

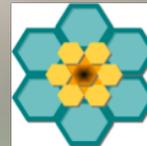
Corso di Laurea triennale in Ingegneria Chimica
in condivisione con
Corso di Laurea triennale in
Ingegneria Navale e Scienze dei Materiali

Elementi di Informatica

A.A. 2016/17

prof. Mario Barbareschi

I Sistemi di Elaborazione delle Informazioni



Informatica ed informazione

- L'Informatica (sincrasi di "Informazione Automatica") è la scienza **della gestione e della elaborazione (automatica) delle informazioni**.
- **L'informazione** è legata al concetto di **scelta**: le informazioni permettono di **prendere decisioni**, *identificando uno fra più elementi di un determinato insieme*.
- Le informazioni sono caratterizzate dalla tripla **{tipo, valore, attributo}**:
 - Tipo: definisce l'insieme di valori che può assumere l'informazione.
 - Valore: è il valore che essa possiede.
 - Attributo: è la **connotazione semantica** al valore che dà senso all'informazione.

Informazione: esempio

- Il **semaforo** (da sema “segnale” e –foro “portatore”) è un **veicolo di trasmissione di una informazione**.
- I semafori ottici (*traffic lights*) veicolano una informazione in base alle lampade accese e alla loro tempificazione.
 - **Tipo**: {“Rosso fisso”, “Giallo fisso”, “Verde fisso”, “Giallo lampeggiante”, “Spento”}.
 - **Valore**: “Rosso fisso”.
 - **Attributo**: “Semaforo di ingresso in galleria”.
- **Informazione veicolata**:
“Arrestare il mezzo di locomozione e non procedere al transito in galleria”.



Elaborazione delle informazioni

- Il concetto di **informazione** è fondamentale, e le trasformazioni delle informazioni sono il mezzo con il quale l'informatica produce **nuova informazione**.
- Il concetto di **elaborazione** è quello di **trasformazione di dati**.
 - I **dati** sono una **forma di rappresentazione** delle informazioni
 - L'**elaborazione** è una trasformazione:

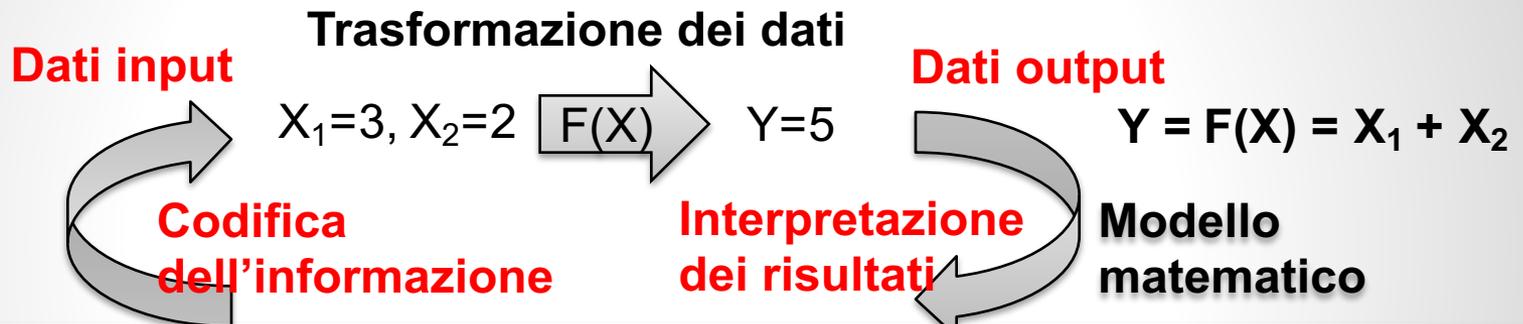
$$Y = F(X)$$

Dove:

- X è l'insieme dei *dati iniziali* (o di ingresso)
- Y è l'insieme dei *dati finali* (o di uscita)
- F è la regola che fa corrispondere Y a X.

Il processo di elaborazione

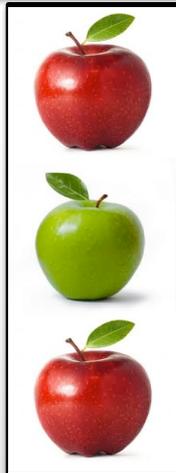
- Un calcolatore **gestisce e trasforma informazioni**, operando su loro rappresentazioni, chiamate **dati**.
- Es.: problema della somma di mele contenute in differenti ceste.



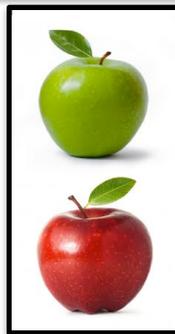
Astrazione:

trascuriamo
colore e forma

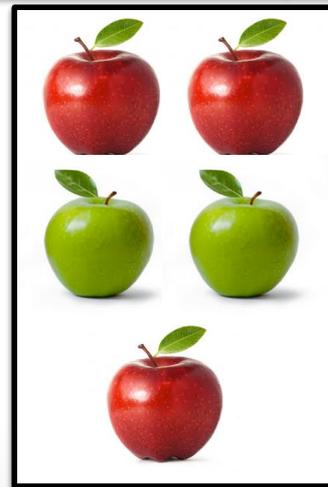
**Informazione in
ingresso:**
mele in 1° cesta



+



=



Realtà

**Informazione prodotta
in uscita:**
mele in 1° e 2° cesta

Il processo di elaborazione: l'algoritmo

- Per effettuare elaborazioni è necessaria una sequenza di *azioni elaborative* che devono essere applicate sui dati, producendo dati intermedi e finali (risultati).
- L'algoritmo è una **sequenza (1) finita (2) di azioni elaborative (3) che risolve automaticamente un problema (4)**.
 1. Il concetto di sequenzialità di passi è fondamentale per la produzione dei dati intermedi e finali.
 2. La sequenza di passi deve essere finita per produrre risultati pratici.
 3. Un'azione elaborativa è una attività che produce una semplice trasformazione dei dati.
 4. L'algoritmo deve essere **deterministico** (produce sempre stessi risultati se rieseguito) e **automatico** (non occorrono interventi dall'esterno).

Algoritmi e programmi

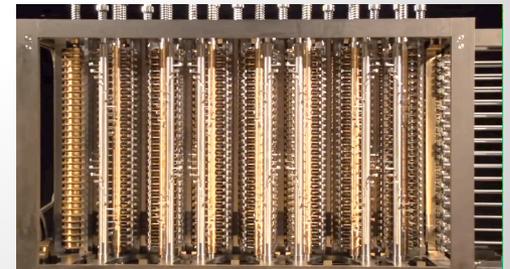
- Gli algoritmi non strettamente si applicano solo ai dati, ma, in generale, ad una più ampia classe di ambienti e problemi:
 - L'algoritmo per individuare il massimo tra tre numeri.
 - L'algoritmo per calcolo della radice quadrata.
 - L'algoritmo per ordinare le carte in mano durante una partita a poker.
 - L'algoritmo per preparare una torta alla frutta.
- **Gli algoritmi applicati ai dati producono le trasformazioni $Y=F(X)$, ovvero generano nuova informazione!**
- Nei sistemi di calcolo un **programma** è una rappresentazione di un algoritmo. Tale rappresentazione è in una forma “comprensibile” per l'esecutore.
 - Es: se le “ricette culinarie” sono gli algoritmi, allora i “programmi” sono le descrizioni delle ricette nella lingua adeguata ad i cuochi di un Paese.

Il calcolo automatico

- Sul piano teorico **il calcolo (automatico) si ottiene con:**
 - **Dati iniziali**
 - Un insieme di **regole** che costituiscono un **programma**.
 - Un **elaboratore** (automatico) **che esegue il programma** producendo dati intermedi e dati finali, ovvero risultati.
- La definizione di **dati**, **regole**, **programma** ed **elaboratore**, definisce una linea tra ciò che possiamo calcolare, e ciò che non possiamo calcolare.
 - ***Esistono problemi che non possiamo calcolare?***
 - ***Esistono macchine che possono risolvere problemi che un uomo non è capace di calcolare anche avendo infinite risorse?***

Calcolatori antichi

- Data una definizione di **dati** e **regole** e **programma**, è possibile riconoscere **calcolatori** (automatici o meno) sin dall'antichità.
 - **L'abaco** è una macchina che definisce **dati** e **regole** per un elaboratore umano che esegue il **programma** di calcolo.
 - La **macchina di Anticitera** (150-100 a.C.) è un elaboratore meccanico che permetteva di calcolare informazioni sulle entità celesti.
 - La **macchina di Babbage** 1833 è un primo calcolatore numerico automatico che calcolava equazioni differenziali.
- Questi calcolatori rispondevano a **modelli di calcolo** limitati ai problemi per i quali erano stati progettati.



Fonte: <https://youtu.be/be1EM3gQkAY>

Calcolatori moderni: la macchina di Turing

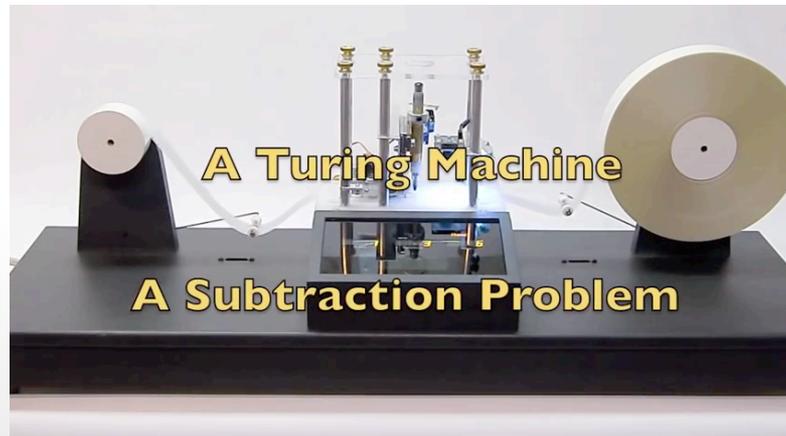
- Il modello di calcolatore moderno nasce con **la macchina di Turing (1936)**. Essa è una **macchina astratta** composta da:
 1. Un nastro infinito, suddiviso in **celle**, nelle quali scrive e leggere simboli (ovvero i **dati**).
 2. Una **testina di lettura-scrittura** posizionata in ogni istante su **una delle caselle del nastro**.
 3. Un **dispositivo di controllo con un insieme finito di stati (programma)** che per ogni coppia (stato, simbolo letto):
 - Cambia stato ed esegue **azioni elaborative (regole)**:
 - » sposta la testina di lettura di una posizione a destra, a sinistra o la lascia ferma;
 - » scrive un simbolo nella casella corrente.
- Una macchina di Turing (**elaboratore**) **risolve un solo problema di calcolo**: il suo **programma** è dato dal particolare **dispositivo di controllo** che usa (**ovvero, programma!!**).

Turing Machine

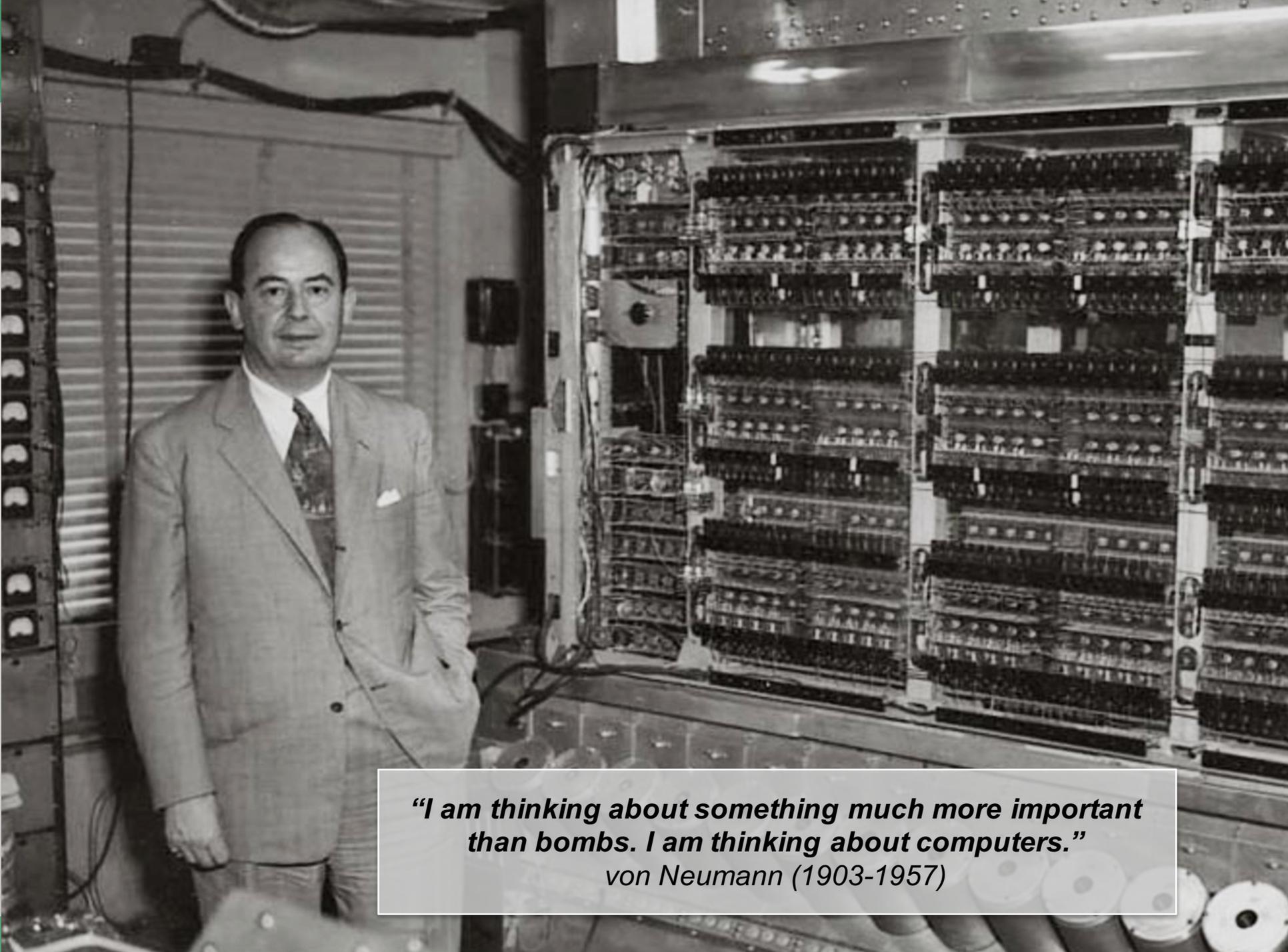
La **macchina di Turing** definisce un modello di calcolatore che **risolve tutti i problemi che può risolvere un uomo** con infiniti fogli e infinito inchiostro.

Tesi di Church: Non esiste un formalismo né una macchina concreta che possa calcolare una funzione non calcolabile secondo Turing.

Ne consegue che tutti i calcolatori (**antichi, attuali e futuri**) eseguono gli stessi calcoli che possono essere eseguiti da una macchina di Turing!



Fonte: <https://youtu.be/aBToqFJLrI4>

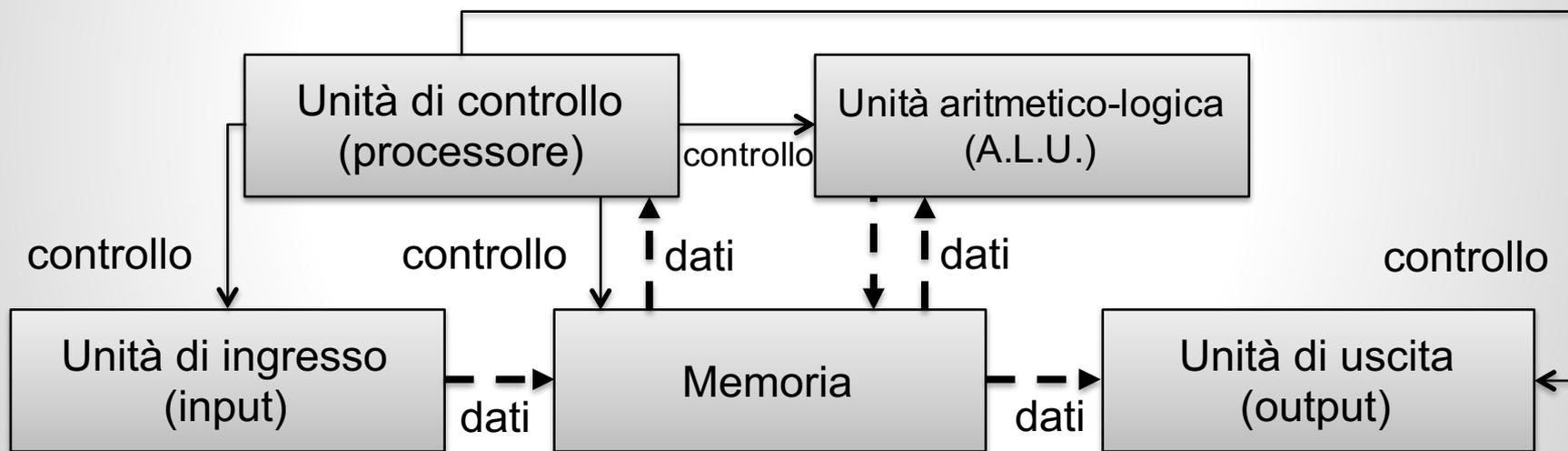


“I am thinking about something much more important than bombs. I am thinking about computers.”

von Neumann (1903-1957)

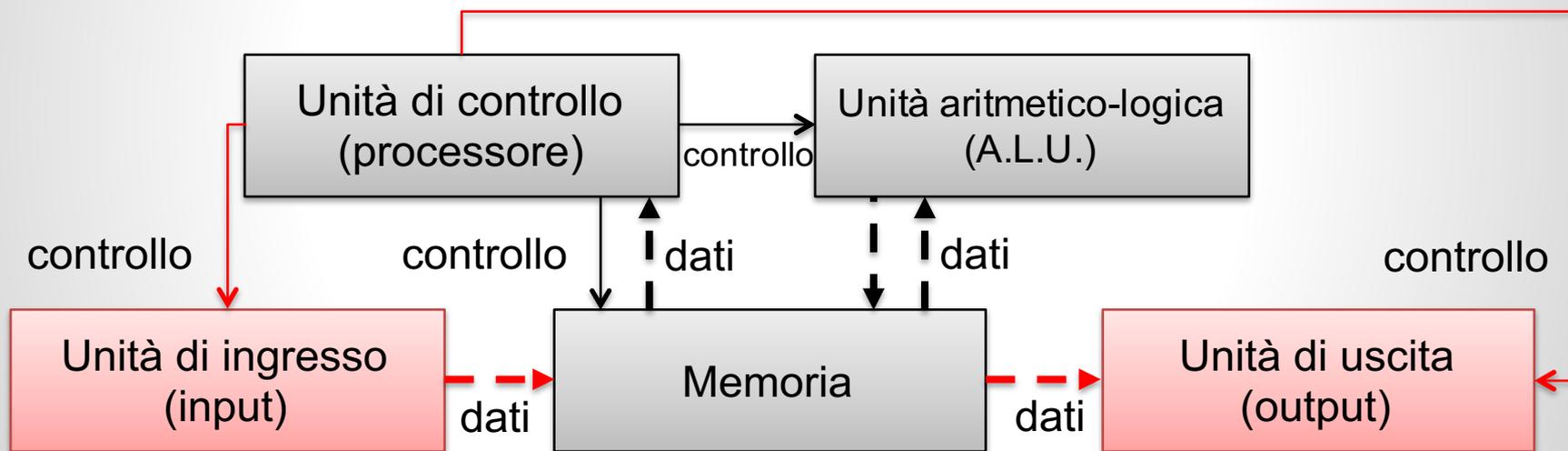
Il modello di von Neumann (1/4)

- Il modello di von Neumann costituisce il modello più prossimo ai moderni calcolatori, ed è stato direttamente usato come modello costruttivo dei primi calcolatori.
- L'elaboratore di von Neumann possiede una **unità di controllo** che **opera secondo le istruzioni prelevate dalla memoria stessa!**



Il modello di von Neumann (2/4)

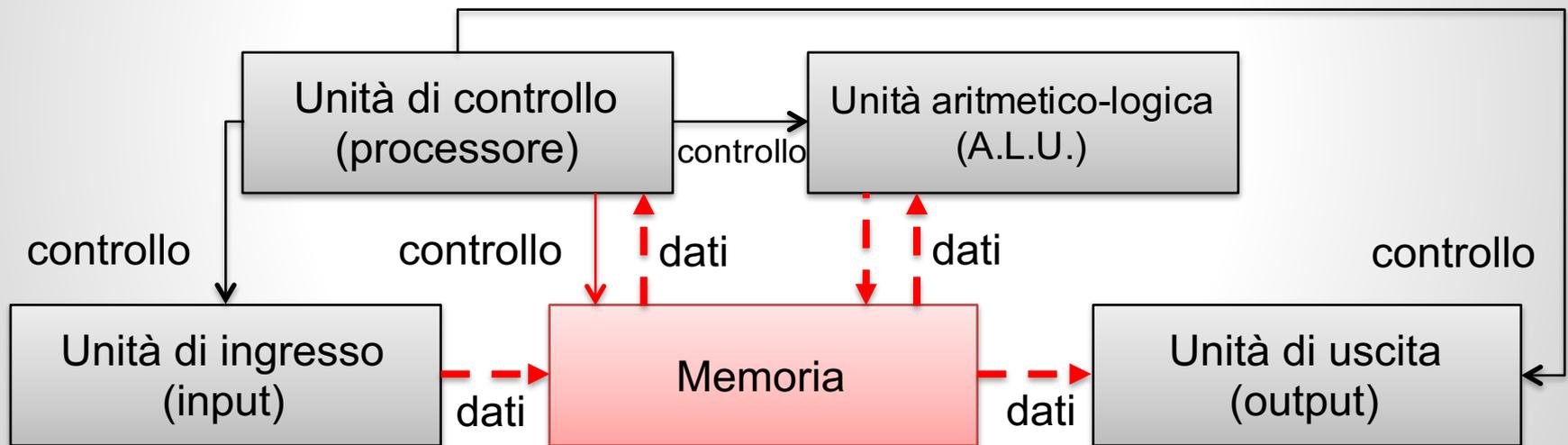
- Il modello di von Neumann costituisce il modello più prossimo ai moderni calcolatori, ed è stato direttamente usato come modello costruttivo dei primi calcolatori.
- L'elaboratore di von Neumann possiede una **unità di controllo** che **opera secondo le istruzioni prelevate dalla memoria stessa!**



- L'unità di ingresso consente l'immissione dei dati nella memoria, durante la fase di "caricamento" ed "esecuzione" del **programma**.
- L'unità di uscita permette la presentazioni dei risultati

Il modello di von Neumann (3/4)

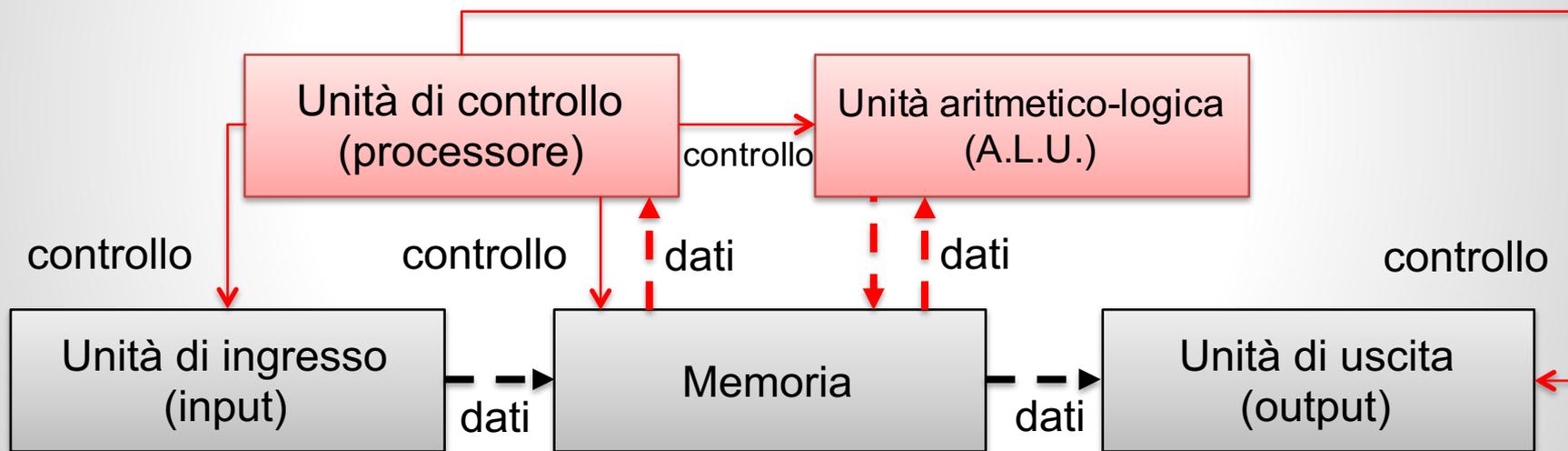
- Il modello di von Neumann costituisce il modello più prossimo ai moderni calcolatori, ed è stato direttamente usato come modello costruttivo dei primi calcolatori.
- L'elaboratore di von Neumann possiede una **unità di controllo** che **opera secondo le istruzioni prelevate dalla memoria stessa!**



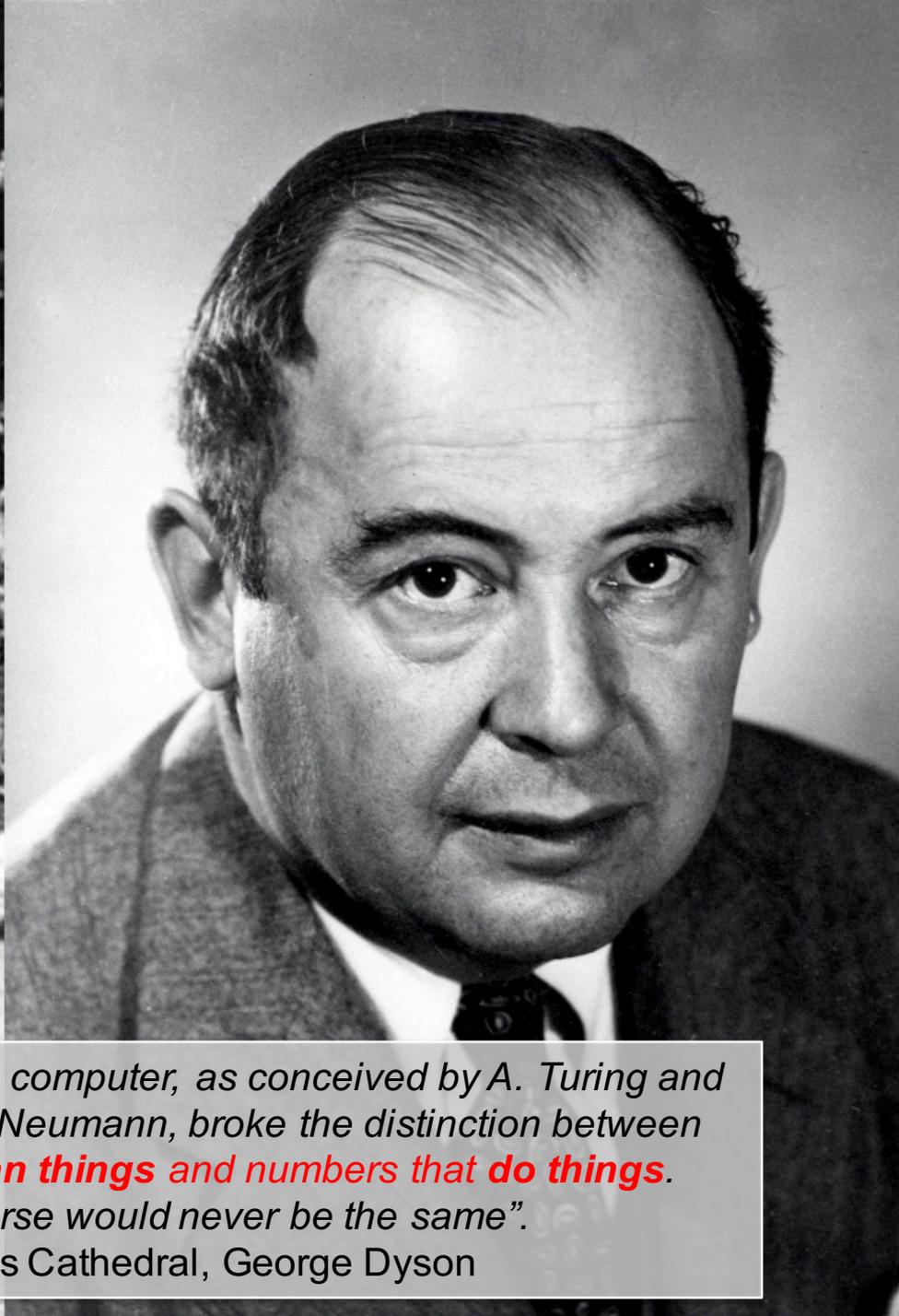
- Nell'unità di memoria vengono memorizzate tutte le informazioni: i dati originari, intermedi e finali (agisce come nel nastro della macchina di Turing), e le istruzioni del programma (che non è preimpostato alla costruzione dell'unità di controllo)!!

Il modello di von Neumann (4/4)

- Il modello di von Neumann costituisce il modello più prossimo ai moderni calcolatori, ed è stato direttamente usato come modello costruttivo dei primi calcolatori.
- L'elaboratore di von Neumann possiede una **unità di controllo** che **opera secondo le istruzioni prelevate dalla memoria stessa!**



- L'unità di controllo **interpreta le istruzioni prelevate dalla memoria** e invia segnali per l'esecuzione delle singole operazioni.
- L'ALU esegue, a richiesta dell'unità di elaborazione, le trasformazioni sui dati.



*“The stored-program computer, as conceived by A. Turing and delivered by J. von Neumann, broke the distinction between **numbers that mean things and numbers that do things.***

Our universe would never be the same”.

Turing’s Cathedral, George Dyson

Il modello di von Neumann: conseguenze

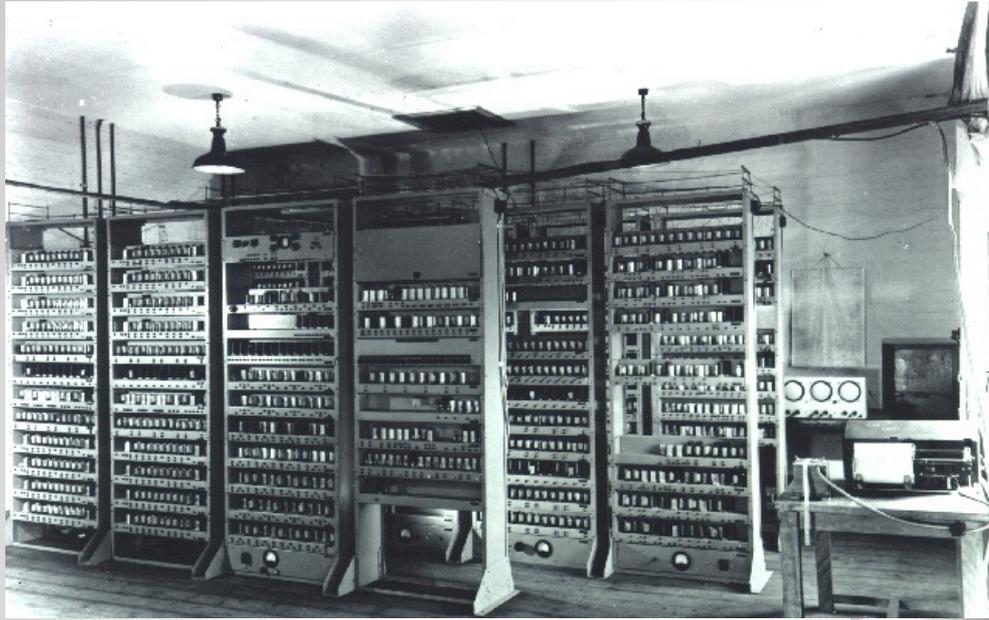
Il modello di von Neumann realizza una “**Universal Turing Machine**”: è una **macchina di Turing che può simulare una qualsiasi altra macchina di Turing!**

- I calcolatori basati sul modello di von Neuman possono risolvere tutti i problemi calcolabili da una qualsiasi macchina di Turing, opportunamente programmati.
- Dalla tesi di Church discende che:

NON esistono calcolatori che possono calcolare “più problemi” di un qualsiasi calcolatore basato su von Neumann!

- Tutti gli avanzamenti tecnologici costituiscono solo miglioramenti in termini di *efficienza* e *prestazioni*, ma **non modificano l’insieme dei problemi che sono calcolabili.**
- È dimostrato tuttavia che **esistono problemi** (es. il problema dell’arresto) **che per loro natura non sono risolvibili da alcuna macchina finora costruita (e forse costruibile)!**

L'evoluzione dei computer

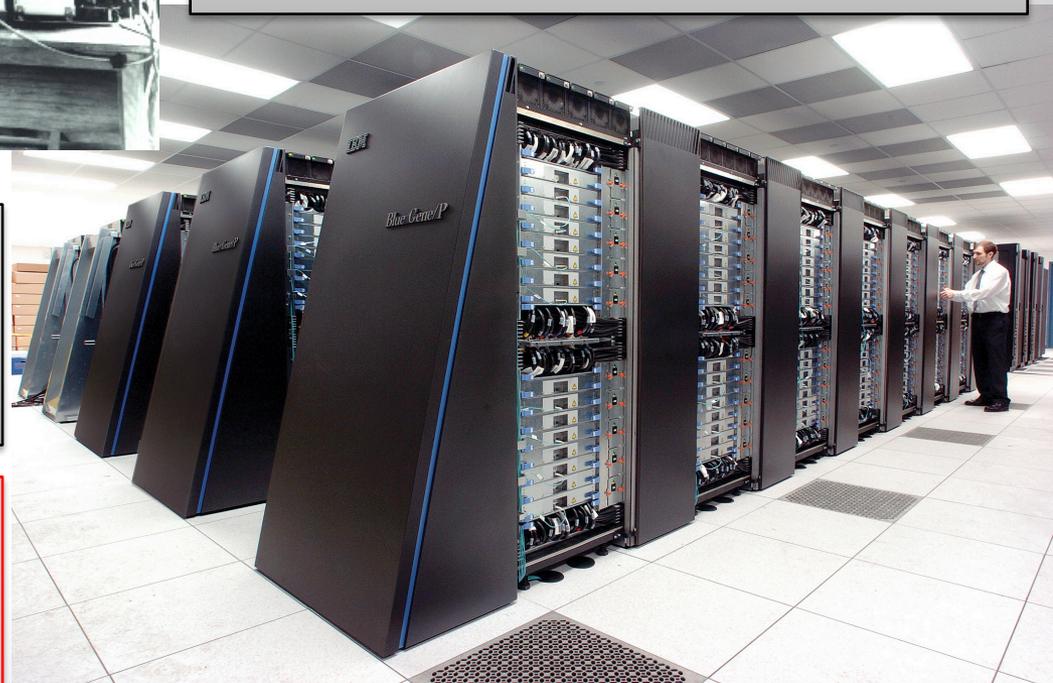


L'elettronica è attualmente la più conveniente tra le tecnologie per realizzare computer.

EDSAC (1949) tra i primi calcolatori elettronici a programma registrabile con < 2KB di memoria

Blue Gene/P moderni supercomputer, con fino a 300k processori e 144 TB di memoria

Teoricamente, i due computer possono risolvere gli stessi problemi di calcolo!



Definizione di elaboratore numerico (1/5)

- Un *calcolatore elettronico* (o *sistema per l'elaborazione delle informazioni*, o *elaboratore*, o *computer*) è un sistema dotato delle seguenti caratteristiche:
 1. è un sistema **numerico (o digitale, cioè a cifre)**;
 2. è un sistema **automatico**;
 3. è un sistema a **programma registrabile**;
 4. ha una struttura **elettronica**.

Definizione di elaboratore numerico (2/5)

- Un *calcolatore elettronico* (o *sistema per l'elaborazione delle informazioni*, o *elaboratore*, o *computer*) è un sistema dotato delle seguenti caratteristiche:
 1. è un sistema **numerico (o digitale, cioè a cifre)**;
 2. è un sistema **automatico**;
 3. è un sistema a **programma registrabile**;
 4. ha una struttura **elettronica**.

- I computer operano su informazioni rappresentate convenzionalmente in organi di memoria detti **registri**.
- Un registro può essere impostato in varie **configurazioni**, ovvero **stati**, che sono associati, mediante **codifica**, alle **informazioni da rappresentare**.
- Lo **stato** è una condizione di funzionamento di un registro (o di una macchina) che prescinde dalla sua “**storia completa**”: es. *ciò che interessa non sono tutti i valori che sono stati memorizzati nel tempo in un registro, ma solo l'ultimo*.

Definizione di elaboratore numerico (3/5)

- Un *calcolatore elettronico* (o *sistema per l'elaborazione delle informazioni*, o *elaboratore*, o *computer*) è un sistema dotato delle seguenti caratteristiche:
 1. è un sistema **numerico (o digitale, cioè a cifre)**;
 2. è un sistema **automatico**;
 3. è un sistema a **programma registrabile**;
 4. ha una struttura **elettronica**.
- È in grado di eseguire un numero finito di operazioni *senza interventi dall'esterno*, evolvendo da uno stato iniziale ad uno finale.

Definizione di elaboratore numerico (4/5)

- Un *calcolatore elettronico* (o *sistema per l'elaborazione delle informazioni*, o *elaboratore*, o *computer*) è un sistema dotato delle seguenti caratteristiche:
 1. è un sistema **numerico (o digitale, cioè a cifre)**;
 2. è un sistema **automatico**;
 3. è un sistema a **programma registrabile**;
 4. ha una struttura **elettronica**.

- Il *programma* è una *sequenza di istruzioni* che definisce un'elaborazione. Esso è memorizzato nella memoria e richiamato quando deve essere eseguite.
- La caratteristica di essere a *programma registrabile* conferisce ampia flessibilità di applicazione ai computer, sono *macchine polifunzionali*.

Calcolatori non a programma registrabile corrispondono funzionalmente ad una singola Macchina di Turing, ed eseguono un solo programma!

Definizione di elaboratore numerico (5/5)

- Un *calcolatore elettronico* (o *sistema per l'elaborazione delle informazioni*, o *elaboratore*, o *computer*) è un sistema dotato delle seguenti caratteristiche:
 1. è un sistema **numerico (o digitale, cioè a cifre)**;
 2. è un sistema **automatico**;
 3. è un sistema a **programma registrabile**;
 4. **ha una struttura elettronica.**

- L'elettronica costituisce solo **la forma più conveniente** attualmente per la realizzazione dei computer.
- Gli elementi dei registri e l'elaborazione delle informazioni sono ottenute con circuiti elettronici, ma il modello di computer (per quanto visto) si fonda su basi matematiche.