

il codice del futuro

come pensa
chi insegna a pensare
alle macchine



Il Pensiero Computazionale, spiegato ai manager

Simone Martini

Dip. di Informatica—Scienza e Ingegneria

*Un non-progetto di docenti di Bologna Business School, del Dipartimento di Scienze Aziendali e del Dipartimento di Informatica -
Scienza e Ingegneria dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna*

SERIE GENERALE

Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

Anno 156° - Numero 162

GAZZETTA UFFICIALE



DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Mercoledì, 15 luglio 2015

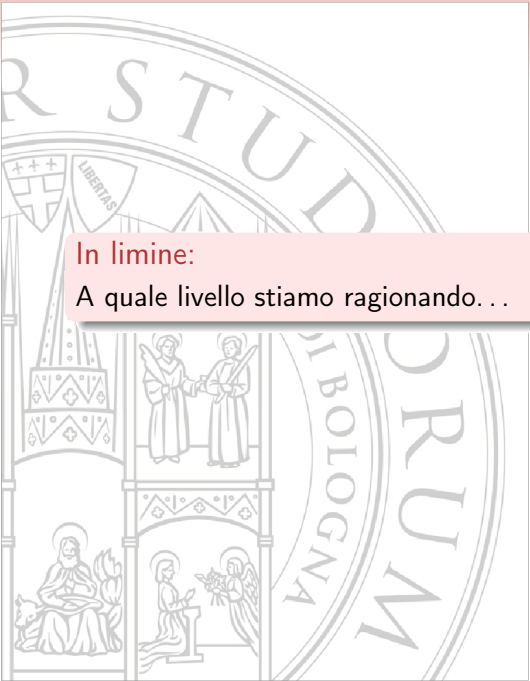
SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

LEGGE 13 luglio 2015, n. 107.

**Riforma del sistema nazionale di istruzione e
formazione e delega per il riordino delle disposi-
zioni legislative vigenti. (15G00122) Pag. 1**

Art 1, comma 7, lettera h:
sviluppo delle competenze digitali degli studenti, con particolare riguardo al

pensiero computazionale

The background of the slide features a large, faint watermark of the seal of the University of Bologna. The seal is circular and contains the text 'UNIVERSITAS STUDII BOLOGNENSIS' around the perimeter. In the center, there is a shield with three crosses and the word 'LIBERTAS'. Below the shield, there are two figures in the upper section and two figures in the lower section, all within a decorative architectural frame.

In limine:

A quale livello stiamo ragionando. . .



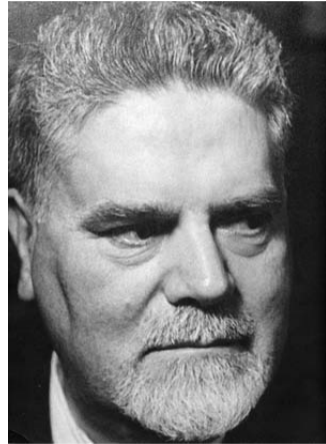
Finanza e Mercati ▶ In primo piano

«Huawei entro 2 anni sarà il numero uno negli smartphone in Italia»

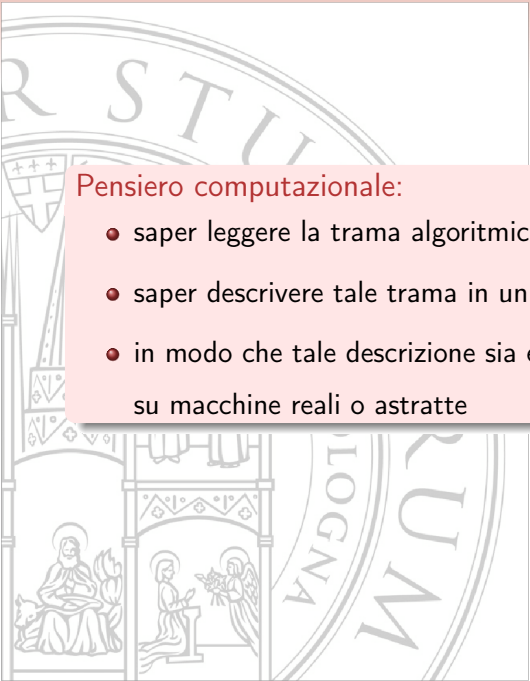
di [Luca Salvioli](#) 1 Maggio 2016

Discipline:

- non direttamente professionalizzanti
- criteri di intelligibilità della realtà







Pensiero computazionale:

- saper leggere la trama algoritmica (“effettiva”) della realtà
- saper descrivere tale trama in un linguaggio opportuno
- in modo che tale descrizione sia eseguibile
su macchine reali o astratte

Concetti:

- Collezione e analisi dei dati
- Rappresentazione dei dati
- Decomposizione dei problemi
- Astrazione
- Generalizzazione e riconoscimento di pattern
- Algoritmi
- Automazione
- Simulazione, test, debug
- Parallelizzazione
- Complessità e calcolabilità
- E come sono collegati agli aspetti linguistici che li esprimono

Trama algoritmica? (1)



Un semplice compito

- È un buon modo?
- Secondo quale criterio?

Tecniche di progettazione

- Inserzione:
ripetizione di una scansione lineare
- Quick:
divide et impera
ricorsione — la soluzione è espressa facendo riferimento alla medesima tecnica, su un caso più semplice

Inserzione:

```
def InsertionSort(L):  
    for i in range(1, len(L)):  
        k = i  
        while k > 0 and L[k] < L[k-1]:  
            L[k], L[k-1] = L[k-1], L[k]  
            k = k-1
```

Quick:

```
def QuickSort(L):  
    if L == []: return L  
    pivot = L[0]  
    return QuickSort([x for x in L[1:] if x < pivot]) +  
        [pivot] +  
        QuickSort([x for x in L[1:] if x >= pivot])
```

Trama algoritmica? (2)

Un compito più complesso:

Imparare da esempi:

- a riconoscere una forma geometrica
- a riconoscere cifre scritte a mano
- a rispondere a semplici domande di routine
- a giocare a tris

Apprendere, 1



Insegnate all'auto dove parcheggiare: farà tutto da sola

Bosch Connected Parking, verso la guida automatica

Trama algoritmica? (2)



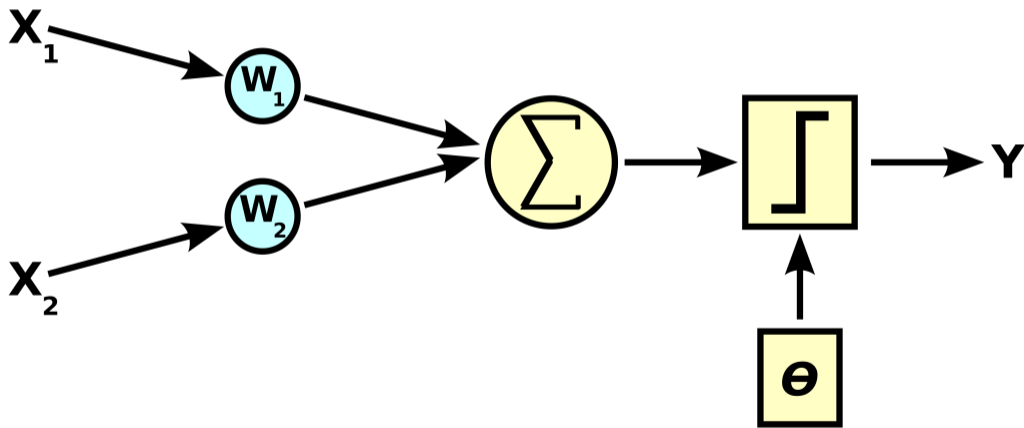
Imparare da esempi:

- a fare analisi finanziarie e speculare in borsa
- a giocare a Go
- a rispondere come un call center
- a fare operazioni chirurgiche *in corpore vivi*

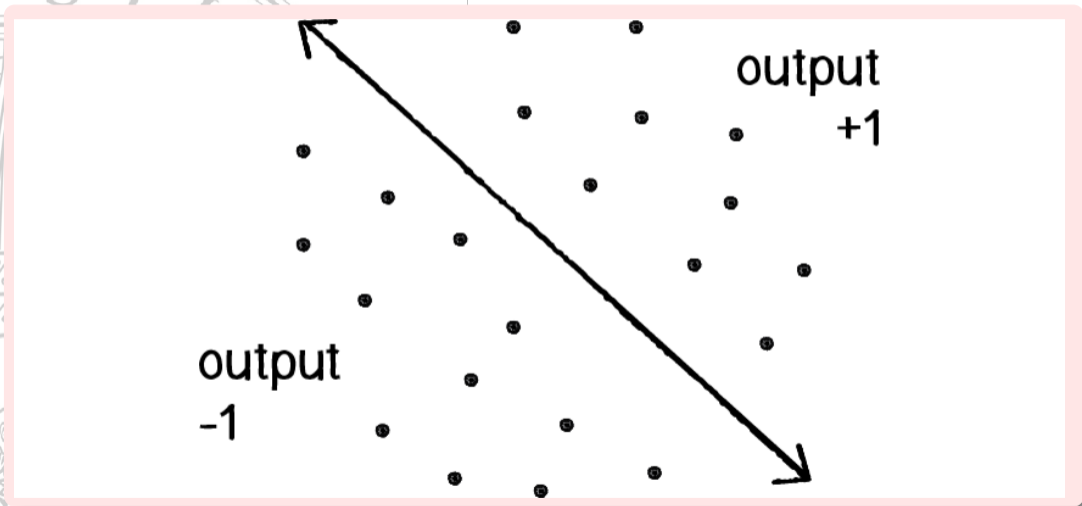
È possibile

Descrizione del processo di apprendimento, non del risultato

Il perceptrone



Addestrare: sopra o sotto?

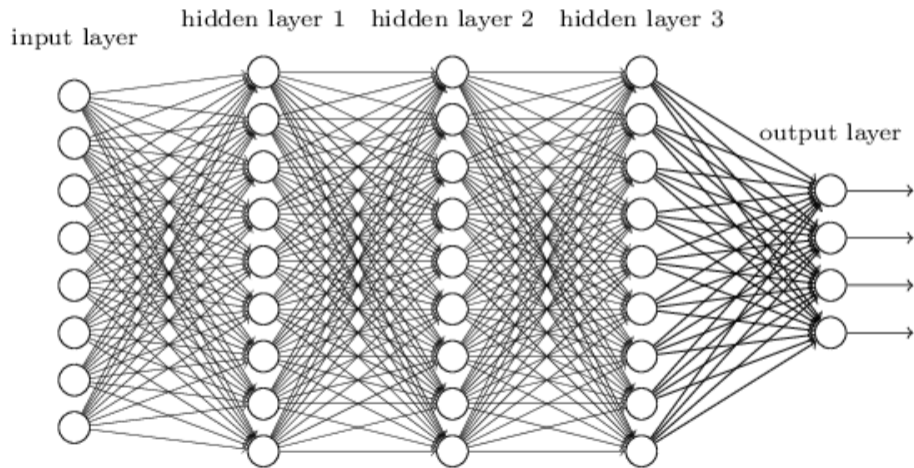


Addestrare: sopra o sotto?

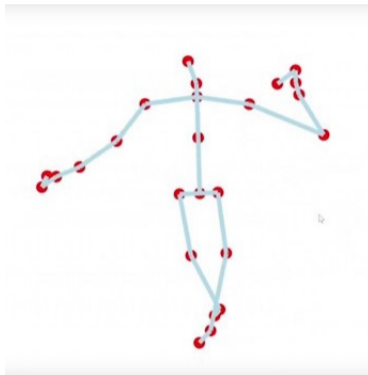


addestramento

Reti multistrato



Apprendere a generare coreografie



10 mins

6 ore

48 ore

Luka and Louise Crnkovic-Friis, *Generative Choreography using Deep Learning*
International Conference on Computational Creativity, 2016

Trama algoritmica? (2)

Descrizione algoritmica

- Del processo di apprendimento
- Non necessariamente umano!
- Il risultato è algoritmico, ma...
- La sua descrizione simbolica è inintelligibile:
configurazione dei pesi

Trama algoritmica

- Talvolta evidente: *ordinamento*
- Talvolta (molto) nascosta: *apprendimento*
- Descrivere un processo
- Distinguere le informazioni di processo dalle informazioni che costituiscono i dati
- Rappresentare tale informazioni in modo acconcio

Trama algoritmica

Diciamolo in altro modo:

- formulare problemi
- in modo che siano risolvibili da un esecutore
- organizzare e analizzare i dati;
- rappresentare dati e processi mediante astrazioni
- identificare, analizzare, realizzare e testare le possibili soluzioni
- generalizzare e trasferire

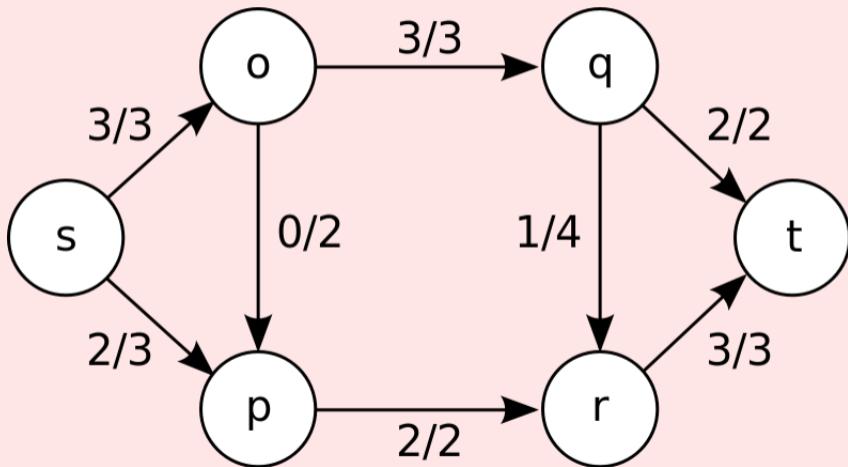
Produrre panettoni

- b_i : vendita al mese i
- c_i : costo unitario di produzione al mese i
- u_i : quantità massima di produzione al mese i
- U : capienza magazzino
- C : costo unitario di immagazzinamento
- b_0 : panettoni al mese 0
- b_{13} panettoni che devono essere presenti a fine anno

Logistica distribuzione

- n viaggi in destinazioni diverse
- inizio: tutti in deposito D
- fine: tutti in deposito D
- costi: fissi, per raggiungere i da D , D da i , da i a j ecc.
- ...

Problemi di flusso su grafi



Algoritmi

- Famiglie di algoritmi:
condividono alcuni aspetti
- Schemi di ripetizione
- Modalità di accumulo di risultati parziali
- Strutture dati ausiliari

Ogni computazione non ovvia:

- esprime una forma di ripetizione
- le ripetizioni hanno una struttura,
- che può essere esplicitata:
 - iterazioni determinate e indeterminate
 - scansioni lineari certe
 - ricerche lineari incerte
 - doppie iterazioni
 - ricorsione primitiva
 - ricorsione doppia
 - ricorsione generale
 - ...

Espressioni linguistiche:

Alcune di queste forme — le più semplici e generali — sono espresse con un costrutto linguistico immediato.

Altre sono schemi (**paradigmi**) espressi con quei costrutti primitivi.

Interiorizzare una batteria di schemi

Giotto: il politico Stefaneschi



Interessi composti

Da bambini:

Capitale iniziale: C

Interesse (composto): t

Dopo anni 1: $C_1 = C + C \cdot t$

Dopo anni 2: $C_2 = C_1 + C_1 \cdot t$

Dopo anni n : $C_n = C_{n-1} + C_{n-1} \cdot t$

Un caso fortunato, formula chiusa:

$$C_n = C \cdot (1 + t)^n$$

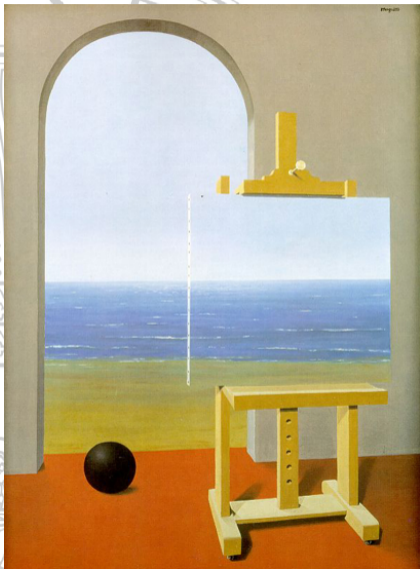
Quick sort, ricorsione

```
def QuickSort(L):  
    if L==[]: return L  
    pivot = L[0]  
    return QuickSort([x for x in L[1:] if x < pivot]) +  
           [pivot] +  
           QuickSort([x for x in L[1:] if x >= pivot])
```


Quick sort, iterazione

```
def quick_sort_iterative(list_, left, right):
    temp_stack = []
    temp_stack.append((left, right))
    while temp_stack:
        pos = temp_stack.pop()
        right, left = pos[1], pos[0]
        piv = partition(list_, left, right)
        if piv-1 > left:
            temp_stack.append((left, piv-1))
        if piv+1 < right:
            temp_stack.append((piv+1, right))
def partition(list_, left, right):
    piv = list_[left]
    i = left + 1
    j = right
    while 1:
        while i <= j and list_[i] <= piv:
            i += 1
        while j >= i and list_[j] >= piv:
            j -= 1
        if j <= i:
            break
        list_[i], list_[j] = list_[j], list_[i]
    list_[left], list_[j] = list_[j], list_[left]
    return j
```

Descrizioni



Descrizioni

Non c'è un modo solo per dire una cosa:

Efficiente: *Ordinamento per inserzione vs per fusione*

Sintetico: *QuickSort ricorsivo vs iterativo*

Economico

Evocativo

Bello

Nella pluralità feconda dei linguaggi e delle descrizioni

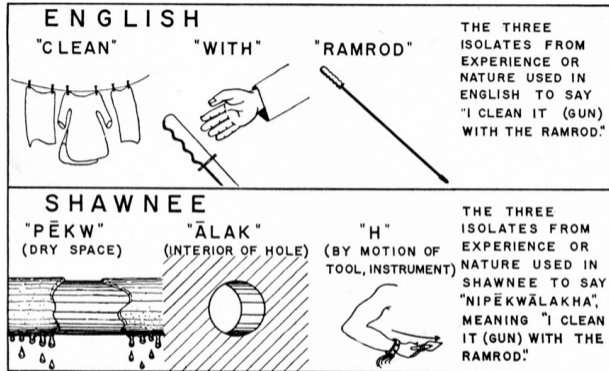
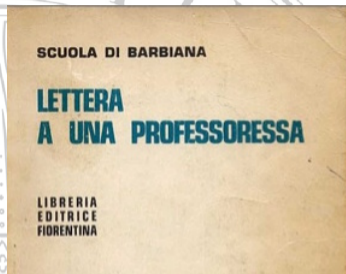


Figure 9. Languages dissect nature differently. The different isolates of meaning (thoughts) used by English and Shawnee in reporting the same experience, that of cleaning a gun by running the ramrod through it. The pronouns 'I' and 'it' are not shown by symbols, as they have the same meaning in each language. In Shawnee ni- equals 'I'; -a equals 'it.'

Edward Sapir e Benjamin Whorf
1930ss

E anche:



Finchè ci sarà uno che conosce 2000 parole e uno che ne conosce 200, questi sarà oppresso dal primo.

La parola ci fa uguali.

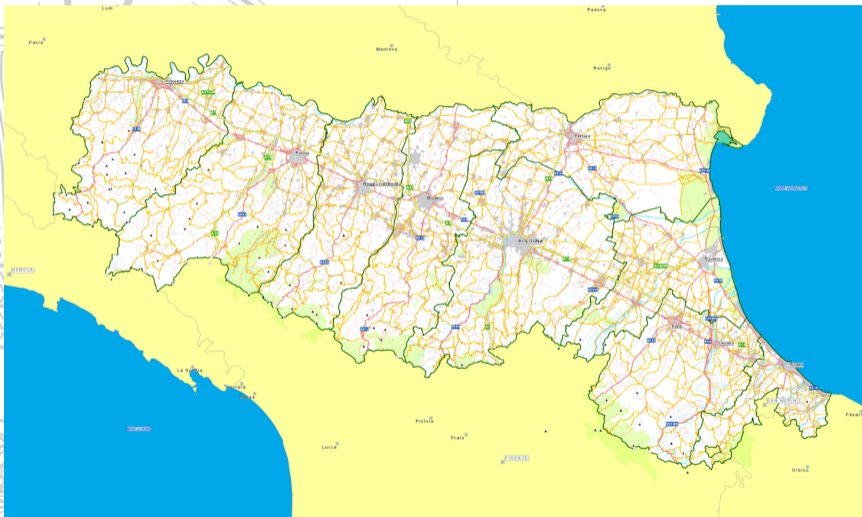
[Scuola di Barbiana, Lettera ad una professoressa. 1967]

Concetti:

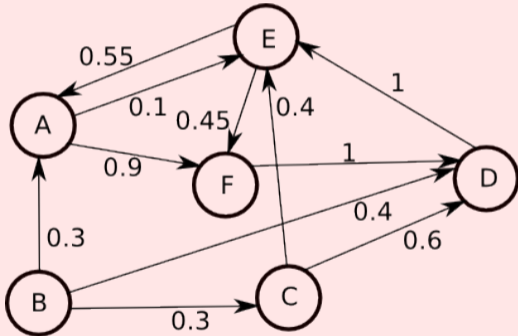
- Collezione e analisi dei dati
- Rappresentazione dei dati
- Decomposizione dei problemi
- Astrazione
- Generalizzazione e riconoscimento di pattern
- Algoritmi
- Automazione
- Simulazione, test, debug
- Parallelizzazione
- Complessità e calcolabilità
- E come sono collegati agli aspetti linguistici che li esprimono

- Uno schema:
Ricetta per problema ricorrente
E.g. Scandire tutti gli elementi di una sequenza
- Un'astrazione linguistica:
Un'espressione che serve da *scatola nera* per quello schema
E.g. Iterazione determinata `foreach X in SEQ`
- L'espressione (astrazione) ha vita autonoma
- Libera l'utente dai dettagli del livello inferiore

Livelli di astrazione, 1



Livelli di astrazione, 2



					0.1	0.9	
	0.3		0.3	0.4			
				0.6	0.4		
					1		
	0.5				0.4		
				1			

Livelli di astrazione, 3

```
def QuickSort(L):  
    if L==[]: return L  
    pivot = L[0]  
    return QuickSort([x for x in L[1:] if x < pivot]) +  
           [pivot] +  
           QuickSort([x for x in L[1:] if x >= pivot])
```

Cambio di livello “automatico”
A differenza delle PDA della fisica

```
LOAD_FAST  
BUILD_LIST  
COMPARE_OP  
POP_JUMP_IF_FALSE  
LOAD_FAST  
RETURN_VALUE
```

```
LOAD_FAST  
LOAD_CONST  
BINARY_SUBSCR  
STORE_DEREF
```

```
LOAD_GLOBAL  
LOAD_CLOSURE  
BUILD_TUPLE  
LOAD_CONST  
LOAD_CONST  
MAKE_CLOSURE  
LOAD_FAST  
LOAD_CONST  
LOAD_CONST  
BUILD_SLICE  
BINARY_SUBSCR  
GET_ITER  
CALL_FUNCTION  
CALL_FUNCTION  
LOAD_DEREF  
BUILD_LIST  
BINARY_ADD  
LOAD_GLOBAL  
LOAD_CLOSURE
```

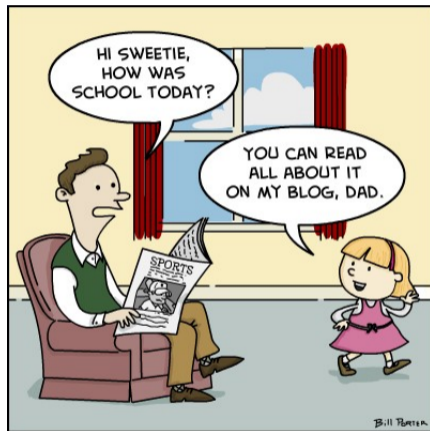
Linguaggi “di programmazione”

- Quelli che continuiamo a chiamare linguaggi **di programmazione**
- Sono potenti strumenti per organizzare, render coerente e modellare la realtà
 - modelli dei dati
 - modelli procedurali
 - modelli di interazione
 - modelli di sincronizzazione
 - modelli di organizzazione
 - ...

Coding?

- 10 ore di “coding” non insegnano a programmare
- il linguaggio usato è da bambini
- a che serve se poi lo dimentico subito?
- Esperienza d'uso di linguaggio astratto, artificiale
- Eseguibile
- Che scala a diversi livelli

Intermezzo: nativi digitali



Digitale integrato in un'unica esperienza della realtà



Janvier 1751.

ENCYCLOPÉDIE,
OU
**DICTIONNAIRE RAISONNÉ
DES SCIENCES,
DES ARTS ET DES MÉTIERS,**
RECUEILLI
**DES MEILLEURS AUTEURS
ET PARTICULIÈREMENT**
**DES DICTIONNAIRES ANGLAIS
DE CHAMBERS, D'HARRIS, DE DYCHE, &c.**
PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.

Mis en ordre & publié par **M. DIDEROT**; & quant à la **PARTIE MATHÉMATIQUE**,
par **M. D'ALEMBERT**, de l'Académie Royale des Sciences de Paris
& de l'Académie Royale de Berlin.

*Tantum series juncturaque polles,
Tantum de medio sumptis accedit honoris!* HORAT.

DIX VOLUMES IN-FOLIO,
DONT DEUX DE PLANCHES EN TAILLE-DOUCE,

PROPOSÉS PAR SOUSCRIPTION.



A PARIS, Chez { **BRIASSON**, rue Saint Jacques, à la Salomon.
 { **DAVID l'aîné**, rue Saint Jacques, à la Plume d'Or.
 { **LE BRETON**, Anciennotte collateur du Roy, rue de la Harpe.
 { **DURAND**, rue Saint Jacques, à Saint Landry, & au Griffon.

M. D. C. C. L. I.
AVEC APPROBATION, ET PRIVILEGE DU ROY.

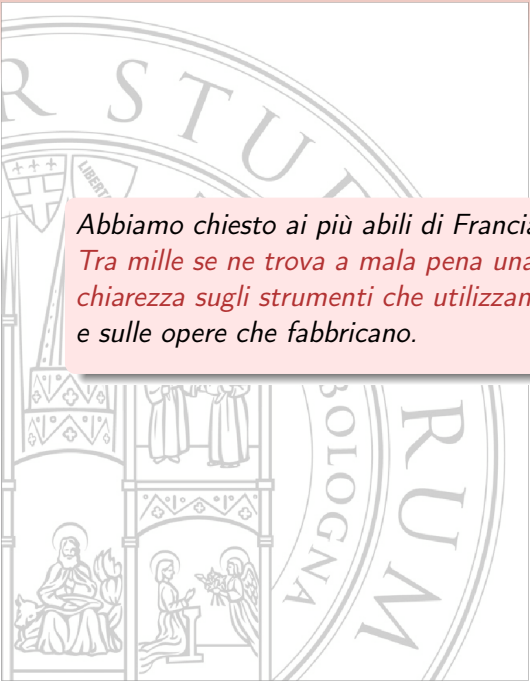


il codice del futuro

Facciamola insieme questa cosa, facciamola presto,
perché a volte il futuro arriva prima di noi.
E quando succede sono guai.

circa 1750 – 1799:

Il futuro arrivò prima delle classi dirigenti. E furono guai.



Abbiamo chiesto ai più abili di Francia. Siamo addirittura andati nelle loro botteghe [...] Tra mille se ne trova a mala pena una dozzina in grado di esprimersi con qualche chiarezza sugli strumenti che utilizzano e sulle opere che fabbricano.

[D. Diderot, Prospectus à l'Encyclopédie, 141; 1751.]

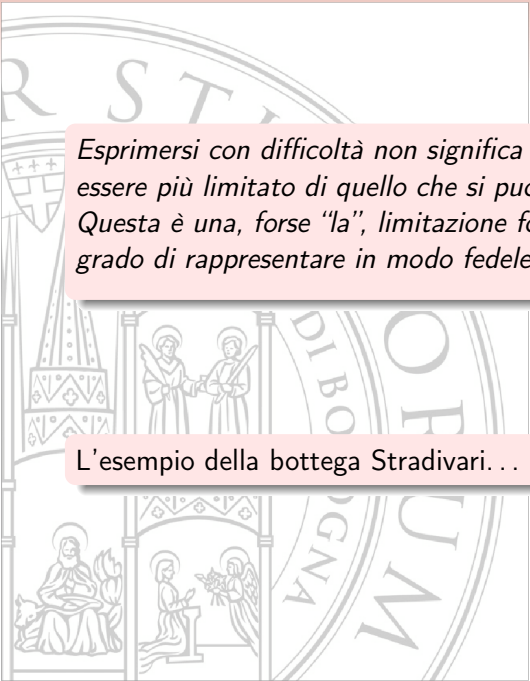
Il ruolo delle figure

- mobili
- immutabili quando si spostano
- piatte
- “la loro scala cambia a piacimento”:
cogliere in un singolo colpo d’occhio; tenere in mano
- riprodotte e comunicate a basso costo
- riordinate e ricombinate
- incorporate in testo scritto
- modello fedele della realtà

Inscriptions (Bruno Latour): mappe geografiche, diagrammi

The background of the slide features a large, faint watermark of the seal of the University of Bologna. The seal is circular and contains the text "R STUD" at the top and "DI BOLOGNA" and "ORUM" at the bottom. In the center, there is a shield with a cross and three stars, and below it, a building with a tower. At the bottom of the seal, there are two scenes: one showing a seated figure with a book and a dog, and another showing a kneeling figure and a standing figure with a book.

I programmi sono "inscriptions" performative



Esprimersi con difficoltà non significa stupidità. Quel che può dirsi con le parole può essere più limitato di quello che si può fare con le cose. [...]

Questa è una, forse "la", limitazione fondamentale dell'uomo: il linguaggio non è in grado di rappresentare in modo fedele i movimenti fisici del corpo umano.

[R. Sennett, The Craftsman. 2009]

L'esempio della bottega Stradivari...



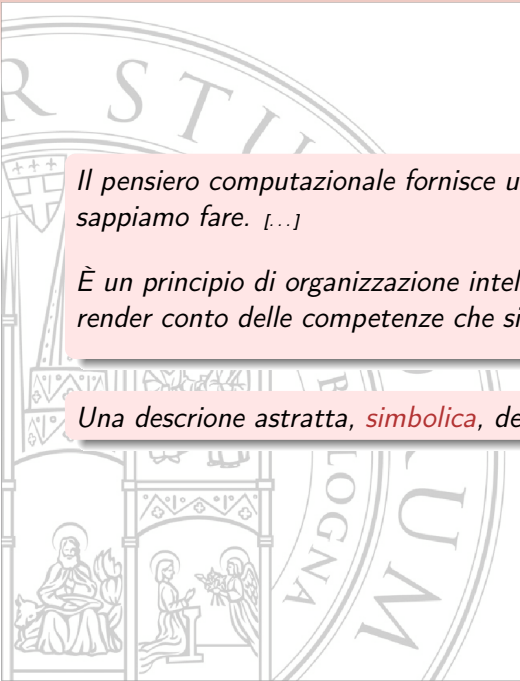
Blog

4 LUG 2014

Lanier: il web sta uccidendo la classe media

Amazon, Uber, Expedia, Photoshop, Google Translate, Moocs,...

«Si salvano giusto le star. E i liutai, perché non sono sostituibili dalle macchine».

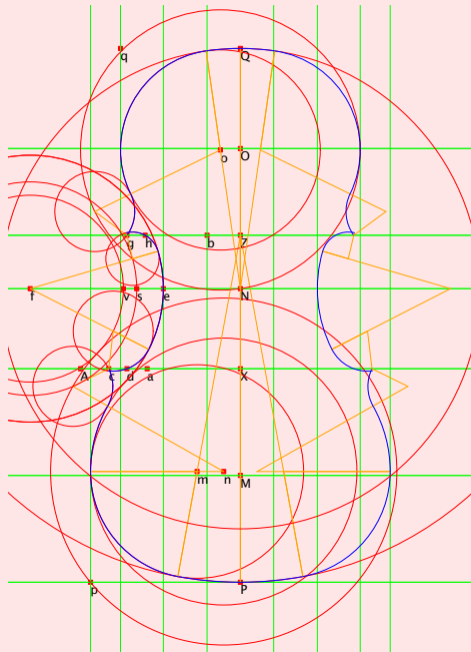


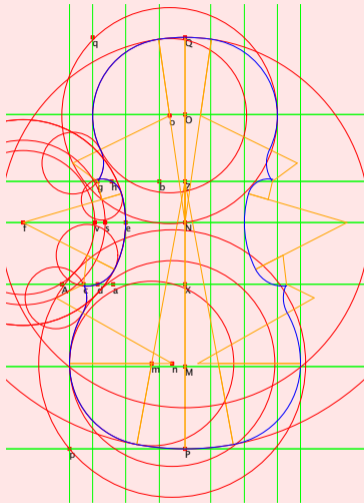
Il pensiero computazionale fornisce un mezzo per descrivere l'uno all'altro quello che sappiamo fare. [...]

È un principio di organizzazione intellettuale per comprendere e descrivere il passato, e render conto delle competenze che si svilupparono e giunsero a maturità.

[H. Mairson, Functional Geometry and the Traité de Lutherie. ICFP 2013]

*Una descrizione astratta, **simbolica**, del movimento fisico del maestro che dà forma.*





Appendix: Violin by Andrea Amati

```

(define Amati
  (let ((sq 400)) ;; should be 200mm in the Amati---this is just a screen fit...

; LAYOUT OF THE AREA on which the curves are drawn...
(let ((X (label "X" (point 0 000))) ; this could be anywhere---just to center it on the output screen
      (Y (label "Y" (shift X (- (/ sq 2))))))
  (Q (label "Q" (shift X sq)))
  (let ((L (label "L" (pointfrom X Q (/ 1 4))))
        (R (label "R" (pointfrom X Q (/ 1 4))))
        (I (label "I" (shift (intersect (horizontal Q) (vertical A))
                                  (/ (distance X R) 2))))
        (V (shift A (/ (distance X R) 4)))
        (O (label "O" (shift Q (- (+ (distance X R) (/ 5 4))))))
        (Z (label "Z" (shift R (+ (distance X R) (/ 2 3))))))
    (P (label "P" (shift X (- (+ (distance X R) (/ 2 3))))))
    (let ((B (label "B" (intersect (horizontal P) (vertical V))))
          (M (label "M" (pointfrom X P (/ 1 2))))
          (A (label "A" (shift A (/ (distance X Z) 2))))))
      (let ((S (label "S" (shift 2 (- (/ (distance A M) 2))))))
            (let ((C (label "C" (shift (intersect (vertical B) (horizontal M)) (- (+ (distance B p) (/ 3 4))))))
                  (let ((c (label "c" (shift (intersect (vertical p) (horizontal Z)) (/ (distance ee p) 4))))
                        (d (label "d" (shift (intersect (vertical p) (horizontal Z)) (/ (distance ee p) 2))))
                        (u (label "u" (shift (intersect (vertical ee) (horizontal Z)) (- (/ (distance ee p) 4))))
                        (g (label "g" (shift (intersect (vertical ee) (horizontal Z)) (- (/ (distance ee p) 2))))))
                    (list X A Q R Z P p M u ee c d h g
                          (horizontal M) (horizontal O) (horizontal P) (horizontal X) (horizontal M)
                          (vertical p) (vertical q) (vertical ee)

; THE LOWER ROUTE...
(let ((Zcircle (circle Z (distance Z M)))
      (ZPcircle (circle Z (distance Z P))))
  (let ((u (label "u" (bottom (intersect Zcircle
                                         (make-line 1 p) ; line u/slope 1 through p
                                         ))))
        (t (circle (circle u (distance M P))))
        (let ((u (label "u" (shift u (- (distance X Z) (distance M P))))))
              (reverse-lower-left
               (lower-circle (circle u (distance X Z)) (+ (distance X Z) (/ (distance X M) 2)) c)))
          (list u (circle u (distance u (center reverse-lower-left)))
                ZPcircle acircle acircle reverse-lower-left
                (make-curve P c (list ZPcircle acircle acircle reverse-lower-left)) ))))

; THE UPPER ROUTE...
(let ((Zcircle (circle X (distance X Q))
      (u (label "u" (top (intersect
                           (circle M (distance M Q))
                           (make-line -1 q) ; line u/slope -1 through q
                           ))))
      (t (circle (circle u (distance Q Q))
                  (reverse-upper-left
                   (upper-circle (reverse-curve acircle
                                       (distance M Q)
                                       h))))
          (list u (circle u (distance u (center reverse-upper-left)))
                Zcircle acircle reverse-upper-left
                (make-curve Q c (list Zcircle acircle reverse-upper-left)) ))))

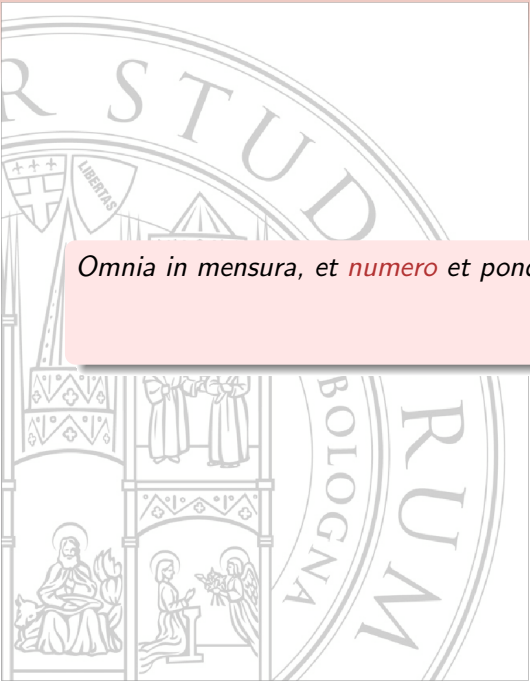
; THE MIDDLE ROUTE...
(let ((f (label "f" (shift ee (- (distance X Z))))
      (v (label "v" (shift ee (- (/ (distance X R) 2))))))
  (e (label "e" (shift ee (- (/ (distance X Z) 2))))))
  (let ((fcircle (circle f (distance f ee)))
        (vcircle (circle f (distance f v))))
    (let ((f (circle f (distance f v))))
          (let ((reverse-lower-middle
                  (upper-circle (reverse-curve acircle (distance f v) h))
                  (reverse-upper-middle
                   (lower-circle (reverse-curve acircle (distance f a) h))))
                (list f v e (circle f (distance f ee)) reverse-upper-middle reverse-lower-middle
                      (make-curve g c (list reverse-upper-middle (circle f (distance f ee)) reverse-lower-middlea)) ))))))))

```

Hybris?

Galileo:

- “[Il libro dell’universo] è scritto in lingua matematica
- e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche”

The background of the slide features a large, faint watermark of the University of Bologna seal. The seal is circular and contains the text 'R STUD' at the top and 'BOLOGNA RUM' at the bottom. In the center, there is a shield with a cross and three stars, and the word 'LIBERTAS' written below it. Below the shield, there are two figures: one seated and one standing, possibly representing a saint and an angel.

*Omnia in mensura, et **numero** et pondere*

*Aula Magna Istituto di Chimica "Ciamician"
Sapienza 11,20*