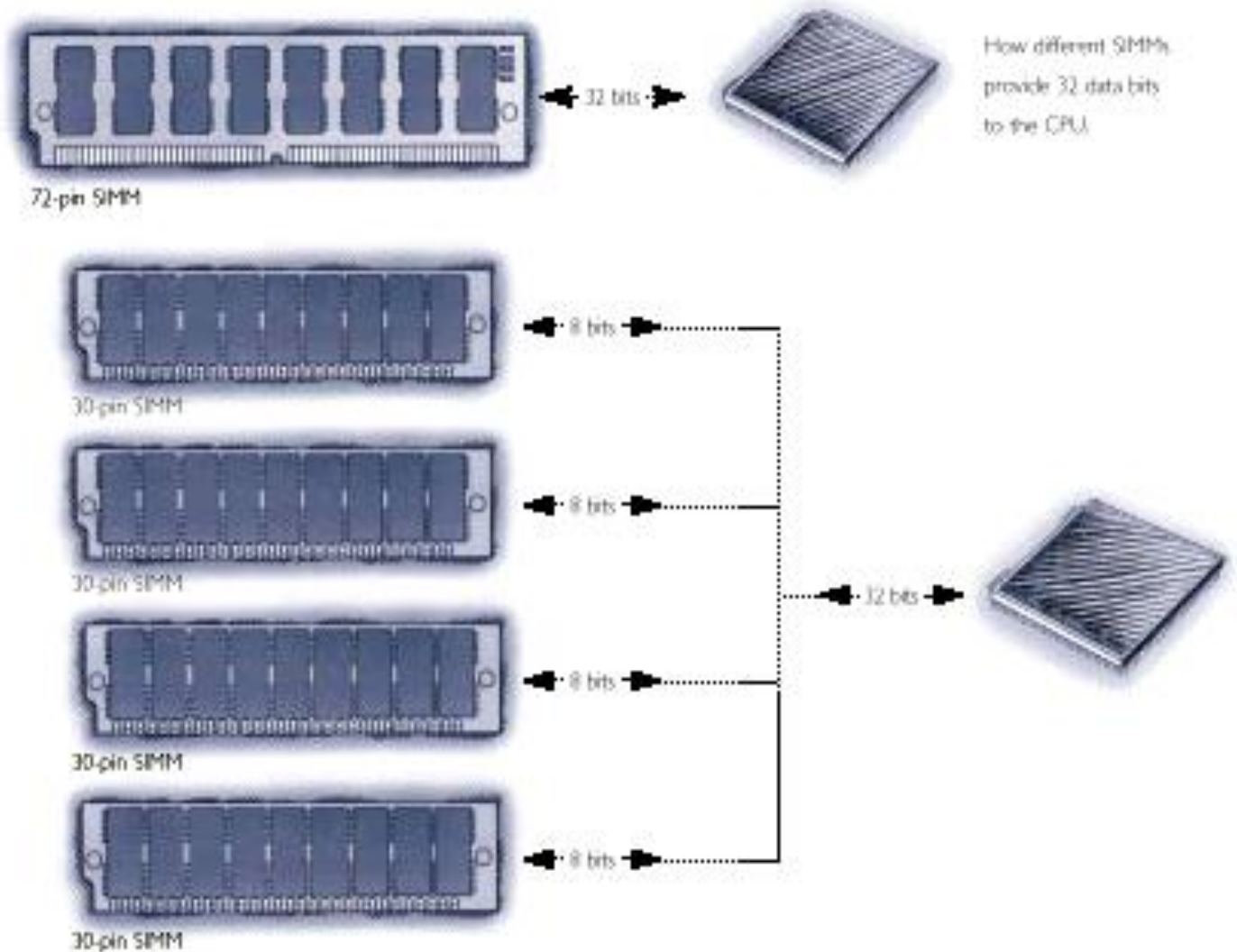


Banchi e schemi di memoria



SIMM a 30 e a 72 pin

- 30 pin
 - 8 bit
- 72 pin
 - 32 bit



Credit card memories

- Chiamate così perchè occupano grosso modo lo stesso spazio di una carta di credito



DIMM a 72 e 168 pin

- SO DIMM
 - Small Outline DIMM
 - 32 bit
- 168 pin DIMM
 - 64 bit

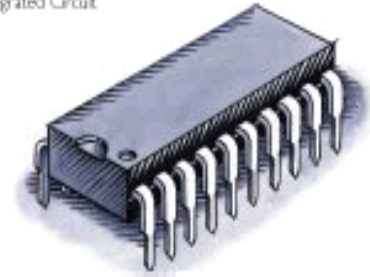


The three examples illustrate the differences among SDRAM, DIMM, and SO DIMM products. The full-size, 168-pin DIMM supports 64-bit transfers without being twice the size of the 72-pin SDRAM which supports only 32-bit transfers. The SO DIMM also supports 32-bit transfers and was designed for use in notebook computers.

DRAM Packages

- DIP
 - Dual In-Line Package
- SOJ
 - Small Outline J-lead
- TSOP
 - Thin, Small Outline Package

DIP Integrated Circuit



SOJ DRAM Package



TSOP DRAM Package



Nota importante

In generale, le differenze tassonomiche si riflettono anche in:

- Differenze **strutturali**
- Differenze **funzionali**
- Differenze **tecnologiche**

Type	Category	Erasure	Byte alterable	Volatile	Typical use
SRAM	Read/write	Electrical	Yes	Yes	Level 2 cache
DRAM	Read/write	Electrical	Yes	Yes	Main memory
ROM	Read-only	Not possible	No	No	Large volume appliances
PROM	Read-only	Not possible	No	No	Small volume equipment
EPROM	Read-mostly	UV light	No	No	Device prototyping
EEPROM	Read-mostly	Electrical	Yes	No	Device prototyping
Flash	Read/write	Electrical	No	No	Film for digital camera

Domande di riepilogo

- Elencare due tipi di memorie volatili e due di memorie persistenti
- Cosa si intende per Gerarchia di Memorie?
- Un programma in esecuzione in quale memoria deve essere caricato

Il processore

- È in grado di eseguire un set di azioni elaborative elementari (**istruzioni**) più o meno complesse
- Una istruzione ha una lunghezza tipicamente multipla della lunghezza di parola
- Una sequenza di istruzioni costituisce un **programma**
- Un programma, ed i dati su cui esso opera, deve essere in memoria principale per poter essere eseguito

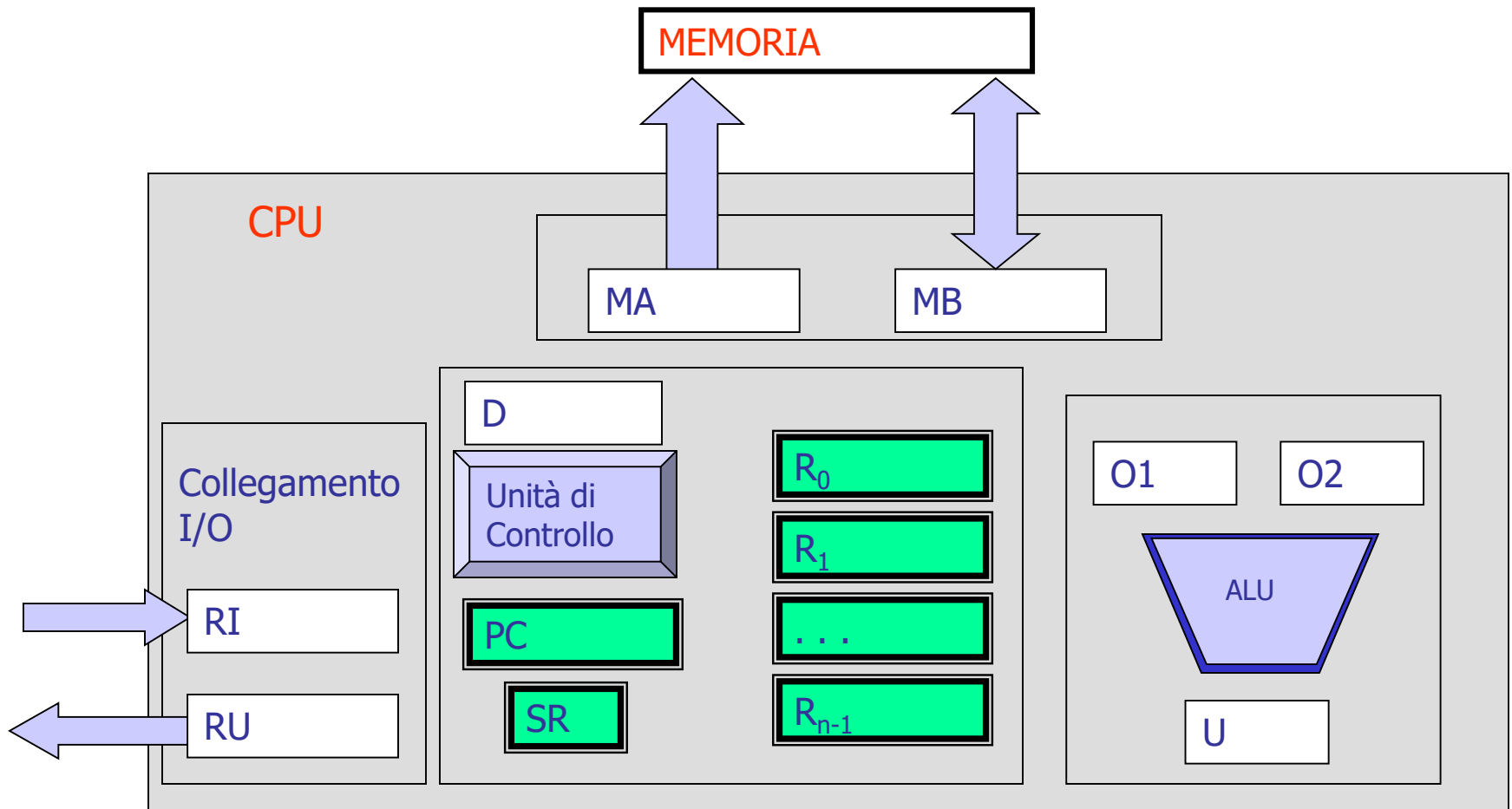
Tipi di istruzione

Tre tipi principali

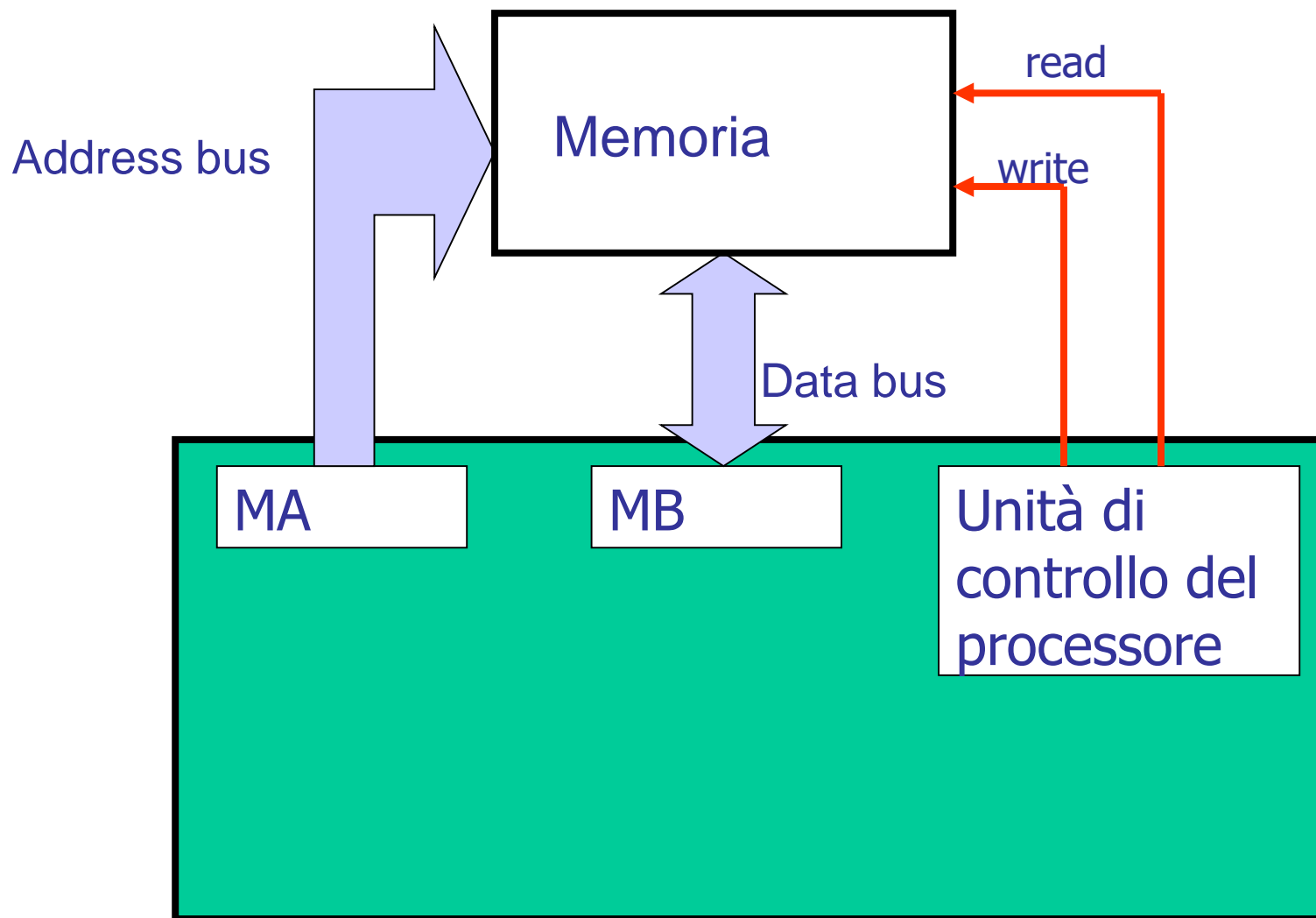
- **Load** – sposta un dato dalla memoria (o un input) al processore
- **Store** – sposta un dato da un registro del processore alla memoria (o un dispositivo di output)
- **Operate** – esegue una operazione aritmetica o logica su dati presenti nei registri del processore

Modello architetturale di un processore

Modello a registri generali



Interazione processore-memoria



Componenti fondamentali del processore

- Registro Program Counter (PC) o Prossima Istruzione
- Instruction Register (IR) o Registro di decodifica (D)
- Registri di uso generale R_0, \dots, R_{n-1}
- Registro di stato (SR)
- Collegamento con la memoria
 - » Registro Memory Address (MA)
 - » Registro Memory Buffer (MB)
- Collegamento con i dispositivi di input/output (I/O)
 - » Registro di input (RI) e Registro di output (RO)
- Unità aritmetico/logica (ALU)
 - » Registri di appoggio per la ALU (O1, O2, U)
- Unità di controllo

Registri del processore

➤ Registri interni

- » Necessari al funzionamento del processore
- » Non direttamente visibili al programmatore (non appartengono al *modello di programmazione*)

➤ Registri di macchina

- » Visibili al programmatore (appartengono al *modello di programmazione*)
 - Registri generali
 - Registri speciali

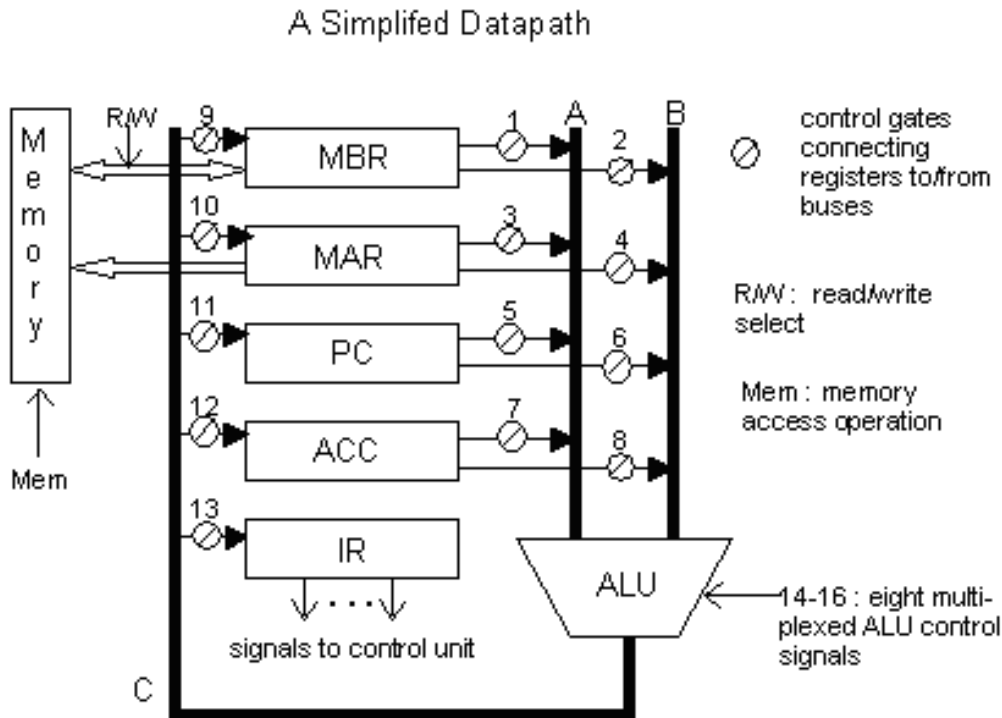
Processore a registri generali

- Il processore dispone di un set di registri R_0, R_1, \dots, R_{N-1} utilizzabili indifferentemente
- Le istruzioni che operano su registri sono più veloci di quelle che operano su locazioni di memoria
- Il programmatore può utilizzare i registri del processore per memorizzare i dati di uso più frequente (concetto di gerarchia di memorie)
- Istruzioni con operandi registri:
 $[R_0] + [R_1] \rightarrow R_1$
- Istruzioni con operandi memoria-registri:
 $[R_0] + M[1000] \rightarrow R_0$ *memory-to-register*
 $M[1000] + [R_1] \rightarrow M[1000]$ *register-to-memory*

Funzioni dei registri di macchina

- Indirizzo dell'istruzione corrente (PC)
- Transito dati (qualunque registro generale)
- Accumulazione di risultati
 - » es: $R0 := NOT R0$ oppure $R0 := R0 + R1$
- Indirizzamento
- Indicatori o flag (Registro di Stato)
- Altre funzioni speciali

CPU Data Path



- Connette le unità del processore e consente lo scambio dei dati
- È regolato da segnali di controllo
- Tali segnali sono controllati dalla “unità di controllo”

Domande di riepilogo

- Cos'è il registro PC?
- Cosa si intende per registro generale?
- Cos'è il registro IR?

L'Unità di Controllo

- Governa l'evoluzione del processore (e quindi l'esecuzione dei programmi)
- Abilita/Disabilita il passaggio dei dati sul datapath
- Può essere implementata seguendo due approcci
 - Cablato
 - Microprogrammato

Controllo cablato

- È detto anche hardwired
- La sezione di controllo si basa su una macchina a stati finiti
 - Progettata con le tecniche classiche del progetto di circuiti digitali
 - Spesso con il supporto di strumenti di progettazione integrati (linguaggi/simulatori di hardware)
- Più efficiente ma più rigido

Controllo microprogrammato

- È detto anche microcoded
- La sezione di controllo si basa su un microprogramma
 - Scritto in un linguaggio simile a quello assembler
 - Tradotto in codice binario
 - Memorizzato su una ROM (Control Store)
- Più lento ma più flessibile

Strutture di bus

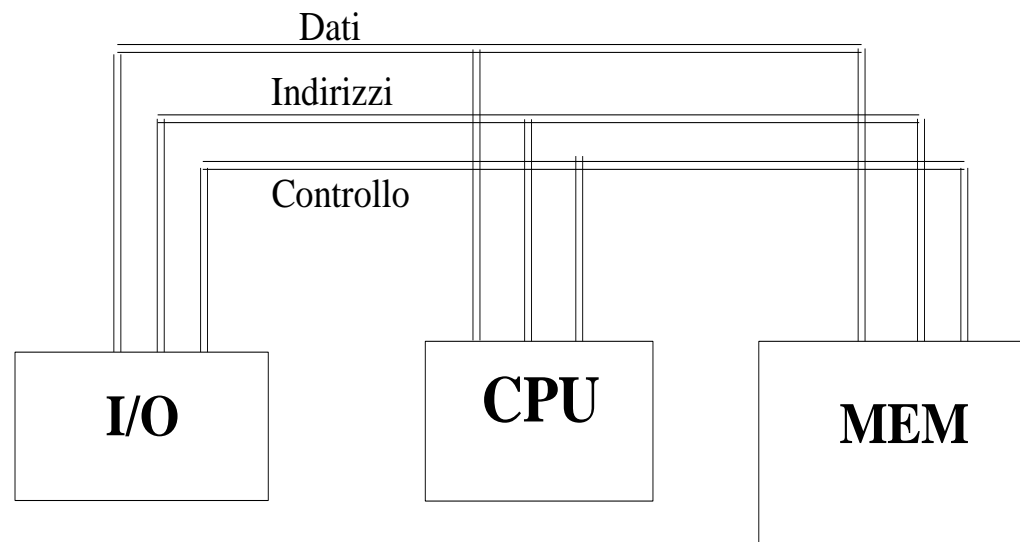


Architettura generale CPU-memoria-I/O

- In un sistema esiste un numero ben preciso di bus di I/O oppure un unico bus
- A livello di sistema esistono due modelli distinti di collegamento:
 - Modello a bus distinti: verso l'esterno ci sono due bus fisici distinti, uno per la memoria e l'altro per l'I/O. In termini di caratteristiche del processore si parla di "Isolated I/O"
 - Modello a bus unico: su un bus unico sono collegati memoria e sistema di I/O. In termini di caratteristiche del processore si parla di "Memory Mapped I/O".

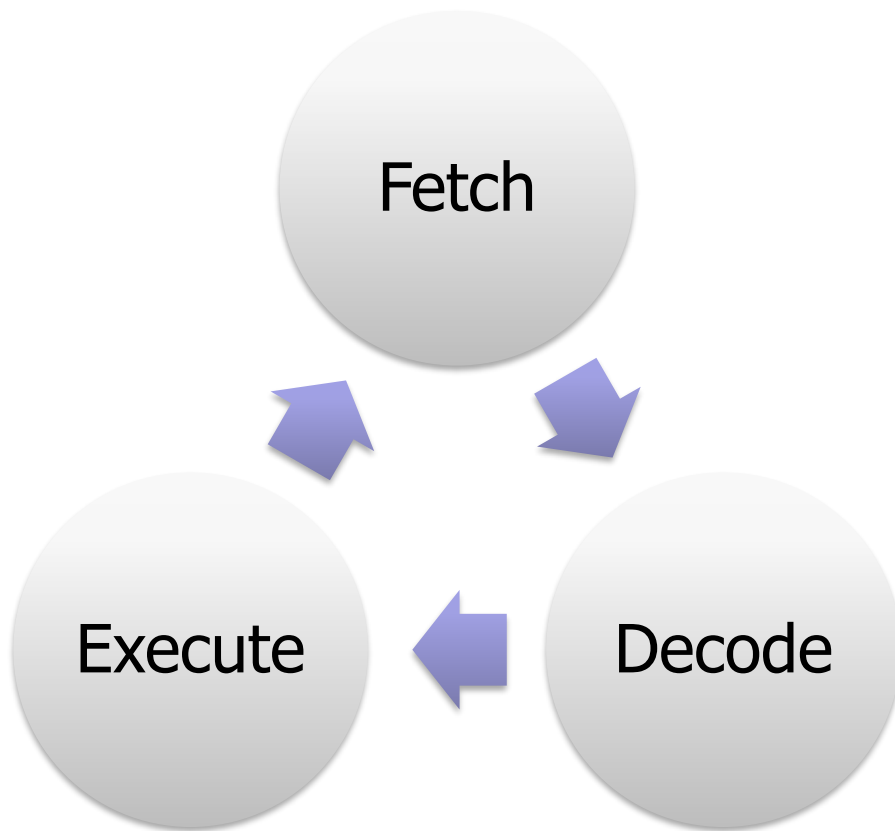
Architettura generale CPU-memoria-I/O

- L'unico bus di collegamento fra CPU, Memoria e I/O si suddivide in tre bus componenti:
 - Bus-dati: trasferisce i dati da una unità all'altra;
 - Bus-indirizzi: comunica l'indirizzo (di memoria o di I/O) dal quale o verso il quale il dato è indirizzato;
 - Linee di controllo: trasferiscono informazioni o indicatori per il controllo e la tempificazione delle operazioni, ad esempio i segnali RE e WE, ack e così via.



Ciclo del processore

(<https://scratch.mit.edu/projects/2145440/>)



- Fetch: Carica la prossima istruzione (PC) nell' IR
- Decode: Decodifica l'istruzione (determina l'operazione da compiere, come prelevare gli operandi, ...)
- Recupera i dati necessari ed esegue l'azione richiesta

Domande di Riepilogo

- Cosa è il Data Path?
- Qual è la differenza tra I/O memory mapped e Isolated I/O?
- Durante quale fase del ciclo del processore vengono caricati gli operandi?

Software

User Level: Application Programs

High Level Languages

Assembly Language/Machine Code

Microprogrammed/Hardwired
Control

Functional Units (Memory, ALU, etc.)

Logic Gates

Transistors and Wires

User Level: Application Programs

Problem-oriented Languages

Assembly Language

Operating System

Conventional Machine

Microprogramming Level

Functional Units (Memory, ALU, etc.)

Logic Gates

Transistors and Wires

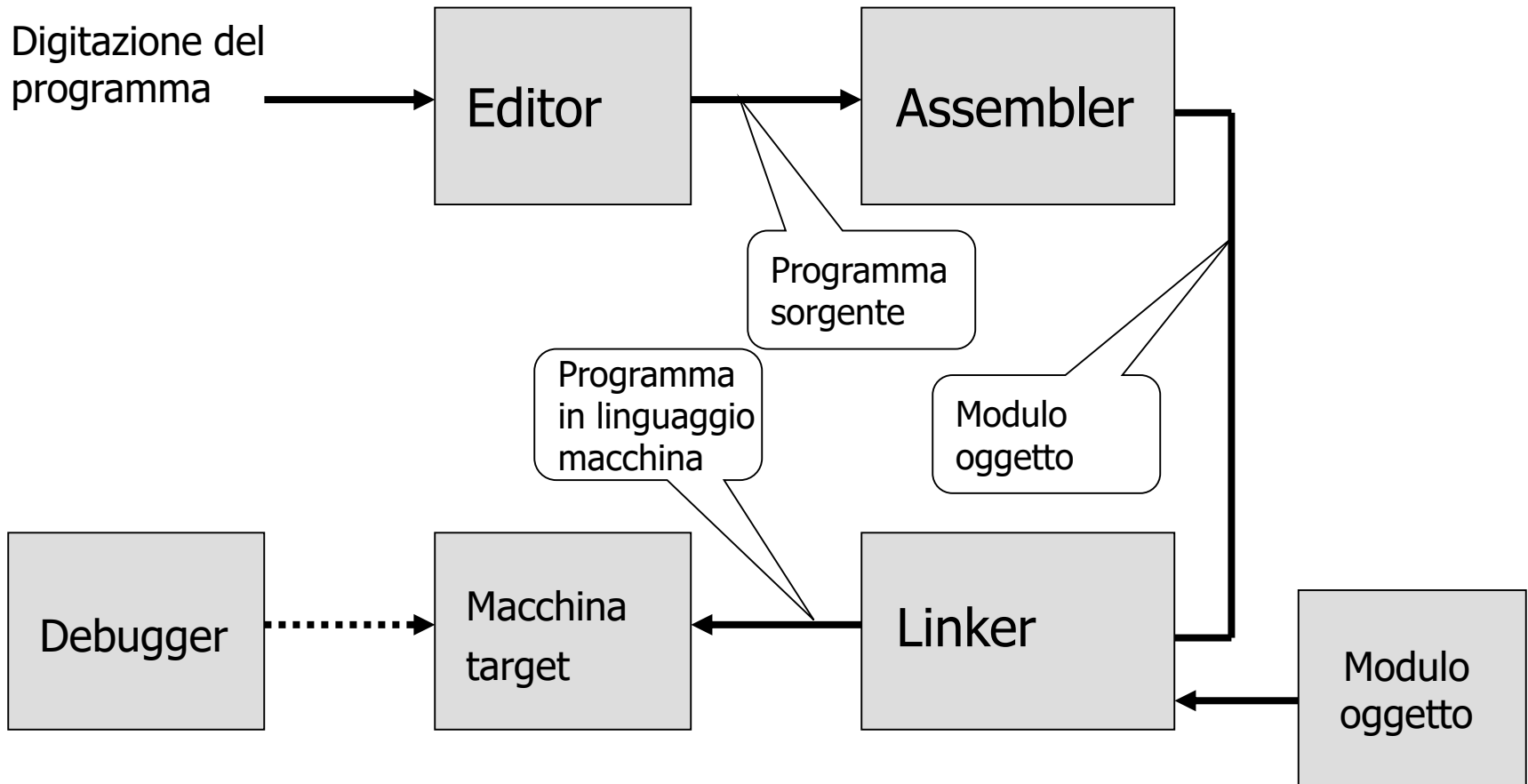
Assembly

- È funzionalmente equivalente al linguaggio macchina, ma usa “nomi” più intuitivi (mnemonics)
- Definisce l’Instruction Set Architecture (ISA) della macchina
- Un compilatore traduce un linguaggio di alto livello, che è indipendente dall’architettura, in linguaggio assembly, che è dipendente dall’architettura
- Un assembler traduce programmi in linguaggio assembly in codice binario eseguibile
- Nel caso di linguaggi compilati (es. C) il codice binario viene eseguito direttamente dalla macchina target
- Nel caso di linguaggi interpretati (es. Java) il bytecode viene interpretato dalla Java Virtual Machine, che è al livello Assembly language

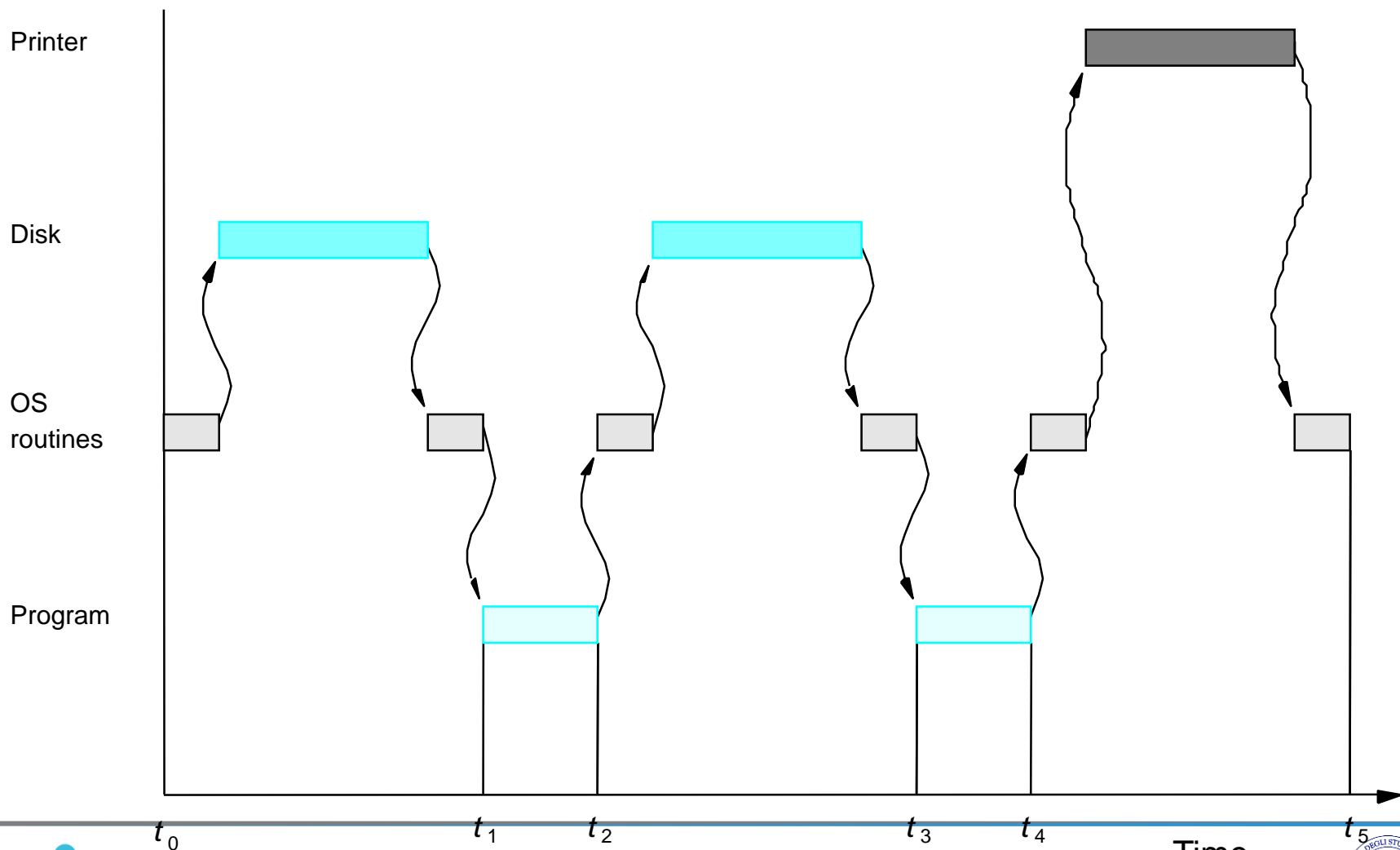
Esempio – Assembly X86 a 32 bit

```
DES_std_crypt:
    movl 4(%esp),%edx
    pushl %ebx
    movl DES_count,%ecx
    xorl %ebx,%ebx
    movq (%edx),K1
    movq 32(%edx),K2
    movq K1,tmp1
    movq 8(%edx),K3
    movq 16(%edx),K4
    DES_copy(24, 40)
    ...
    DES_copy(112, 120)
    movq DES_IV,R
    xorl %edx,%edx
    movq DES_IV+8,L
DES_loop:
    ...
```

Ciclo di sviluppo



Sistema Monoprogrammato



Performance

- Elapsed Time
- Processor Time

Basic Performance Equation

$$T = (N * S) / R$$

- T = processor time for executing the program
- N = actual number of instruction executions
- S = average number of basic steps for a machine instruction
- R = clock rate

Pipelining and Superscalar Operation

- Pipelining:
 - Technique for overlapping the execution of successive instructions
 - In the ideal case, if all instructions are overlapped to the maximum degree possible, execution proceeds at the rate of one instruction completed in each clock cycle
- Superscalar Operation:
 - Requires multiple pipelines
 - Allows a higher degree of concurrency

Instruction Set: CISC and RISC

- Complex Instruction Set Computer (CISC)
 - Complex Instructions, which require a large number of basic steps to execute (N is small, S is large)
- Reduced Instruction Set Computer (RISC)
 - Simple Instructions, which require a small number of basic steps to execute (N is large, S is small)
 - It is much easier to implement efficient pipelining

Accesso alla Memoria: CISC vs RISC

Add LOCA, R0

Load LOCA, R1

Add R1, R0

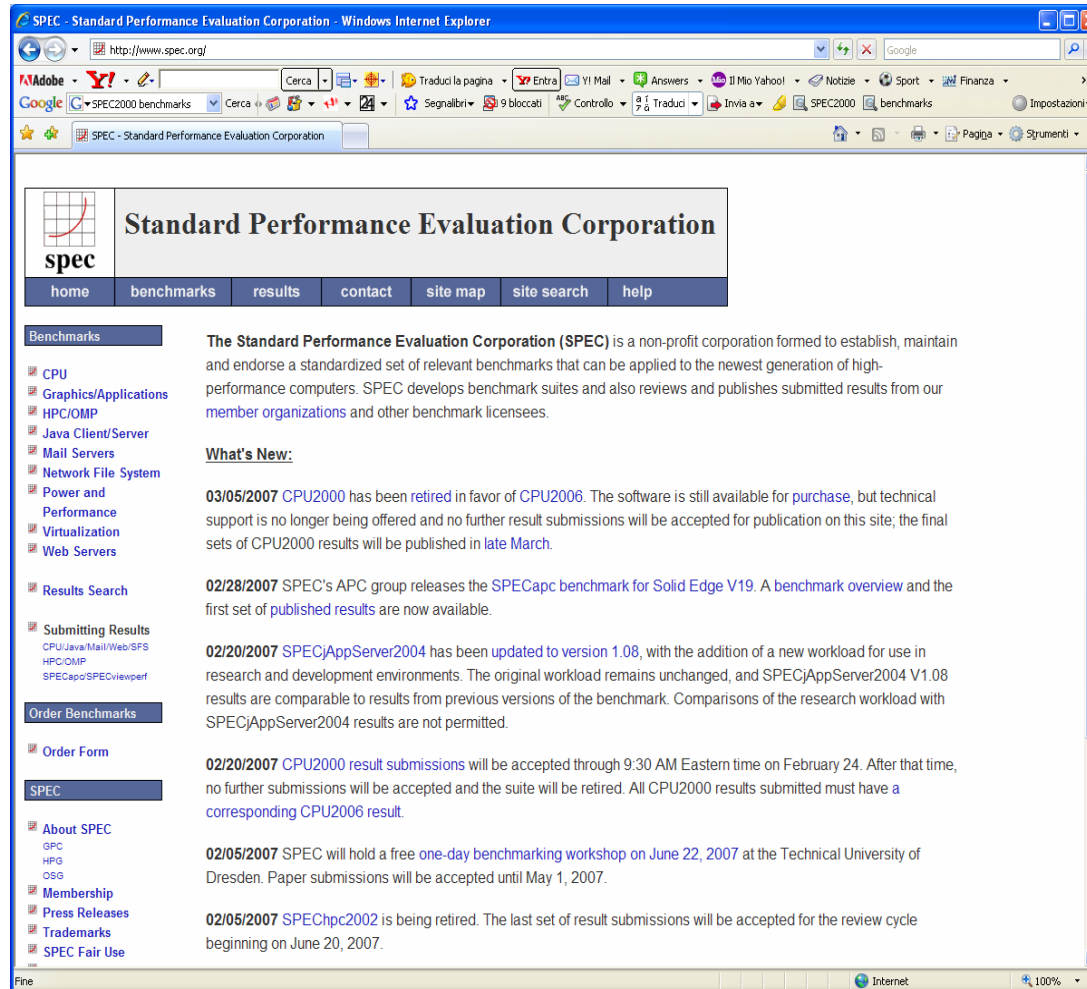
“CISC” style

“RISC” style

Compiler

- Translates a high-level language program into a sequence of machine instructions
- An optimizing compiler takes advantage of various features of the target processor to reduce the total number of clock cycles needed to execute a program ($N * S$)
 - It is closely linked to the processor architecture
- It may rearrange program instructions

Performance Measurement



The screenshot shows the SPEC website in a Windows Internet Explorer browser window. The address bar displays <http://www.spec.org/>. The page features the SPEC logo and a navigation menu with links for home, benchmarks, results, contact, site map, site search, and help. The main content area is titled "Standard Performance Evaluation Corporation" and includes a "Benchmarks" section with a list of categories: CPU, Graphics/Applications, HPC/OMP, Java Client/Server, Mail Servers, Network File System, Power and Performance, Virtualization, and Web Servers. Below this is a "Results Search" section and a "Submitting Results" section. The "Order Benchmarks" section contains an "Order Form" link. The "SPEC" section includes links for "About SPEC", "Membership", "Press Releases", "Trademarks", and "SPEC Fair Use". The "What's New" section contains several news items:

- 03/05/2007** CPU2000 has been retired in favor of CPU2006. The software is still available for purchase, but technical support is no longer being offered and no further result submissions will be accepted for publication on this site; the final sets of CPU2000 results will be published in late March.
- 02/28/2007** SPEC's APC group releases the SPECcapc benchmark for Solid Edge V19. A benchmark overview and the first set of published results are now available.
- 02/20/2007** SPECjAppServer2004 has been updated to version 1.08, with the addition of a new workload for use in research and development environments. The original workload remains unchanged, and SPECjAppServer2004 V1.08 results are comparable to results from previous versions of the benchmark. Comparisons of the research workload with SPECjAppServer2004 results are not permitted.
- 02/20/2007** CPU2000 result submissions will be accepted through 9:30 AM Eastern time on February 24. After that time, no further submissions will be accepted and the suite will be retired. All CPU2000 results submitted must have a corresponding CPU2006 result.
- 02/05/2007** SPEC will hold a free one-day benchmarking workshop on June 22, 2007 at the Technical University of Dresden. Paper submissions will be accepted until May 1, 2007.
- 02/05/2007** SPECchpc2002 is being retired. The last set of result submissions will be accepted for the review cycle beginning on June 20, 2007.

Prospettiva storica

- 1st generation
 - Vacuum tube technology
 - Assembly language programs
 - Magnetic core memories
- 2nd generation
 - Transistor technology
 - Fortran language programs
- 3rd generation
 - Integrated circuit technology
 - Microprogramming, parallelism, pipelining, caches, virtual memories
- 4th generation
 - Very Large Scale Integration (VLSI) technology
- Beyond the 4th generation

Rappresentazione binaria

Un intero a 32-bit in notazione binaria posizionale è rappresentato come:

$$B = b_{31} b_{30} \dots b_1 b_0$$

Se $b_i = 1$, allora 2^i va sommato per determinare il valore B

Rappresentazione del segno

Per **gli interi con segno**, il bit più significativo rappresenta il segno:

0 positivo

1 negativo

Esistono tre modi di rappresentare un numero con segno:

- Modulo e segno
- Complementi a 1
- Complementi a 2

<i>B</i>				Valore rappresentato		
b_3	b_2	b_1	b_0	Segno e val. ass.	Comp. a 1	Comp. a 2
0	1	1	1	+7	+7	+7
0	1	1	0	+6	+6	+6
0	1	0	1	+5	+5	+5
0	1	0	0	+4	+4	+4
0	0	1	1	+3	+3	+3
0	0	1	0	+2	+2	+2
0	0	0	1	+1	+1	+1
0	0	0	0	+0	+0	+0
1	0	0	0	-0	-7	-8
1	0	0	1	-1	-6	-7
1	0	1	0	-2	-5	-6
1	0	1	1	-3	-4	-5
1	1	0	0	-4	-3	-4
1	1	0	1	-5	-2	-3
1	1	1	0	-6	-1	-2
1	1	1	1	-7	-0	-1

Figura 1.3 Distribuzione del valore in rappresentazione, in segno e valore assoluto, complemento a uno e a due, per numeri da $n = 4$ bit.

Complementi a 2

La rappresentazione in complementi a 2 è quella utilizzata nei sistemi moderni

Consideriamo un esempio di un intero a 4-bit:

Il valore +5 è rappresentato come:

0 1 0 1

Per avere il valore -5, si complementato tutti i bit

0 1 0 1 \Rightarrow 1 0 1 0

e si somma 1

1 0 1 1

Somma

Esempio di somma di numeri a 4 bit

0 0 0 1	+1	0 1 0 0	+4
+ 0 1 0 ₁	+ +5	+ 1 0 1 0	+ -6
-----	-----	-----	-----
0 1 1 0	+6	1 1 1 0	-2

Sottrazione

Effettuare il complemento a due del sottraendo e sommare

$$\begin{array}{r} 1110 \\ - 1011 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} -2 \\ - 5 \\ \hline +3 \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{r} 1110 \\ + 10100 \\ \hline 0011 \end{array}$$


Overflow


- Due esempi di overflow: il risultato eccede il range dei rappresentabili

0 1 1 0	+6	1 1 1 0	-2
+ 0 ₁ 1 0 0	+ +4	₁ 1 0 0 1	+ -7
-----	-----	-----	-----
1 0 1 0	+10	0 1 1 1	-9

Estensione del segno

- Estensione del segno da 4-bit a 8-bit

0 1 0 1  0 0 0 0 0 1 0 1

1 1 1 0  1 1 1 1 1 1 1 0

Rappresentazione dei Caratteri

American Standard Code for Information Interchange (ASCII) utilizza codici a 7-bit

Esempi:

carattere rappresentazione

A 1 0 0 0 0 0 1

7 0 1 1 0 1 1 1

+ 0 1 0 1 0 1 1

Byte	Cod.	Char	Byte	Cod.	Char	Byte	Cod.	Char	Byte	Cod.	Char
00000000	0	Null	00100000	32	Spc	01000000	64	@	01100000	96	`
00000001	1	Start of heading	00100001	33	!	01000001	65	A	01100001	97	a
00000010	2	Start of text	00100010	34	"	01000010	66	B	01100010	98	b
00000011	3	End of text	00100011	35	#	01000011	67	C	01100011	99	c
00000100	4	End of transmit	00100100	36	\$	01000100	68	D	01100100	100	d
00000101	5	Enquiry	00100101	37	%	01000101	69	E	01100101	101	e
00000110	6	Acknowledge	00100110	38	&	01000110	70	F	01100110	102	f
00000111	7	Audible bell	00100111	39	'	01000111	71	G	01100111	103	g
00001000	8	Backspace	00101000	40	(	01001000	72	H	01101000	104	h
00001001	9	Horizontal tab	00101001	41	)	01001001	73	I	01101001	105	i
00001010	10	Line feed	00101010	42	*	01001010	74	J	01101010	106	j
00001011	11	Vertical tab	00101011	43	+	01001011	75	K	01101011	107	k
00001100	12	Form Feed	00101100	44	,	01001100	76	L	01101100	108	l
00001101	13	Carriage return	00101101	45	-	01001101	77	M	01101101	109	m
00001110	14	Shift out	00101110	46	.	01001110	78	N	01101110	110	n
00001111	15	Shift in	00101111	47	/	01001111	79	O	01101111	111	o
00010000	16	Data link escape	00110000	48	0	01010000	80	P	01110000	112	p
00010001	17	Device control 1	00110001	49	1	01010001	81	Q	01110001	113	q
00010010	18	Device control 2	00110010	50	2	01010010	82	R	01110010	114	r
00010011	19	Device control 3	00110011	51	3	01010011	83	S	01110011	115	s
00010100	20	Device control 4	00110100	52	4	01010100	84	T	01110100	116	t
00010101	21	Neg. acknowledge	00110101	53	5	01010101	85	U	01110101	117	u
00010110	22	Synchronous idle	00110110	54	6	01010110	86	V	01110110	118	v
00010111	23	End trans. block	00110111	55	7	01010111	87	W	01110111	119	w
00011000	24	Cancel	00111000	56	8	01011000	88	X	01111000	120	x
00011001	25	End of medium	00111001	57	9	01011001	89	Y	01111001	121	y
00011010	26	Substitution	00111010	58	:	01011010	90	Z	01111010	122	z
00011011	27	Escape	00111011	59	;	01011011	91	[	01111011	123	{
00011100	28	File separator	00111100	60	<	01011100	92	\	01111100	124	|
00011101	29	Group separator	00111101	61	=	01011101	93	]	01111101	125	}
00011110	30	Record Separator	00111110	62	>	01011110	94	^	01111110	126	~
00011111	31	Unit separator	00111111	63	?	01011111	95	_	01111111	127	Del

Floating-point numbers

32-bit per la rappresentazione di numeri con segno non consentono la rappresentazione di numeri grandi

Interi (con la virgola fissa all'estremo destro) consentono di rappresentare un ordine di grandezza di 10^{10}

Frazioni (con la virgola subito dopo il bit di segno consentono di rappresentare un ordine di grandezza di 10^{-10}

Floating-point numbers

Un range di rappresentabilità maggiore può essere ottenuto con lo spostamento della virgola a sinistra o destra

<●.....1 1 0 1 0 1.....●..... >

La posizione della virgola viene adattata al numero da rappresentare (rappresentazione in virgola mobile)

Floating-point numbers

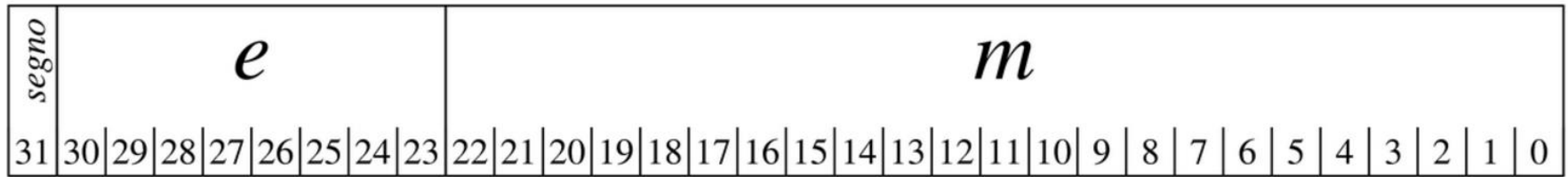
Una rappresentazione in virgola mobile su 32 bit può essere ottenuta come segue (IEEE 754):

- 1 bit per il segno del numero **sign**
- 8 bit per l'esponente con segno **signed exponent**
(**base of 2** e eventuale polarizzazione)
- 23 bit di precisione (MANTISSA) (solo modulo dato che il bit di segno è rappresentato nel primo bit della parola)
significant bits 1.xx....x

Il valore rappresentato è:

$$\pm 1.xx....x \times 2^{\text{exp}}$$

IEEE 754 (singola precisione)



bit 31 (1) segno: 0 = positivo; 1 = negativo

bit 23–30 (8) esponente in eccesso 127 = esponente originale + 127

bit 0–22 (23) significante (mantissa)

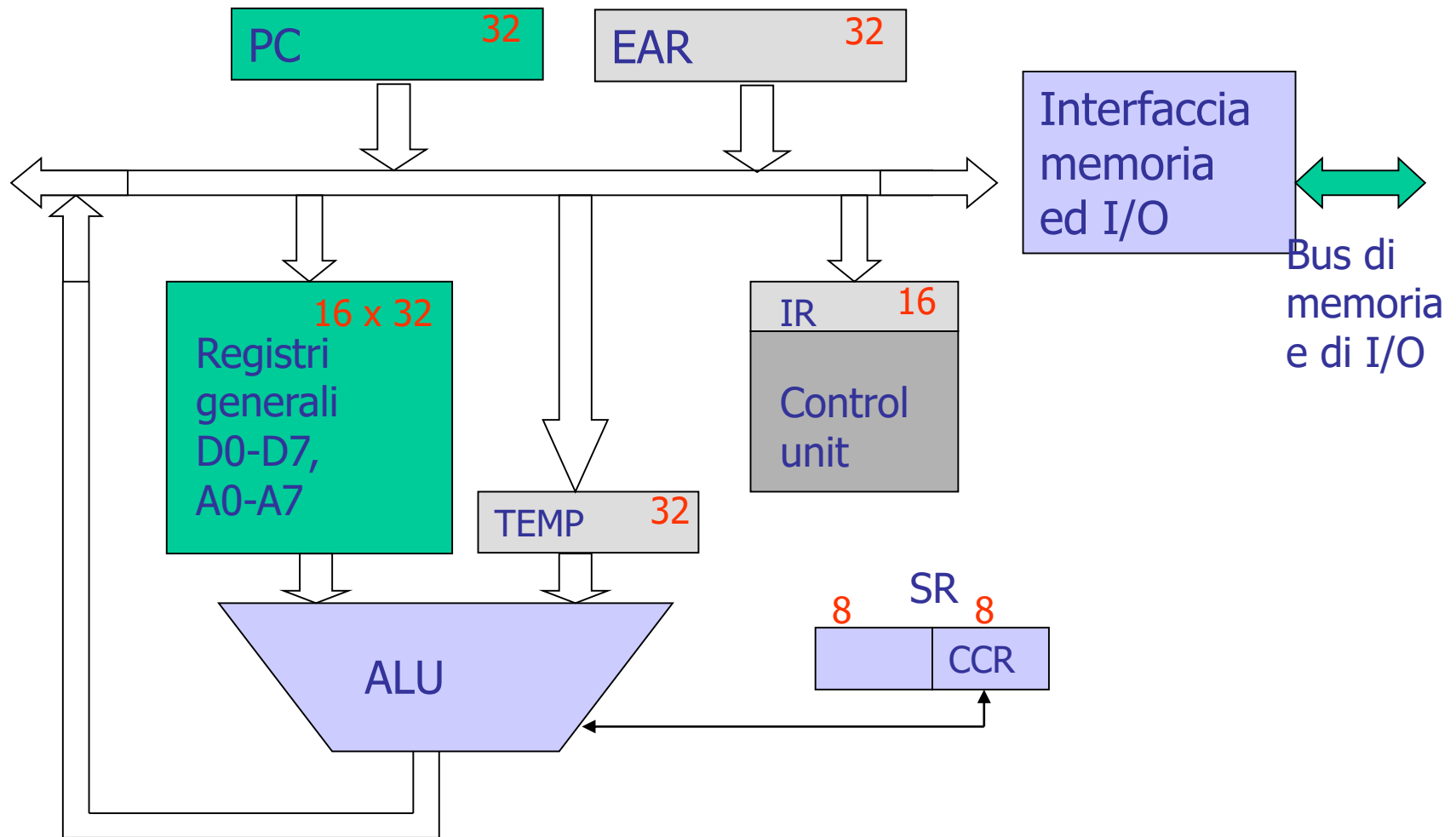
$e = 0$ $m = 0$ zero, che può essere positivo o negativo

$e = 0$ $m \neq 0$ numero «denormalizzato»

$e = 255$ $m = 0$ infinito, che può essere positivo o negativo

$e = 255$ $m \neq 0$ indefinito

Architettura del processore MC 68000



Caratteristiche del processore MC68000 – 1/2

- Dati:
 - All'esterno:
parola di 16 bit (16 pin per i dati)
 - All'interno:
registri di 32 bit
- Indirizzi:
 - All'esterno:
Di 24 bit (spazio di indirizzamento fisico $2^{24} = 16\text{M}$)
 - 512 pagine (2^9) da 32K (2^{15})
 - All'interno:
Di 32 bit



Caratteristiche del processore MC68000 – 2/2

Parallelismo della memoria:

- Parole di 16 bit, ognuna costituita da due byte con indirizzi distinti (memoria byte addressable)

Convenzioni della memoria:

- Una parola deve essere allineata ad un indirizzo pari (even boundary)
- Convenzione big-endian



Modello di programmazione del MC68000

