

Corso di Laurea Ingegneria Informatica

Fondamenti di Informatica

Dispensa 01

Anatomia e fisiologia del computer: l'architettura del calcolatore

Carla Limongelli

Ottobre 2011

Pre-requisiti

Nessuno

Obiettivi (competenze da acquisire)

Al termine dell'unita' didattica lo studente sara' in grado di

- ❑ Saper individuare i diversi componenti di un calcolatore
- ❑ Saper distinguere la fase di acquisizione dalla fase di interpretazione dei dati
- ❑ Saper distinguere l'hardware dal software
- ❑ Saper distinguere un pc da un mainframe
- ❑ Avere l'idea che ogni calcolatore e' costituito dallo stesso tipo di componenti

Contenuti

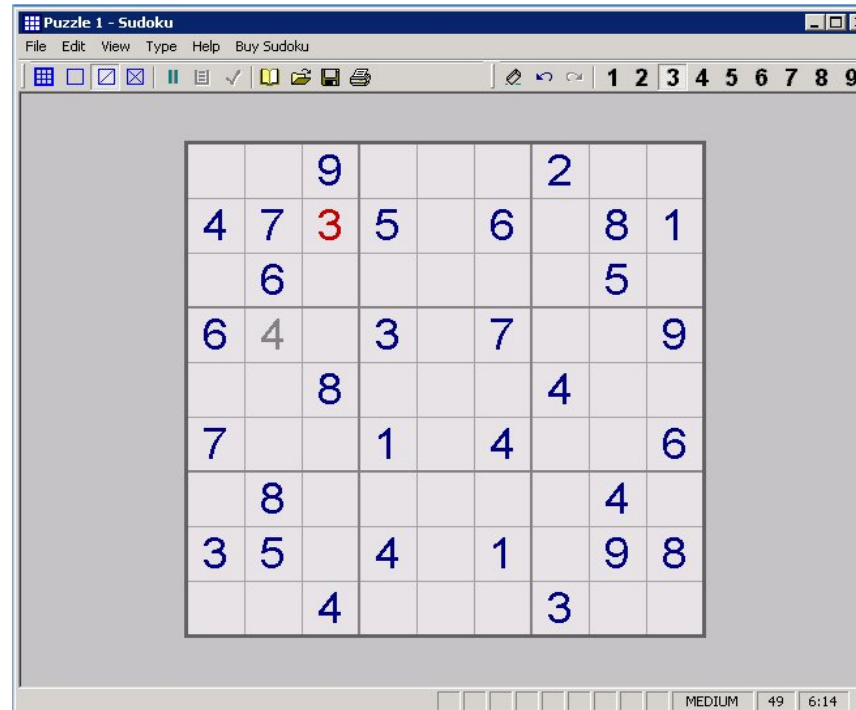
- ❑ Che cos'è un calcolatore?
- ❑ Anatomia
 - I principali componenti di un calcolatore
- ❑ Fisiologia ovvero l'architettura
 - il calcolatore come sistema strutturato
 - la macchina di von Neumann
- ❑ Approfondimenti: breve storia del calcolo automatico

Che cos' è un calcolatore?

- ❑ Un **calcolatore** è una macchina programmabile, ovvero in grado di eseguire programmi
- ❑ Questa definizione descrive, in parte, il punto di vista degli utenti dei calcolatori
 - l'utente di un calcolatore interagisce con il calcolatore attraverso uno o più programmi
 - un **programma** (o programma applicativo o **applicazione**) consente di far svolgere al calcolatore una molteplicità di operazioni
 - ciascuna operazione di una applicazione costituisce uno strumento per l'utente dell'applicazione, da utilizzare per perseguire un certo scopo
- ❑ Questi concetti vengono ora illustrati mediante degli esempi

Il gioco Sudoku

- Un esempio di applicazione — il gioco Sudoku



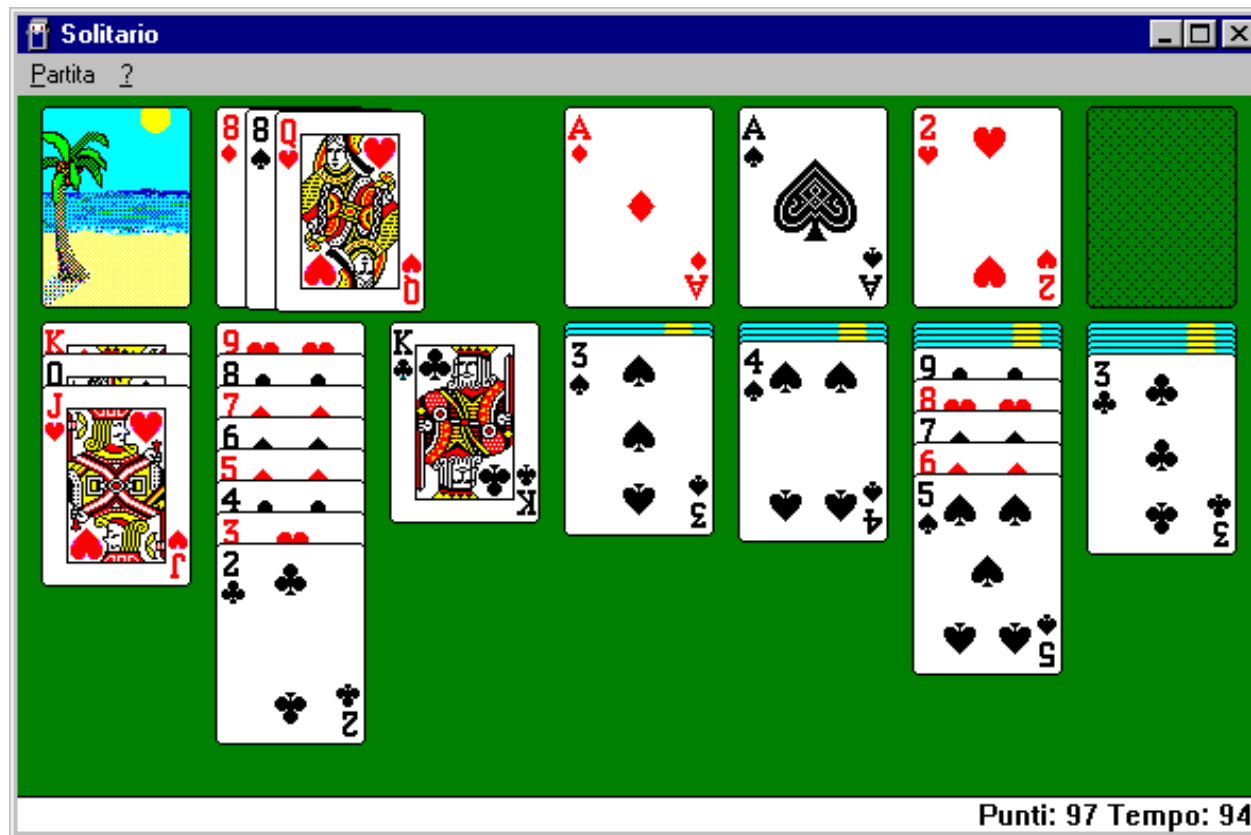
- lo scopo del gioco Sudoku consiste nel riempire la griglia in modo che ogni riga, ogni colonna ed ogni riquadro 3×3 contengano una sola volta le cifre da 1 a 9.

Dati e operazioni nelle applicazioni

- ❑ In una applicazione è possibile identificare
 - **dati** gestiti dall'applicazione
 - i dati sono informazioni elementari (che possono anche descrivere realtà fisiche) opportunamente rappresentate
 - La gestione dei dati ne comprende l'acquisizione, la memorizzazione, la manipolazione e la visualizzazione
 - **operazioni** che possono essere eseguite per manipolare le informazioni, trasformandole e generandone di nuove
- ❑ Nel caso del Sudoku
 - i **dati** (le informazioni opportunamente rappresentate) sono
 - Le cifre da 1 a 9, le righe e le colonne e i riquadri 3x3
 - le **operazioni** permesse sono
 - Inserire una cifra
 - Eliminare una cifra

Il gioco Solitario

□ Un esempio di applicazione — il gioco **Solitario**



lo scopo del gioco Solitario consiste nel disporre tutte le carte del mazzo in quattro pile di carte suddivise in base al seme, in ordine crescente dall'asso fino al re

Applicazioni per calcolatori

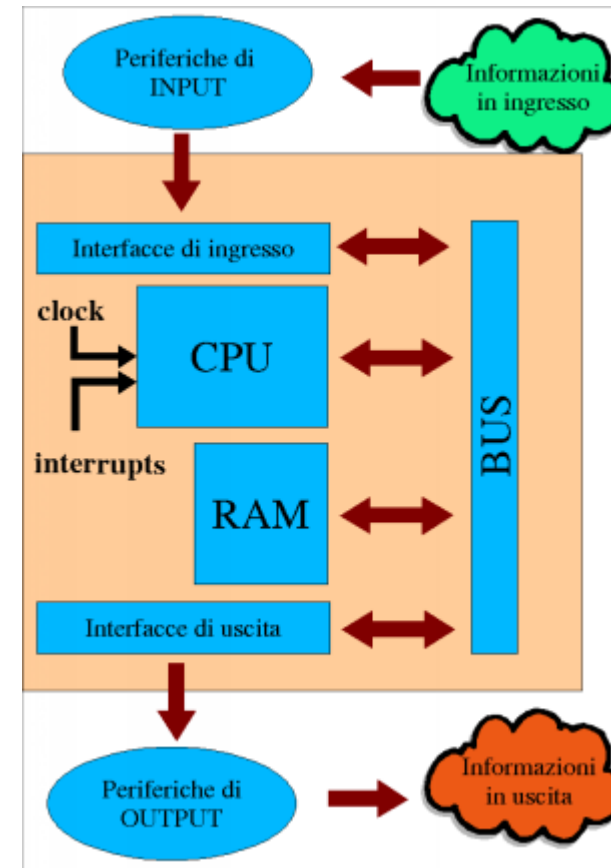
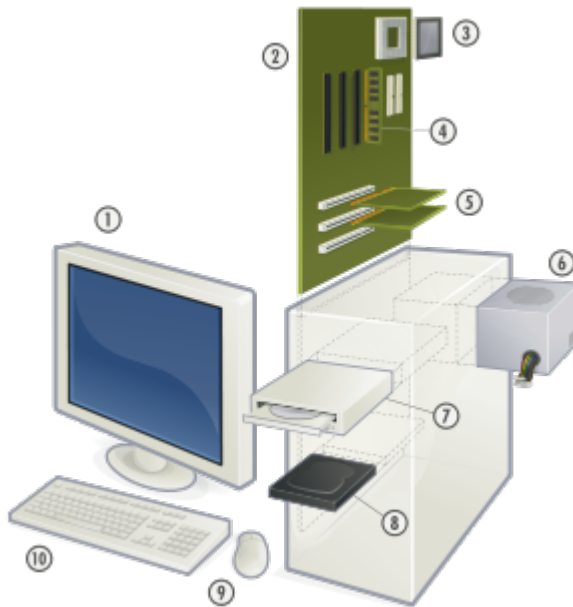
□ Esistono moltissime tipologie di applicazioni

- dai giochi alla gestione della telefonia
- dalla gestione di immagini e documenti alla possibilità di comunicare con altre persone e calcolatori
- dalla gestione alla simulazione di sistemi complessi
 - ad esempio, la simulazione di un aereo in volo oppure del volo virtuale di un nuovo modello di aereo
- dal supporto alle attività individuali alla gestione dei sistemi informativi di grandi organizzazioni

Applicazioni e risoluzione di problemi

- ❑ La possibilità di poter eseguire su un medesimo calcolatore applicazioni diverse rende il calcolatore una macchina che può essere utilizzata da un utente per la risoluzione di problemi anche molto diversi tra loro
 - un utente può risolvere un problema usando una applicazione e un calcolatore se è in grado di fornire all'applicazione-calcolatore le istruzioni dettagliate di come il problema possa essere risolto
- ❑ Dal punto di vista dell'utente, con riferimento all'esecuzione di una applicazione
 - le istruzioni che è possibile richiedere al calcolatore di eseguire sono quelle corrispondenti alle richieste di esecuzione delle operazioni fornite dall'applicazione
 - ciascuna applicazione può essere caratterizzata dall'insieme delle operazioni che fornisce (e dalle regole per usarle)

Anatomia



Architettura del calcolatore

❑ Un calcolatore è un sistema

- un **sistema** è un oggetto costituito da molte parti (componenti) che interagiscono, cooperando, al fine di ottenere un certo comportamento

❑ Studiare l'**architettura** di un sistema vuol dire

- individuare ciascun **componente** del sistema
- comprendere i principi generali di **funzionamento** di ciascun componente
- comprendere come i vari componenti **interagiscono** tra di loro

❑ La decomposizione di un sistema in componenti può essere gerarchica

- ogni componente può essere solitamente considerato a sua volta un sistema, di cui può essere studiata l'architettura
 - quindi, la decomposizione di un sistema in componenti può avvenire a diversi livelli di granularità

Hardware e software del calcolatore

- ❑ Il calcolatore può essere descritto come sistema strutturato
- ❑ la prima decomposizione di un calcolatore è relativa ai seguenti macro-componenti
 - **hardware**
 - la struttura fisica del calcolatore, costituita da componenti elettroniche ed elettromeccaniche
 - **software**
 - l'insieme dei programmi che consentono all'hardware di svolgere dei compiti utili
 - il software comprende il **software di base** (tra cui il sistema operativo) e il **software applicativo** (applicazioni a disposizione dell'utente)

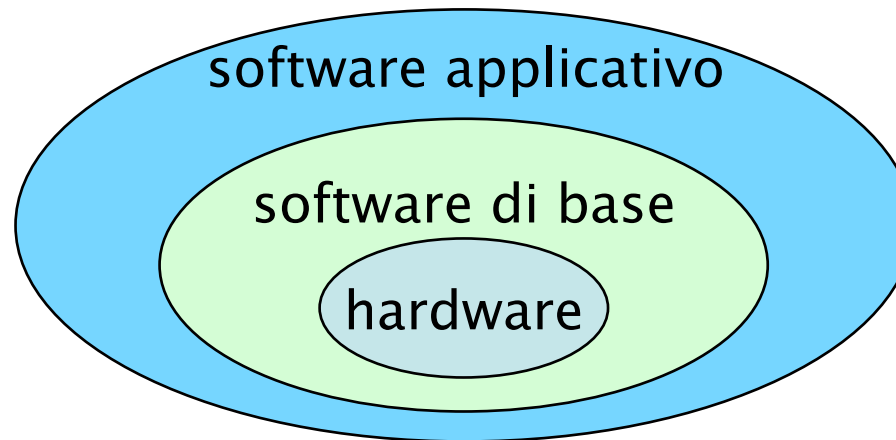
Software e macchine virtuali

- Il software ha le seguenti finalità
 - il **software di base** ha lo scopo di mostrare il calcolatore all'utente come una macchina virtuale più semplice da usare e programmare rispetto all'hardware che viene effettivamente utilizzato
 - per **macchina virtuale** si intende una macchina che fisicamente **non esiste nella realtà**, ma di cui **si può avere la sensazione dell'esistenza**
 - il **software applicativo** mostra il calcolatore all'utente come una macchina virtuale che può essere utilizzata per la risoluzione di problemi
 - il software applicativo viene realizzato in termini della macchina virtuale mostrata dal software di base, e solo raramente dipende direttamente dall'hardware utilizzato

Il software rende l'hardware una macchina virtuale più semplice da utilizzare

Organizzazione a livelli

- ❑ Hardware e software sono organizzati a **livelli** (o **strati**)



- ciascun livello corrisponde a una macchina dotata di un proprio insieme di funzionalità
 - ogni macchina è caratterizzata da un proprio linguaggio, formato dalle istruzioni che quella macchina sa eseguire
- ciascun livello fornisce un linguaggio più semplice da utilizzare rispetto a quello del livello sottostante
- ciascun livello è realizzato in termini del linguaggio del livello immediatamente sottostante

Macchina di von Neumann

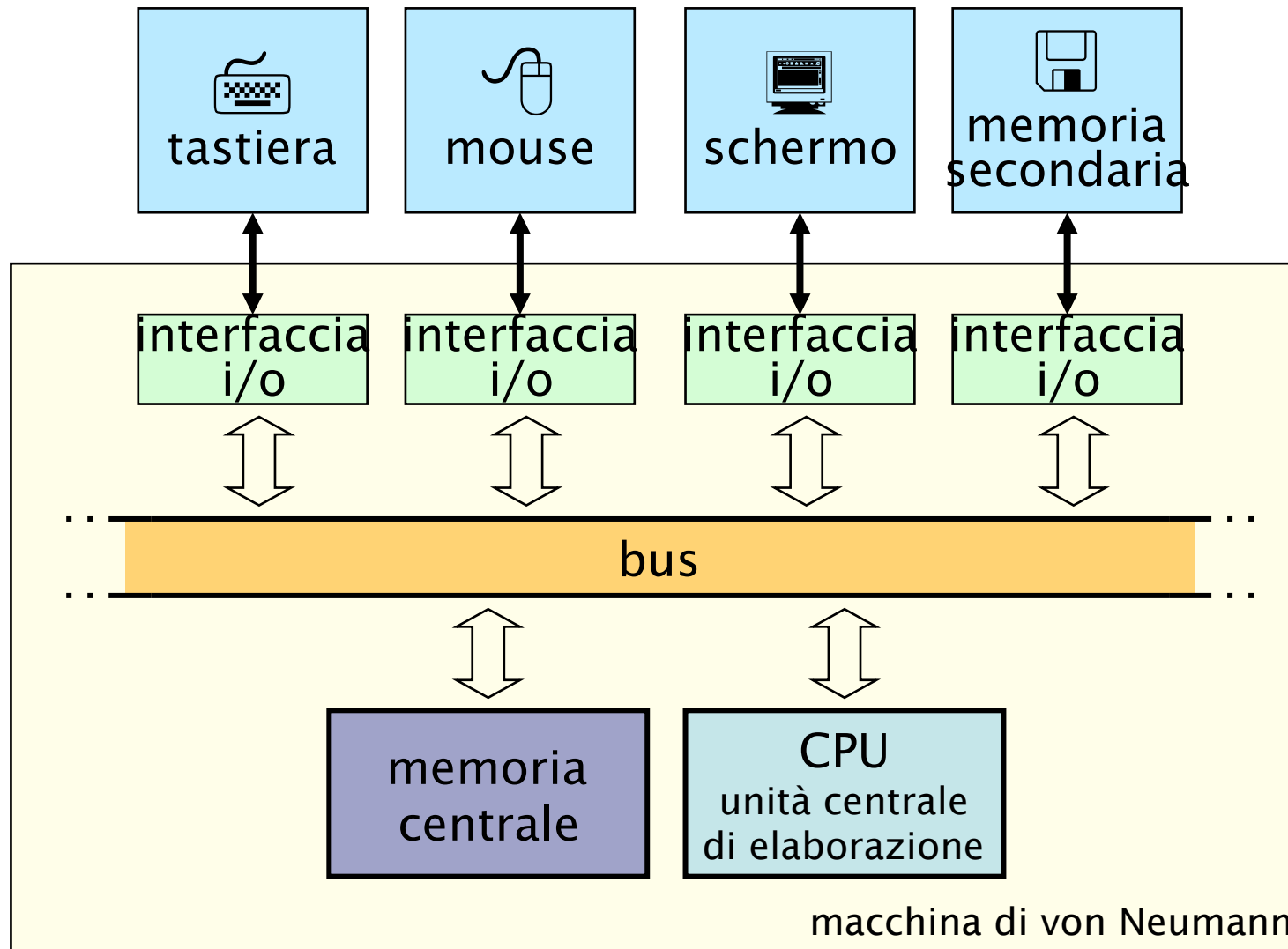
□ L'architettura dell'hardware di un calcolatore reale è molto complessa

- viene introdotta la **macchina di von Neumann**, che è un modello semplificato dei calcolatori moderni e che, come tale **non è una macchina reale**
 - von Neumann è stato il progettista (dal 1945 al 1950) del primo calcolatore in cui i programmi potevano essere memorizzati anziché codificati mediante cavi e interruttori

Elementi della macchina di von Neumann

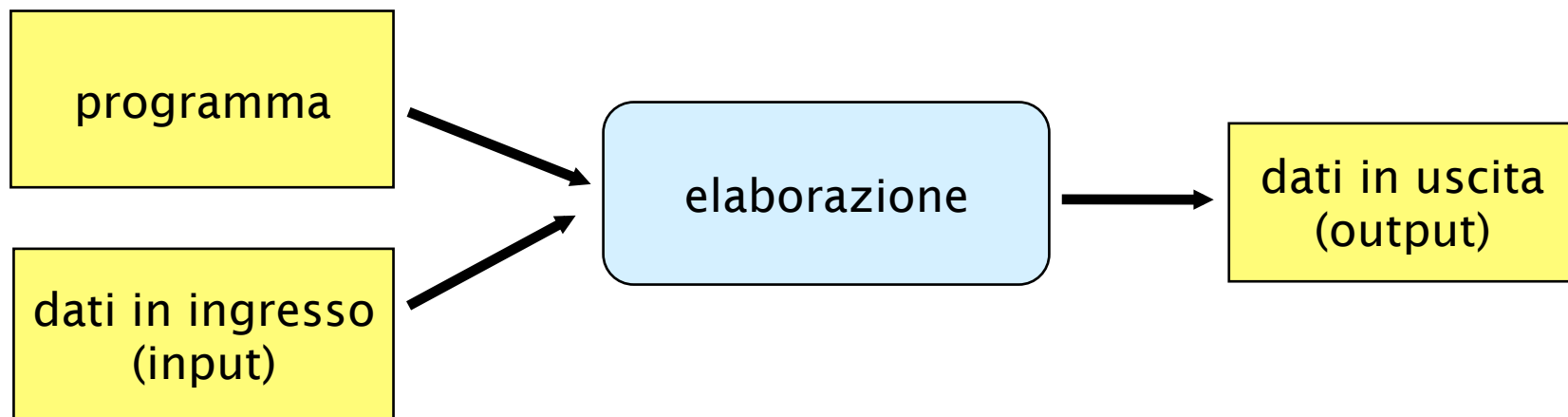
- ❑ La macchina di von Neumann è composta da quattro tipologie di componenti funzionali fondamentali
 - **unità centrale di elaborazione**
 - chiamata anche **processore** o **Central Processor Unit** o **CPU**
 - componente in grado di eseguire istruzioni per l'elaborazione dei dati
 - svolge anche funzioni di controllo (ovvero, di coordinamento) delle altre componenti funzionali
 - **memoria centrale**
 - memorizza e fornisce l'accesso a dati e programmi
 - **interfacce di ingresso e uscita**
 - componenti di collegamento con le periferiche del calcolatore (considerate esterne al calcolatore), che consentono lo scambio di dati tra calcolatore e utente
 - **bus**
 - svolge la funzionalità di trasferimento di dati e di informazioni di controllo tra le varie componenti funzionali

Architettura della macchina di von Neumann



Elaborazione con la macchina di von Neumann

- ❑ Lo scopo fondamentale di un calcolatore è di permettere l'elaborazione di informazioni
 - le **informazioni** sono rappresentate sotto forma di **dati**
 - un **dato** è una **informazione elementare** che viene rappresentata nell'elaboratore sotto forma di **codice binario**
- ❑ Un elaboratore è una macchina che ricevendo **dati in ingresso** e un **programma** di elaborazione, produce **dati in uscita** in modo veloce e senza errori.



Rappresentazione delle informazioni e dati

- ❑ Per elaborare le nostre informazioni è necessario che esse siano opportunamente rappresentate mediante **dati**
- ❑ Un calcolatore dispone almeno dei seguenti tipi di **dato elementare**
 - numeri interi
 - numeri razionali
 - caratteri
 - logici (vero/falso)
- ❑ Per essere manipolate da un calcolatore, le informazioni di interesse devono essere organizzate in termini di questi tipi di dati

Rappresentazione e trattamento dei dati

- ❑ E' importante sottolineare che nel calcolatore tutti i tipi di dato sono rappresentati sotto forma di codice binario
 - vedremo in una successiva lezione come ciò sia possibile
- ❑ I dati, rappresentati in codice binario, possono opportunamente essere sottoposti a trattamento
- ❑ Il trattamento dei dati prevede la loro:
 - acquisizione
 - memorizzazione
 - elaborazione
 - trasferimento

Acquisizione dei dati

- ❑ Un calcolatore può essere collegato a diversi **dispositivi di ingresso e/o uscita** (chiamati **periferiche**)
 - ad esempio, la tastiera, il mouse, lo schermo, le stampanti, il modem
 - anche le memorie di massa (ad esempio, le unità disco e il lettore di CD-ROM) sono considerati periferiche
- ❑ Nel modello di von Neumann, le periferiche non fanno parte del calcolatore
 - ogni periferica viene controllata mediante un' opportuna interfaccia
 - una **interfaccia** ha il compito di tradurre i segnali interni del calcolatore in un formato comprensibile alla periferica stessa, e viceversa

Memorizzazione dei dati

- ❑ Un calcolatore ha la necessità di memorizzare, in modo temporaneo o permanente, i dati per la rappresentazione delle informazioni di interesse
- ❑ La **memoria** è l'unità responsabile della memorizzazione dei dati
 - una unità di memoria è organizzata in celle
 - a ciascuna cella è associato un **indirizzo**, che la identifica
 - ciascuna cella è in grado di memorizzare il **valore** di un dato
- ❑ Una unità di memoria fornisce due operazioni
 - **memorizzazione** di un dato in una cella (**scrittura**)
 - dato il valore da memorizzare e l'indirizzo della cella, modifica lo stato della memoria
 - **accesso** al dato memorizzato in una cella (**lettura**)
 - dato l'indirizzo della cella, restituisce il valore
- ❑ Nella memoria vengono memorizzati anche i programmi
 - viene utilizzata una opportuna codifica delle istruzioni

Elaborazione dei dati

- ❑ Le istruzioni del linguaggio macchina di un calcolatore corrispondono ad operazioni elementari di manipolazione dei dati
 - operazioni aritmetiche
 - somma, prodotto, ...
 - operazioni relazionali
 - confronto tra dati (>, <, >=, <=, ==, <>)
 - operazioni su caratteri
 - operazioni logiche
 - somma logica (OR), prodotto logico (AND),
- ❑ Un calcolatore sa dunque svolgere pochi tipi di operazioni, ma le svolge in modo molto efficiente - ad elevata velocità (un calcolatore può eseguire in 1 secondo circa 10.000-100.000 milioni di istruzioni del linguaggio macchina)
- ❑ L'elaborazione dei dati viene svolta dall' **unità aritmetico-logica** – **ALU** che è un componente dell'unità centrale di elaborazione

Trasferimento dei dati

- ❑ Il **bus** è il componente del calcolatore dedicato al trasferimento dei dati e di informazioni di controllo tra le varie parti componenti del calcolatore
- ❑ il bus è l'insieme dei collegamenti su cui vengono trasferiti i dati e i segnali di controllo in un calcolatore
- ❑ L'idea alla base del bus
 - ci sono due modalità per collegare tutte i componenti di un calcolatore (per permettere lo scambio di dati tra i componenti)
 - collegare ciascun componente con ogni altro componente
 - collegare tutti i componenti a un unico insieme di linee (il bus, appunto)
 - l'uso del bus favorisce la modularità e l'espandibilità del calcolatore

Unità centrale di elaborazione

□ L'unità centrale di elaborazione – CPU (o processore)

- controlla l'esecuzione di un programma (memorizzato in memoria centrale sotto forma di una sequenza di istruzioni del linguaggio macchina) eseguendo **ordinatamente** le istruzioni del programma

□ L'esecuzione di ciascuna istruzione avviene mediante lo svolgimento delle seguenti tre operazioni di base

- **fetch** (lettura)
 - legge dalla memoria la prossima istruzione da eseguire
- **decode** (decodifica)
 - determina il tipo di istruzione che deve essere eseguito
- **execute** (esecuzione)
 - richiede lo svolgimento di tutte le azioni necessarie per l'esecuzione dell'istruzione — ciascuna azione viene richiesta al componente opportuno

Unità centrale di elaborazione

□ La CPU è composta da

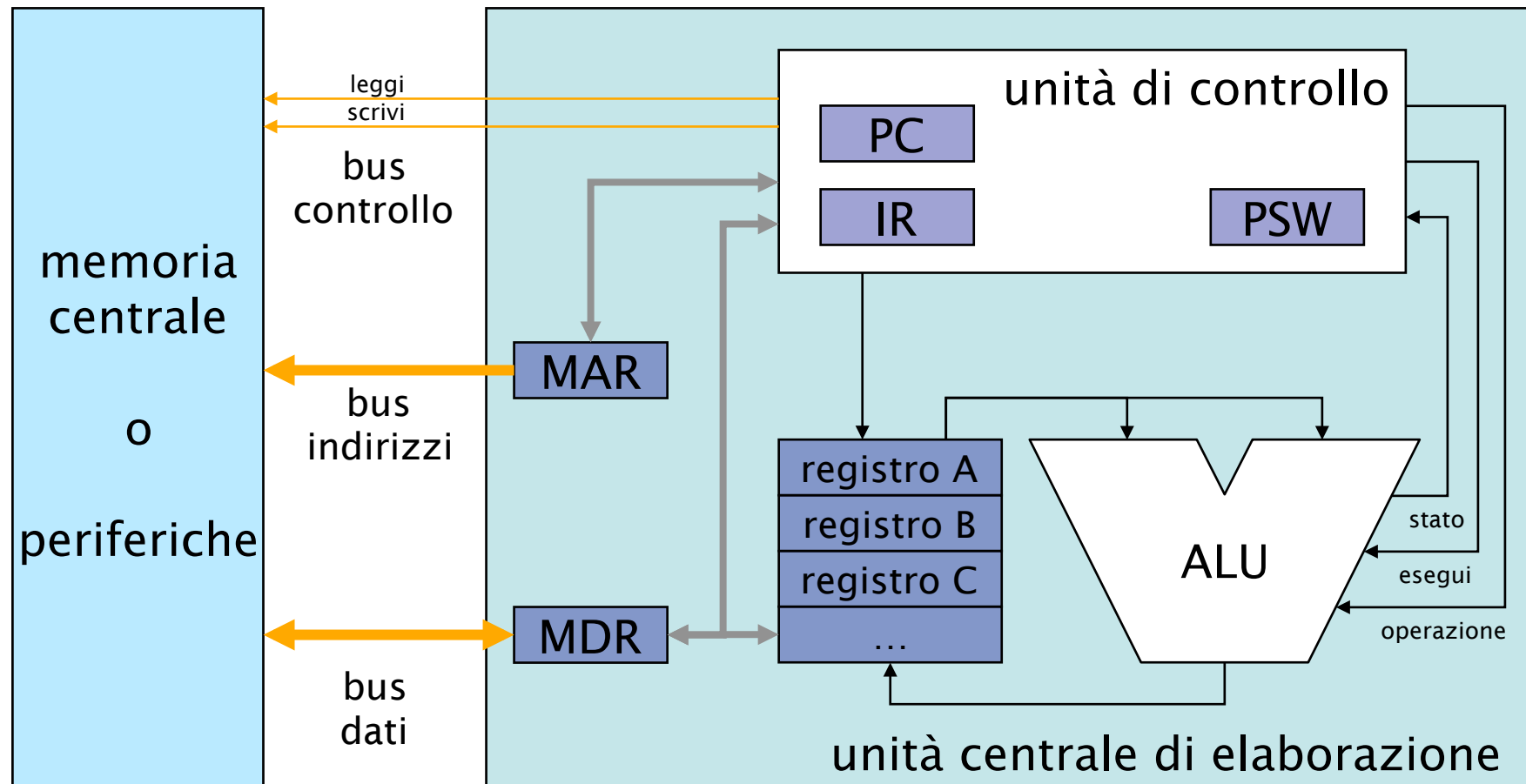
- l'unità di controllo (Control Unit o CU)
 - svolge le azioni di coordinamento tra le varie parti del calcolatore
- l'unità aritmetico-logica (Arithmetic Logic Unit o ALU)
 - è destinata all'esecuzione delle operazioni aritmetiche e logiche

□ Si deve tenere presente che

- ogni componente del calcolatore esegue solo le azioni che gli vengono richieste dall'unità di controllo
- l'attività di controllo svolta dall'unità di controllo avviene in modo sincrono rispetto alla scansione temporale imposta dall'orologio di sistema (**clock**)
- è un coordinamento dell'esecuzione temporale delle funzioni che devono essere svolte sia internamente all'unità di elaborazione che negli altri singoli elementi funzionali

Struttura di una unità centrale di elaborazione

- La struttura semplificata di una unità centrale di elaborazione e dei suoi collegamenti con le altre unità funzionali



Registri

- ❑ L'unità centrale di elaborazione contiene un numero limitato di celle di memoria locali (chiamate **registri**) con scopi specifici
 - **registro contatore delle istruzioni (PC, program counter)**
 - indirizzo della prossima istruzione da eseguire
 - **registro delle istruzioni (IR, instruction register)**
 - l'istruzione che deve essere eseguita (codificata)
 - **registro di indirizzamento della memoria (Memory Address Register o MAR)**
 - indirizzo della cella di memoria che deve essere acceduta o memorizzata
 - **registro dati di memoria (Memory Data Register o MDR)**
 - dato che è stato acceduto o che deve essere memorizzato
 - **parola di stato del processore (PSW)**
 - contiene informazioni, opportunamente codificate, circa l'esito dell'ultima istruzione che è stata appena eseguita
 - altri registri, utilizzati ad esempio per la memorizzazione degli operandi e del risultato di una operazione

Caratteristiche dei microprocessori

□ Le caratteristiche principali di un microprocessore

- repertorio di istruzioni
 - le istruzioni del linguaggio macchina del processore
- velocità (misurata come frequenza del clock)
 - la frequenza del clock misura la durata del ciclo macchina, che è l'unità di tempo all'interno del processore
 - va osservato che l'esecuzione di ciascuna istruzione richiede solitamente più cicli macchina
- ampiezza del bus
 - numero di bit nel bus interno del processore
- co-processore
 - i moderni processori sono integrati da co-processori specializzati (ad esempio, il co-processore matematico)
- cache
 - una memoria veloce locale al processore, che consente un'accelerazione nell'esecuzione dei programmi

Memoria centrale

- ❑ La memoria è la componente del calcolatore in cui vengono immagazzinati e da cui vengono acceduti i dati e i programmi

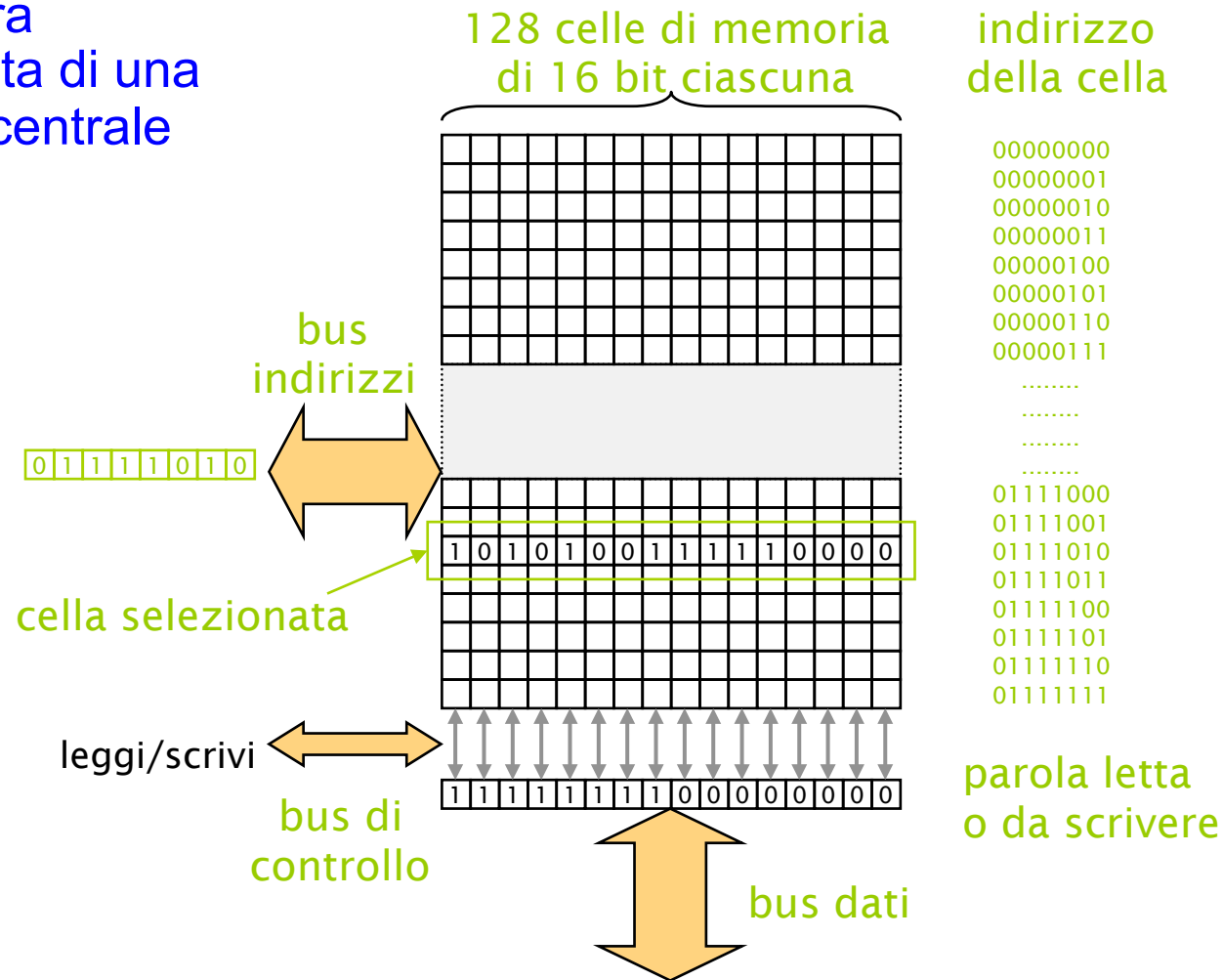
- la **memoria centrale** (o **principale**) è la memoria che può essere acceduta direttamente dal processore

- ❑ Una memoria

- si compone di **celle** (o **locazioni**)
- ogni cella di memoria è in grado di memorizzare una **parola** di memoria (ovvero, un sequenza di bit di lunghezza fissata)
- ogni cella è caratterizzata da
 - un **indirizzo**, che è un numero che identifica la cella e ne consente l'accesso
 - un **valore**, che è la sequenza di bit memorizzata dalla cella
- fornisce le operazioni di lettura e scrittura

Struttura di una memoria centrale

- La struttura semplificata di una memoria centrale



Caratteristiche delle memorie centrali

□ Le caratteristiche principali di una memoria centrale

- la capacità
 - il numero di bit che possono essere memorizzati, misurati in byte (e multipli del byte)
 - 1Kbyte indica 2^{10} byte = 1024 byte
 - 1Mbyte indica 2^{20} byte = 1024 Kbyte = 1 048 576 byte
 - 1Gbyte indica 2^{30} byte = 1024 Mbyte = 1 073 741 824 byte
- la velocità di accesso
 - misura la velocità di esecuzione delle operazioni di lettura/scrittura
- la volatilità
 - le memorie **RAM** (Random Access Memory) possono essere sia lette che scritte, ma i dati memorizzati vengono persi allo spegnimento del calcolatore
 - le memorie **ROM** (Read Only Memory) possono essere solo lette, in cui i dati sono memorizzati in modo permanente

Memorie secondarie

- Una memoria secondaria ha le seguenti caratteristiche fondamentali, che la differenziano dalla memoria centrale
 - non volatilità
 - i dati memorizzati non vengono persi allo spegnimento del calcolatore (perché memorizzati in forma magnetica o ottica e non elettronica)
 - grande capacità
 - una unità di memoria secondaria ha capacità maggiore (anche di diversi ordini di grandezza) rispetto alla memoria centrale
 - bassi costi
 - il costo per bit di una memoria secondaria è minore (di diversi ordini di grandezza) rispetto alla memoria centrale

Memorie secondarie . . .

□ Altre caratteristiche delle memorie secondarie rispetto alle memorie centrali

- minore velocità di accesso
 - i tempi di accesso a una memoria secondaria sono maggiori (di qualche ordine di grandezza) rispetto alla memoria principale
- i dati di una memoria secondaria per essere acceduti dal processore devono comunque transitare nella memoria centrale

□ In pratica

- la memoria secondaria memorizza tutti i programmi e di dati del calcolatore
- la memoria centrale memorizza i programmi in esecuzione e i dati necessari per la loro esecuzione

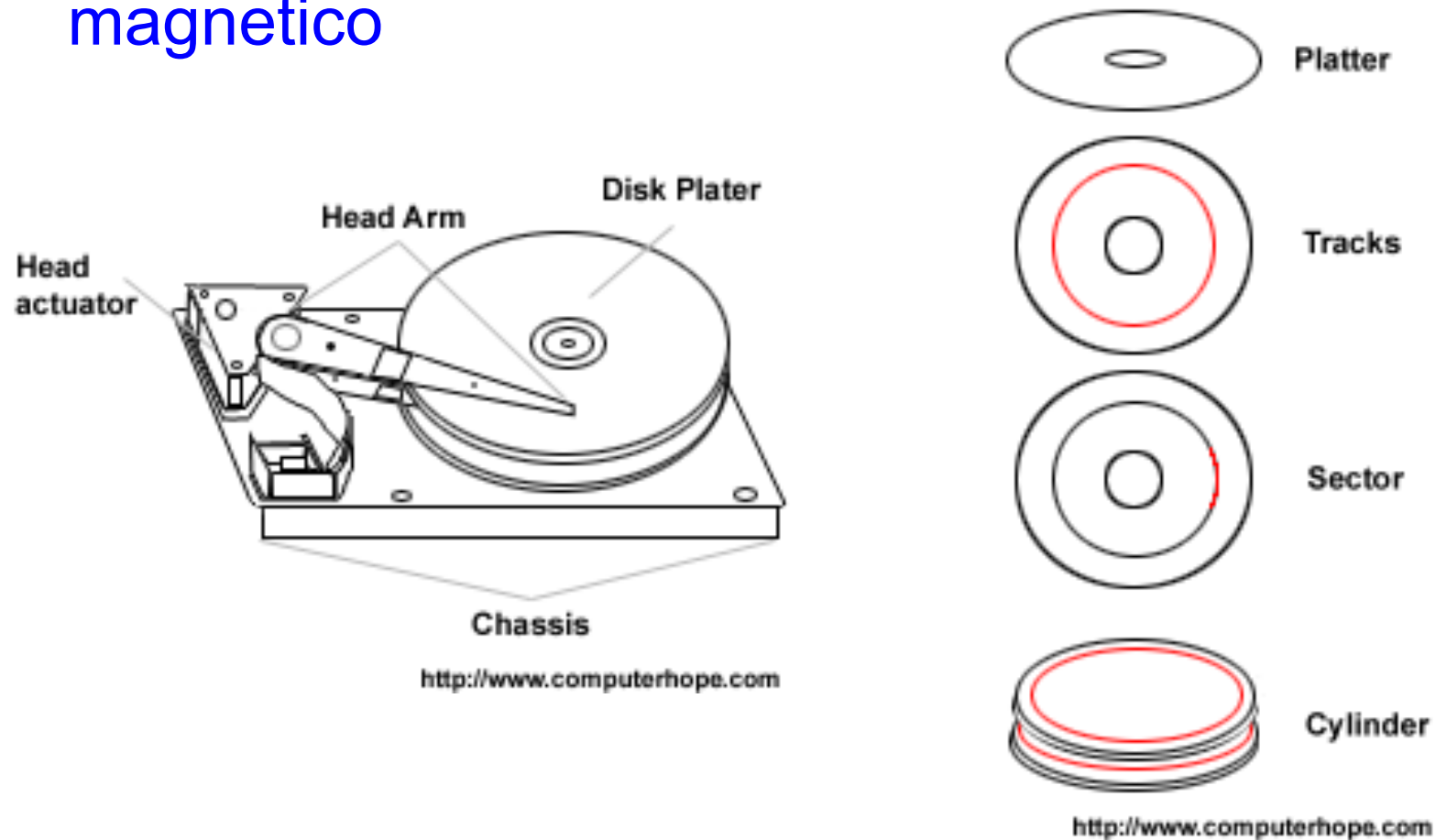
Dischi magnetici

- ❑ Un disco magnetico (disco fisso) è composto da uno o più piatti di alluminio rotanti ricoperti di materiale magnetico e da testine
 - una testina permette la scrittura e lettura di bit su un disco, memorizzati sotto forma di stati di polarizzazione (positiva e negativa)

- ❑ In un disco magnetico
 - ciascun piatto è composto da due superfici (facce)
 - ciascuna faccia è suddivisa in tracce (circolari) e settori (a spicchio)
 - un cilindro è l'insieme delle tracce in una data posizione radiale
 - i settori sono le unità logiche di memorizzazione
 - la capacità di un settore è tipicamente di 512 byte
 - l'indirizzo di un settore è dato dalle seguenti informazioni
 - cilindro, superficie, settore

Dischi magnetici

- ❑ Esempio di organizzazione fisica di un disco magnetico



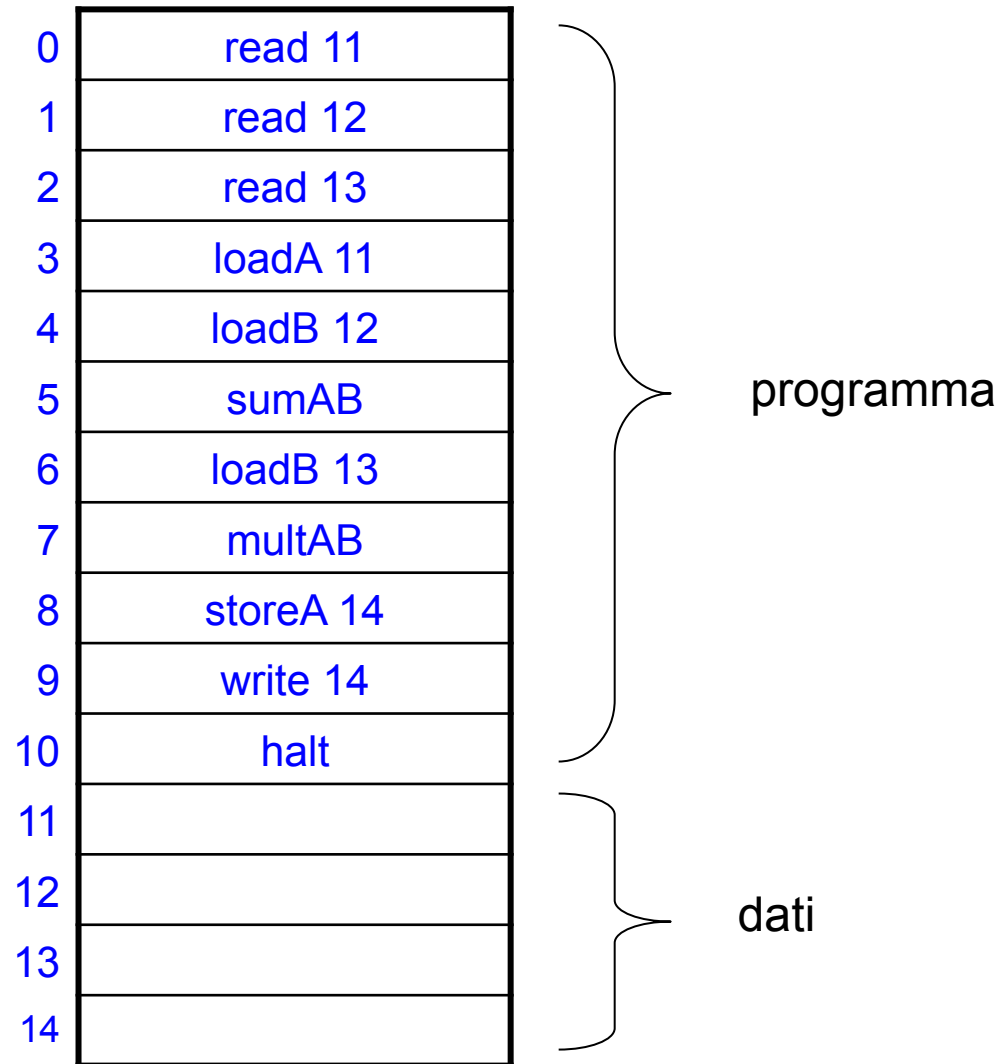
Esempio di computazione con la macchina di von Neumann

- ❑ Vediamo ora un esempio di computazione con la macchina di von Neumann
- ❑ Supponiamo di voler eseguire il calcolo $(a + b) \times c$
- ❑ L'input (a, b e c) viene fornito da una periferica di I/O
- ❑ Il risultato della computazione viene inviato alla stessa periferica di I/O
- ❑ In memoria centrale è caricato un programma che
 - legge tre dati, a, b e c dalla periferica di I/O
 - esegue il calcolo $(a + b) \times c$
 - scrive il risultato sulla periferica I/O

Esempio di set di istruzioni

- ❑ **read x**
 - legge il dato dal registro della periferica di I/O e lo copia nella cella di memoria di indirizzo x
- ❑ **write x**
 - scrive nel registro della periferica di I/O il dato contenuto nella cella di memoria di indirizzo x
- ❑ **loadA x**
 - copia nel registro A il contenuto della cella di memoria di indirizzo X
- ❑ **loadB x**
 - copia nel registro B il contenuto della cella di memoria di indirizzo X
- ❑ **sumAB**
 - esegue la somma dei dati nei registri A e B, e copia il risultato in A
- ❑ **multAB**
 - esegue il prodotto dei dati nei registri A e B, e copia il risultato in A
- ❑ **storeA x**
 - copia il contenuto del registro A nella cella di memoria di indirizzo x
- ❑ **halt**
 - termina l'esecuzione
- ❑ ...

Il programma in memoria centrale



Riepilogo della dispensa

- ❑ Cos'è un calcolatore
- ❑ Dati, applicazioni, risoluzione di problemi
- ❑ Hardware e software
- ❑ Macchina di von Neumann
- ❑ Rappresentazione e trattamento delle informazioni
- ❑ Acquisizione, memorizzazione e trattamento dei dati
- ❑ Componenti principali della macchina di von Neumann

Cos'è un calcolatore

- ❑ Un calcolatore è una macchina programmabile con cui l'utente interagisce per risolvere diverse operazioni e problemi
- ❑ L'interazione avviene attraverso un programma (applicazione) dedicato allo scopo
- ❑ Esempi
 - Giochi
 - Calcoli complessi
 - Comunicazione con altri calcolatori
 - Gestione di sistemi informativi di grandi dimensioni

Hardware e software

- ❑ L'hardware e' tutta la parte di struttura fisica del calcolatore: componenti elettroniche ed elettromeccaniche
- ❑ Il software e' l'insieme dei programmi che vengono attuati tramite la struttura fisica del calcolatore
 - Software di base: software essenziale per il funzionamento del calcolatore
 - Software applicativo: insieme delle applicazioni a disposizione dell'utente

Dati, applicazioni, risoluzione di problemi

- ❑ I dati sono le informazioni che servono per eseguire le operazioni
- ❑ Le applicazioni sono programmi costituiti da istruzioni dettagliate che indicano come possa essere risolto un dato problema

Macchina di von Neumann

- ❑ Un modello di macchina semplificato in cui vengono evidenziate tutte le parti principali alla base degli attuali calcolatori
- ❑ 4 componenti principali:
 - Unita' centrale di elaborazione
 - Memoria centrale
- ❑ Interfacce Ingresso/Uscita (Input/Output)
- ❑ bus

Rappresentazione e trattamento delle informazioni

- ❑ le informazioni con cui vogliamo lavorare vengono rappresentate al calcolatore tramite dati
- ❑ I dati sono principalmente numerici
- ❑ Ogni tipo di informazione viene rappresentata da dati numerici
- ❑ I dati numerici sono rappresentati tutti, alla fine, in codice binario

Acquisizione, memorizzazione e trattamento dei dati

- ❑ I dati, rappresentati in codice binario, devono essere elaborati devono essere cioè:
 - Acquisiti
 - Memorizzati
 - Elaborati
 - Trasferiti
- ❑ L'acquisizione e il trasferimento dei dati avviene tramite unità periferiche (video, tastiera, stampante)
- ❑ I dati acquisiti vengono memorizzati e poi
- ❑ elaborati

Componenti principali della macchina di von Neumann

- ❑ Bus
- ❑ Unita' centrale di elaborazione
Central Process Unit (CPU)
- ❑ Memoria centrale
Random Access Memory (RAM)
- ❑ Memorie secondarie (ROM, PRAM)

- ❑ ***Viene poi spiegata la fase di acquisizione dei dati e la relativa elaborazione, specificando il ruolo che hanno in questo processo, le componenti della macchina di von Neumann***

Conoscenze acquisite

- ☐ Uso calcolatore
- ☐ Architettura calcolatore
- ☐ Hardware
- ☐ Software
- ☐ Macchina di Von Neumann
- ☐ Interpretazione ed esecuzione delle istruzioni elementari

Parole chiave

- ❑ Hardware , software di base, software applicativo
- ❑ Unita' centrale di elaborazione (CPU), ALU, microprocessore
- ❑ Memoria centrale, memoria ROM
- ❑ Interfacce, input, output, periferiche
- ❑ Bus, disco rigido
- ❑ Registri
- ❑ Dato, informazione, programma
- ❑ Codice binario
- ❑ Istruzioni (elementari)

Competenze acquisite

- ❑ Saper individuare i diversi componenti di un calcolatore
- ❑ Saper distinguere la fase di acquisizione dalla fase di interpretazione dei dati
- ❑ Saper distinguere l'hardware dal software
- ❑ Saper distinguere un pc da un mainframe
- ❑ Avere l'idea che ogni calcolatore è costituito dallo stesso tipo di componenti

Riferimenti al libro di testo

- Per lo studio di questi argomenti si fa riferimento al libro di testo, e in particolare al capitolo 1 sull'architettura dei calcolatori:

- 1.1 Calcolatori e applicazioni
 - 1.1.1 Alcuni esempi di applicazioni
 - 1.1.2 Applicazioni e interfacce
- 1.2 Architettura dei calcolatori
 - 1.2.1 Hardware e software
 - 1.2.2 Macchina di von Neumann
- 1.3 Tecnologia dei calcolatori
 - 1.3.1 Codifica dei dati
 - 1.3.2 Microprocessore
 - 1.3.3 Memoria centrale
 - 1.3.4 Memorie secondarie