

Calcolare, comunicare, coordinare

Lucia Pomello

Università degli studi di Milano–Bicocca
Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione

25 novembre 2015



Processi interattivi/reattivi

- elaborano informazione (*calcolano*)
- comunicano (tra loro e con il loro ambiente)
- cooperano o competono

Prima (fino agli anni '40)



Calcolatori umani

Ora

Computazione distribuita



- 1928 **David Hilbert**: “*Esiste una procedura automatica di computazione per decidere se una formula è vera?*”

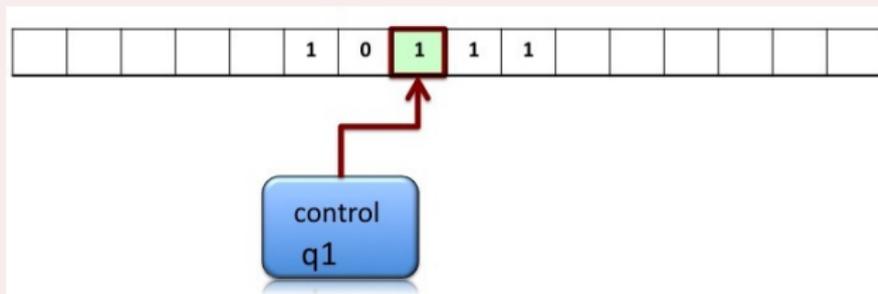
- 1928 **David Hilbert**: *“Esiste una procedura automatica di computazione per decidere se una formula è vera?”*
- 1936 tre risposte indipendenti ed equivalenti
 - **Alan M. Turing**: la macchina di Turing
 - **Alonzo Church**: λ -calcolo
 - **Kurt Gödel**: le funzioni (primitive) ricorsive

On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, 1936

La macchina di Turing



Alan M. Turing
(1912-1954)

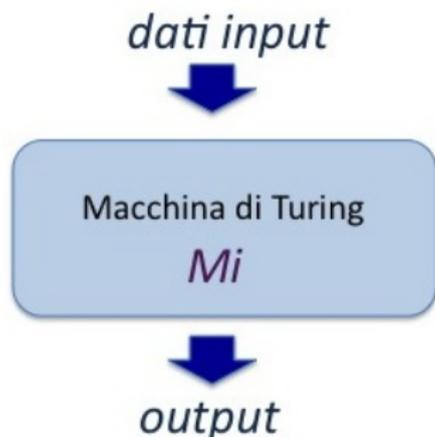


Componenti:

- nastro, testina di lettura/scrittura
- insieme finito di simboli (es: $\{0, 1\}$)
- controllo:
 - * insieme finito di stati (es: $\{q_0, q_1, q_2, q_3\}$)
 - * regole di cambiamento di stato

funzioni

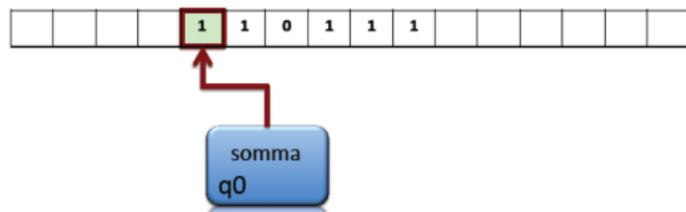
$$f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$



Tesi di Turing - Church

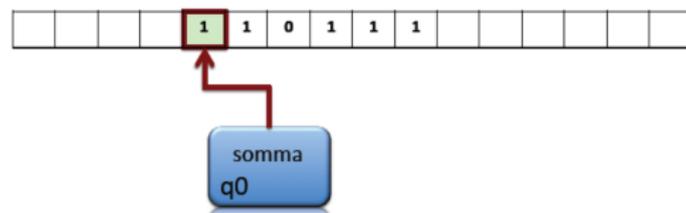
una funzione f è *computabile*
se e solo se
esiste una Macchina di Turing che *calcola* f

La macchina di Turing: rappresentazione e codifica



Somma		0	1
q0	-	q3, , ->	q1, , ->
q1	q2, 1, <-	q1, 0, ->	q1, 1, ->
q2	q0, , ->	q2, 0, <-	q2, 1, <-
q3	-	-	-

La macchina di Turing: rappresentazione e codifica

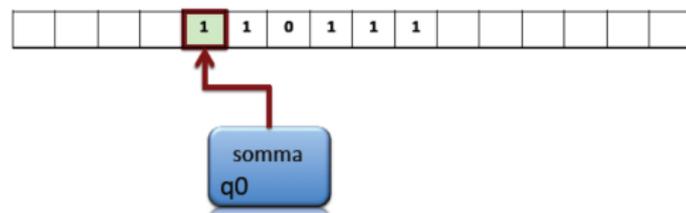


Somma		0	1
q0	-	q3, , ->	q1, , ->
q1	q2, 1, <-	q1, 0, ->	q1, 1, ->
q2	q0, , ->	q2, 0, <-	q2, 1, <-
q3	-	-	-

codifica

ogni macchina di Turing M_i può essere *codificata* da una sequenza di caratteri (binari), da un numero naturale i .

La macchina di Turing: rappresentazione e codifica



Somma		0	1
q0	-	q3, , ->	q1, , ->
q1	q2, 1, <-	q1, 0, ->	q1, 1, ->
q2	q0, , ->	q2, 0, <-	q2, 1, <-
q3	-	-	-

codifica

ogni macchina di Turing M_i può essere *codificata* da una sequenza di caratteri (binari), da un numero naturale i .

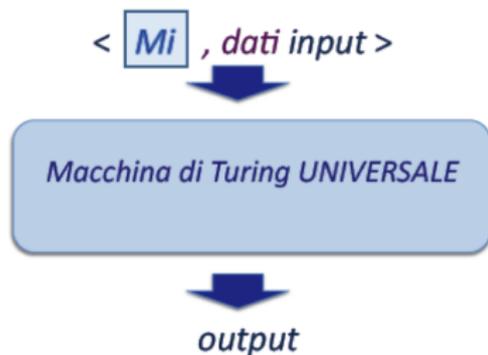
⇒ due conseguenze fondamentali

1. La macchina di Turing universale

"We do not need to have an infinity of different machines doing different jobs. A single one will suffice."

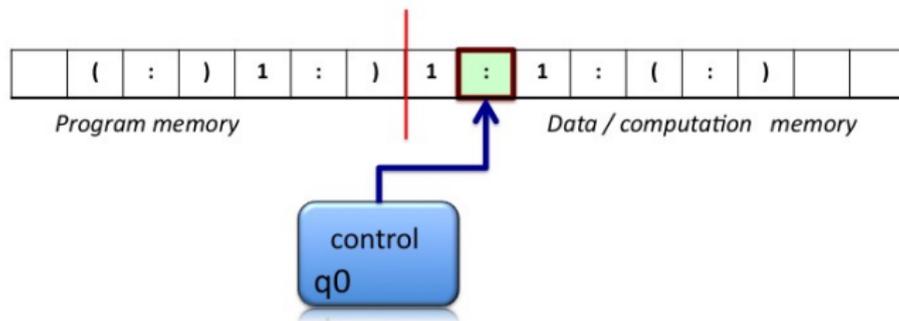
[A. M. Turing, 1948]

1. La macchina di Turing universale

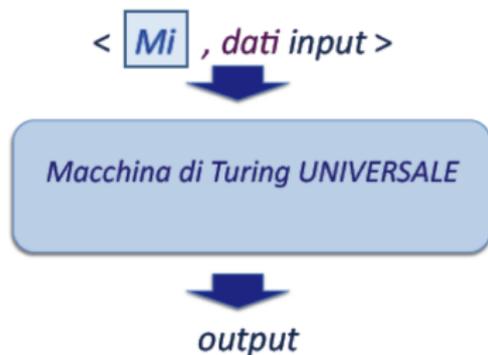


simula la computazione di una qualsiasi altra macchina

La macchina universale

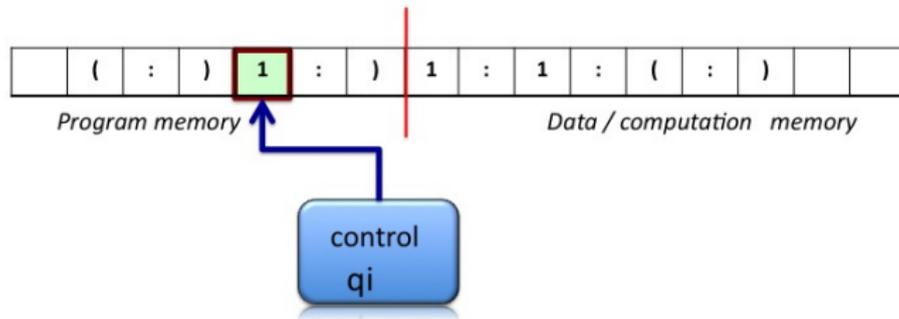


1. La macchina di Turing universale



simula la computazione di una qualsiasi altra macchina

La macchina universale



2. Funzioni non computabili

- ogni macchina di Turing M_i *codificata* da un numero naturale i
- ogni macchina di Turing M_i calcola una funzione f_i
(Tesi di Turing-Church)
- ci sono molte più funzioni dei numeri naturali

\implies

2. Funzioni non computabili

- ogni macchina di Turing M_i *codificata* da un numero naturale i
- ogni macchina di Turing M_i calcola una funzione f_i
(Tesi di Turing-Church)
- ci sono molte più funzioni dei numeri naturali



Teorema [Turing, 1936]

Esistono funzioni *non computabili* (problemi non decidibili)

Un esempio di problema non decidibile:

- il problema dell'ALT

Calcolare – dalle macchine astratte ai calcolatori concreti

Konrad Zuse: Z1 - Z4

Z1 - 1936 - '38

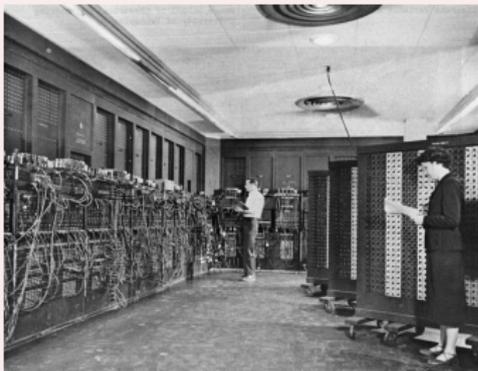


1^a macchina *codice binario*
e *programmabile*

Z4 - 1950



ABC, ENIAC - 1943-'46

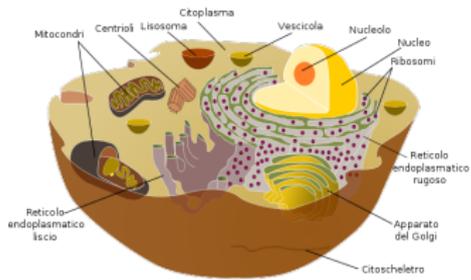
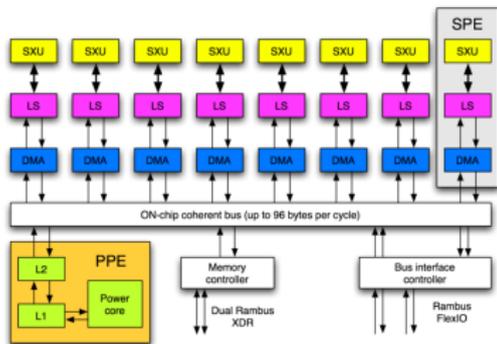


riprogrammato con cavi e interruttori

la macchina di J. von-Neumann

- '45 von-Neumann progetta l'EDVAC
 - * programma memorizzato,
 - * memoria binaria
- '49 M. Wilkes legge l'EDVAC-report e costruisce l'EDSAC

Oltre Turing: nuovi paradigmi



Oltre Turing: nuovi paradigmi

Pima

- sistema chiuso
(Input \rightarrow Output)
- computazione sequenziale
- terminante

Ora

- sistema aperto
(componenti interagenti)
- computazione parallela/distribuita
- non necessariamente terminante

Computazione interattiva

- Computazione parallela / distribuita
- Reti di computazione e di comunicazione
(es: Mobile computing, Cloud computing, GRID computing)
- Sistemi di supporto al lavoro cooperativo, . . .

Concetti fondamentali

- Competizione, risorse condivise
- Cooperazione, distribuzione
- Sincronizzazione
- Flusso di informazione
- Sicurezza, privacy

Computazione interattiva

Modelli

- Reti di Petri
- Automi cellulari
-

Come gestire la complessità di questi sistemi?

- Tecniche formali (+ o -):
 - di costruzione del modello e di implementazione
 - di verifica delle proprietà di comportamento
(astrazione - modularità - composizionalità)

Natural computation

- *Simulazioni di fenomeni naturali*
 - Biologici
 - Fisici
 - Geo-fisici, ...
- *Computazioni che si ispirano alla natura*
 - Reti neurali
 - Computazione a membrane
 - ...
- *Computazione in natura*
 - Molecular computing
 - DNA computing
 - Computazione quantistica
 - ...

Grazie dell'attenzione!!