Algoritmi e Strutture Dati
Modulo 3

Jocelyne Elias
https://www.unibo.it/sitoweb/jocelyne.elias/
Moreno Marzolla
https://www.moreno.marzolla.name/

Dipartimento di Informatica—Scienza e Ingegneria (DISI)
Università di Bologna

Presentiamoci

- Modulo 3 (II ciclo)
  - Jocelyne Elias
  - jocelyne.elias@unibo.it
  - ***Tutor**: Paolo Baldini, Michele Dinelli*

- Orario delle lezioni
  - Mercoledì 09:00–12:00
  - Venerdì 09:00–12:00
  - https://www.unibo.it/it/didattica/insegnamenti/insegnamento/2023/320656/orariolezioni

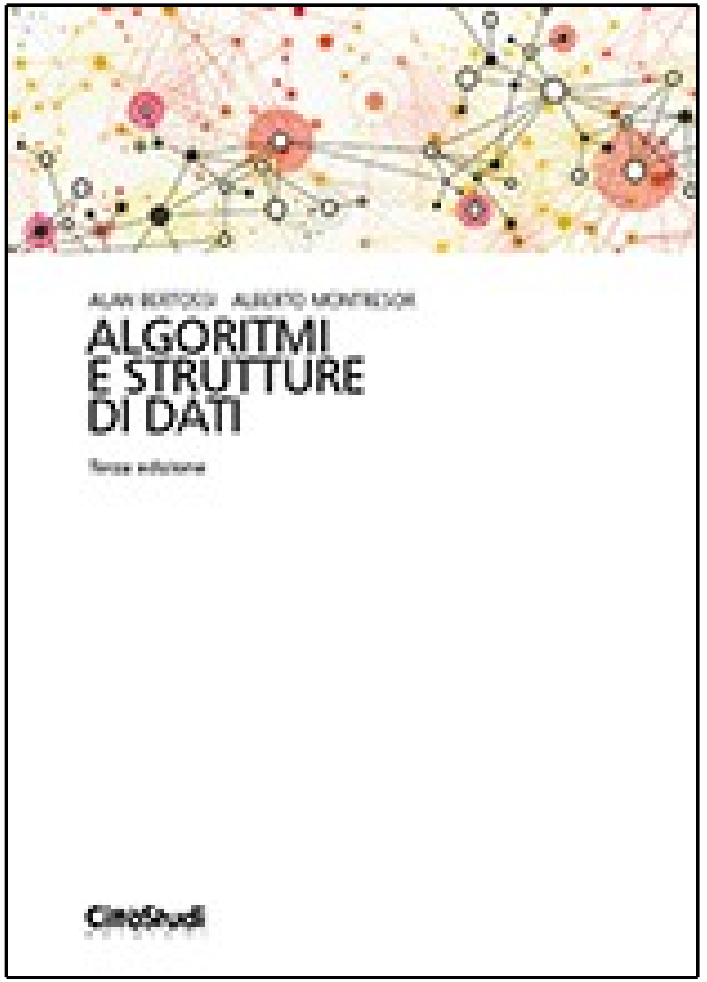
- Ricevimento
  - Da concordare via mail

Sito web del Modulo 2

- Piattaforma Virtuale
  - Avvisi
  - Lucidi delle lezioni
  - Dispensa di esercizi svolti

Bibliografia

- Testo adottato
  - Alan Bertossi, Alberto Montresor, *Algoritmi e strutture di dati Terza Edizione*, 2014, Città Studi, ISBN: 9788825173956
- Testi di consultazione
  - Camil Demetrescu, Irene Finocchi, Giuseppe F. Italiano, *Algoritmi e strutture dati 2/ed*, 2008, McGraw-Hill, ISBN: 9788838664687
  - Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein, *Introduzione agli algoritmi e strutture dati 3/ed*, 2010, McGraw-Hill, ISBN: 9788838665158



Programma

- Grafi/algoritmi di visita di grafi – un ripasso
- Alberi di copertura (*spanning trees*)
- Cammini minimi
- Analisi ammortizzata degli algoritmi
- Tecniche algoritmiche
  - Divide-et-impera
  - Greedy
  - Programmazione dinamica
- Macchine di Turing e teoria della calcolabilità (se avanzerà tempo)
- Classi di complessità dei problemi (se avanzerà tempo)

Prerequisiti

- Programmazione Internet + Lab. di prog. Internet
  - Algoritmi e Strutture Dati ≠ Programmazione
  - In questo corso non si impara a programmare, perché dovreste già essere in grado di farlo

- Nozioni di base di algebra e analisi matematica
  - Sommatorie, polinomi, ordini di grandezza delle funzioni, disequazioni

Scopo del corso

- Contenuto
  - Una panoramica di problemi noti e loro soluzioni
  - Elenco di algoritmi e strutture dati standard
  - Come valutare l'efficienza degli algoritmi
- Metodo
  - Principi e tecniche per risolvere problemi algoritmici
  - Come risolvere nuovi problemi, applicando soluzioni note o “inventando” varianti alle soluzioni note

Modalità d'esame

- Progetto da svolgere individualmente
  - **4-5** esercizi/algoritmi da progettare e realizzare in Java
  - **3 set** di progetti diversi:
    - uno per la sessione estiva (giugno-luglio)
    - uno per la sessione autunnale (settembre)
    - uno per la sessione invernale (gennaio/febbraio 2024)
  - Specifiche disponibili **circa un mese prima** della consegna
  - Consegna tramite la piattaforma "Virtuale"

Modalità d'esame cont.

- Un progetto sufficiente consente l'accesso all'orale per la sessione cui si riferisce il progetto

- La prova orale include
  - Discussione del progetto
  - Domande su tutti gli argomenti svolti a lezione e durante le esercitazioni

Regole d'esame

- L'esame è un momento ufficiale e va affrontato con serietà

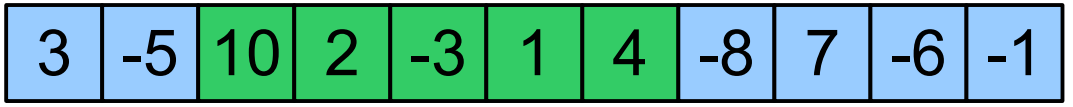
- Si sono verificati in passato casi di gravi irregolarità
  - Tali situazioni sono state (e saranno) sanzionate con la massima intransigenza
  - Esame annullato, da ripetere con nuovo progetto.

- L'esame orale è ugualmente un momento ufficiale
  - È sempre possibile rifiutare il voto e ritentare l'esame (**nuovo** progetto + **nuovo** orale)

Il vero significato della complessità degli algoritmi

Sottovettore di valore massimo

- Consideriamo un vettore $V[1..n]$ di $n \geq 1$ valori reali arbitrari
- Vogliamo individuare un sottovettore $V[i..j]$ non vuoto di V la somma dei cui elementi sia massima



- Soluzione "di forza bruta": $O(n^3)$
- Esiste una soluzione $O(n)$
  - stay tuned...

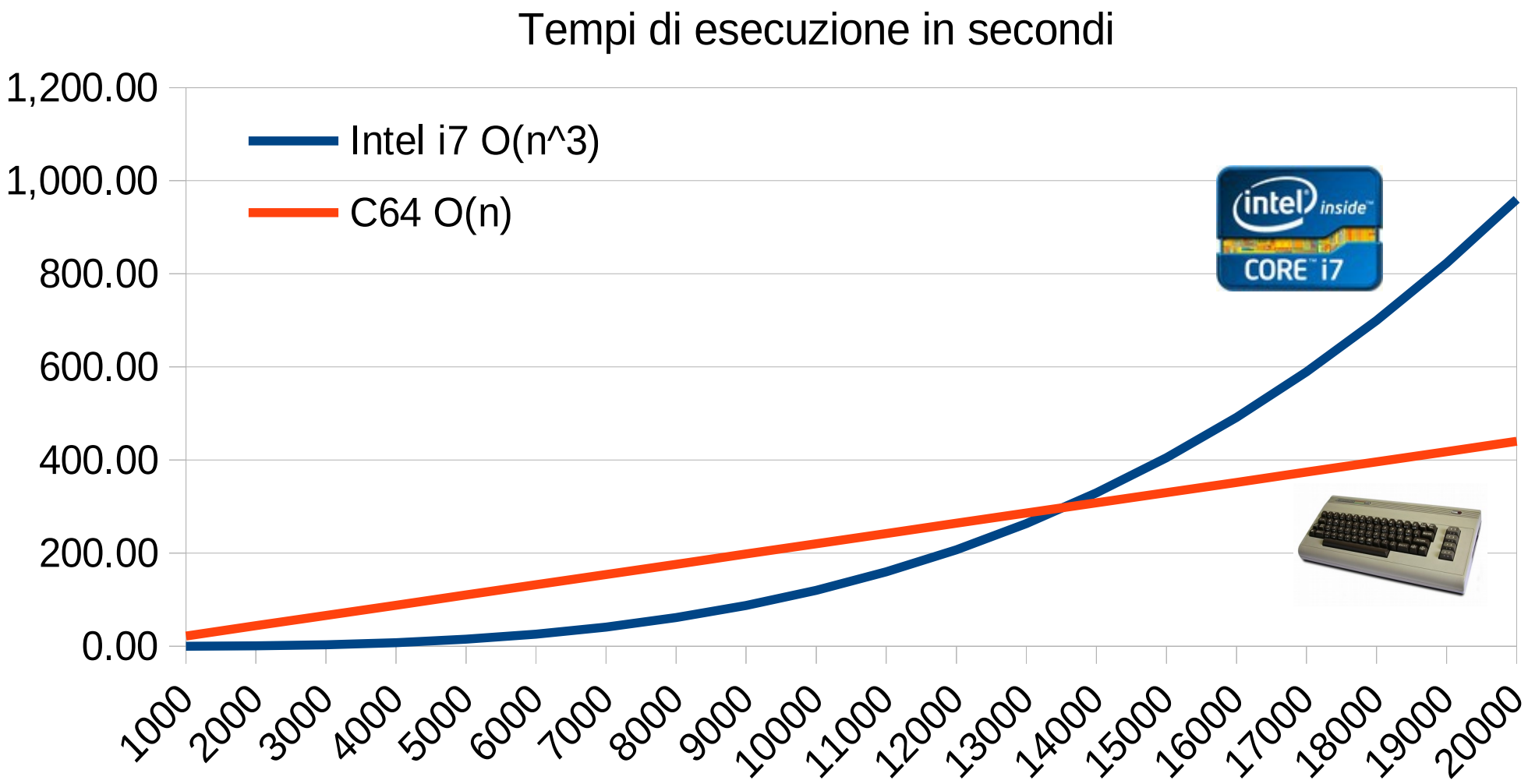
Soluzione di “forza bruta” O(n^3)

```
real SommaMax1( real V[1..n] )
    real smax ← V[1];
    for integer i ← 1 to n do
        for integer j ← i to n do
            real s ← 0;
            for integer k ← i to j do
                s ← s + V[k];
            endfor
            if (s > smax) then
                smax ← s;
            endif
        endfor
    endfor
    return smax;
```

L'efficienza conta!

- Confrontiamo la soluzione $\underline{O(n^3)}$ con una soluzione $\underline{O(n)}$ (che vedremo più avanti) su due sistemi molto diversi
- Algoritmo $O(n^3)$
  - Ubuntu Linux 18.04
  - CPU: Intel i7 @ 3.6GHz
  - 16 GB RAM
  - Java (OpenJDK 11.0.10)
- Algoritmo $O(n)$
  - Commodore 64 (anno 1982)
  - CPU: MOS 6502 @ 1MHz
  - 64 KB RAM
  - Commodore BASIC

Sottovettore di somma massima



Esercizi di ripasso

La notazione asintotica $O(f(n))$

Definizione

Data una funzione costo $f(n)$, definiamo l'insieme $O(f(n))$ come l'insieme delle funzioni $g(n)$ per le quali esistono costanti $c > 0$ e $n_0 \geq 0$ per cui vale:

$$\forall n \geq n_0 \ : \ g(n) \leq cf(n)$$

In maniera piú sintetica:

$$O(f(n)) = \{g(n) \ : \ \exists c > 0, n_0 \geq 0 \text{ tali che } \forall n \geq n_0 : g(n) \leq cf(n)\}$$

Nota: si utilizza la notazione (sebbene non formalmente corretta) $g(n) = O(f(n))$ per indicare $g(n) \in O(f(n))$.

- Slide 7,8,9 --- Capitolo: Tecniche di analisi degli algoritmi, Prof. Lorenzo Doniatello

Vero o falso?

1. $1325\, n^2 + 12n + 1 = O(n^3)$
2. $76\, n^3 = O(n^3)$
3. $n^2 \log n = O(n^2)$
4. $3^n = O(2^n)$
5. $2^n = O(2^{n/2})$
6. $2^{n+100} = O(2^n)$
7. $\log n = O(n)$
8. $n = O(n \log n)$
9. $n^2 = O(n \log n)$
10. $\log(\, n^2\,) = O(\log n)$
11. $n(n+1) / 2 = O(n)$

Vero o falso?

1. $1325\ n^2 + 12n + 1 = O(n^3)$ VERO
2. $76\ n^3 = O(n^3)$ VERO
3. $n^2 \log n = O(n^2)$ FALSO
4. $3^n = O(2^n)$ FALSO
5. $2^n = O(2^{n/2})$ FALSO
6. $2^{n+100} = O(2^n)$ VERO
7. $\log n = O(n)$ VERO
8. $n = O(n \log n)$ VERO
9. $n^2 = O(n \log n)$ FALSO
10. $\log(\ n^2\ ) = O(\log n)$ VERO
11. $n(n+1) / 2 = O(n)$ FALSO

Esercizio

- Determinare il costo asintotico dell'algoritmo seguente

```
algA( integer n ) → integer
    if ( n ≤ 1 ) then
        return 2*n;
    else
        integer a ← 2;
        for integer i ← 1 to n/2 do
            a ← a + 2 * i;
        endfor
        return algA( n/2 ) + algA( n/2 ) + a;
    endif
```

Esercizio

- Determinare il costo asintotico dell'algoritmo seguente

```
algB( integer n ) → integer
    integer a ← 0;
    Integer s, t;
    for s ← 1 to n do
        for t ← s to n do
            a ← a + s + t;
        endfor
    endfor
    return a;
```

Strutture Dati

- Che differenza c'è tra LinkedList e ArrayList Java?

	LinkedList	ArrayList
Inserimento in testa		
Inserimento in coda		
Inserimento dopo un elemento di posizione/riferimento dati		
Cancellazione di un elemento di posizione/riferimento dati		
Accesso diretto al *k*-esimo elemento		

Strutture Dati

- Che differenza c'è tra LinkedList e ArrayList Java?

	LinkedList	**ArrayList**
Inserimento in testa	O(1)	O(*n*)
Inserimento in coda	O(1)	O(1) amm.
Inserimento dopo un elemento di posizione/riferimento dati	O(1)	O(*n*)
Cancellazione di un elemento di posizione/riferimento dati	O(1)	O(*n*)
Accesso diretto al *k*-esimo elemento	O(*k*)	O(1)

Dalla documentazione di java.util.ArrayList

```
The add operation runs in amortized constant time (O(1)
amm.), that is, adding n elements requires O(n) time. All
of the other operations run in linear time (roughly
speaking).
```

Caso ottimo / caso pessimo

- Consideriamo un albero binario di ricerca **non bilanciato** con ***n*** nodi

- Quale è il costo asintotico dell'operazione di ricerca
  - nel caso pessimo?
  - nel caso ottimo?