

# Algoritmi e Strutture Dati

## Introduzione al corso

Alberto Montresor

Università di Trento

2019/02/27

This work is licensed under a Creative Commons  
Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



# Cos'è un informatico?



# Colloquio di lavoro

## Problema: Sottovettore di somma massimale

- **Input:** un vettore di interi  $A[1 \dots n]$
- **Output:** il sottovettore  $A[i \dots j]$  di somma massimale, ovvero il sottovettore la cui somma degli elementi  $\sum_{k=i}^j A[k]$  è più grande o uguale alla somma degli elementi di qualunque altro sottovettore.

# La vostra risposta



Eh?  
(NOOB)

# La vostra risposta

*Cutting corners to meet arbitrary management deadlines*



*Essential*

## Copying and Pasting from Stack Overflow

O'REILLY®

*The Practical Developer*  
@ThePracticalDev

Posso guardare su  
StackOverflow?  
(CODE MONKEY)

# La vostra risposta



Posso sviluppare un algoritmo  
efficiente per lei!  
(COMPUTER SCIENTIST)

# Colloquio di lavoro

## Problema: Sottovettore di somma massimale

- **Input:** un vettore di interi  $A[1 \dots n]$
  - **Output:** il sottovettore  $A[i \dots j]$  di somma massimale, ovvero il sottovettore la cui somma degli elementi  $\sum_{k=i}^j A[k]$  è più grande o uguale alla somma degli elementi di qualunque altro sottovettore.
- 
- Il problema è descritto bene?

1	3	4	-8	2	3	-1	3	4	-3	10	-3	2
---	---	---	----	---	---	----	---	---	----	----	----	---

# Colloquio di lavoro

## Problema: Sottovettore di somma massimale

- **Input:** un vettore di interi  $A[1 \dots n]$
- **Output:** il sottovettore  $A[i \dots j]$  di somma massimale, ovvero il sottovettore la cui somma degli elementi  $\sum_{k=i}^j A[k]$  è più grande o uguale alla somma degli elementi di qualunque altro sottovettore.

- Il problema è descritto bene?
- Riuscite a risolverlo?
- Riuscite a risolverlo in maniera efficiente?

# Utility function: Somma sottovettore

Usiamo una funzione che dato un vettore  $A$  e due indici  $i, j$  contenuti in  $A$ , restituisca la somma di tutti gli elementi compresi fra  $i$  e  $j$  (inclusi).

## Java

```
int sum(int[] A, int i, int j) {  
    int sumSoFar = 0;  
    for (int k = i; k <= j; k++) {  
        sumSoFar += A[k];  
    }  
    return sumSoFar;  
}
```

## Python

```
sum(A[i:j+1])
```

## C++

```
accumulate(A+i, A+(j+1), 0)
```

## Versione 1 – Java – $O(n^3)$

Cicla su tutte le coppie  $(i, j)$  tali che  $i \leq j$ :

- chiama `sum()` per calcolare la somma dei valori compresi fra  $i$  e  $j$ ;
- aggiorna `maxSoFar` con il massimo fra la somma appena calcolata e il massimo trovato finora.

```
int maxsum1(int[] A, int n) {  
    int maxSoFar = 0;                      // Maximum found so far  
    for (int i=0; i < n; i++) {  
        for (int j=i; j < n; j++) {  
            maxSoFar = max(maxSoFar, sum(A, i, j));  
        }  
    }  
    return maxSoFar;  
}
```

## Versione 1 – Java – $O(n^3)$

Versione con il terzo ciclo esplicitato.

```
int maxsum1(int[] A, int n) {  
    int maxSoFar = 0;                      // Maximum found so far  
    for (int i=0; i < n; i++) {  
        for (int j=i; j < n; j++) {  
            int sum = 0;                  // Accumulator  
            for (int k=i; k <= j; k++) {  
                sum = sum + A[k];  
            }  
            maxSoFar = max(maxSoFar, sum);  
        }  
    }  
    return maxSoFar;  
}
```

## Versione 2 – Java – $O(n^2)$

### Ottimizzazione

Se ho calcolato la somma  $s$  dei valori in  $A[i \dots j]$ , la somma dei valori in  $A[i \dots j + 1]$  è pari a  $s + A[j + 1]$ .

```
int maxsum2(int[] A, int n) {
    int maxSoFar = 0;                                // Maximum found so far
    for (int i=0; i < n; i++) {
        int sum = 0;                                  // Accumulator
        for (int j=i; j < n; j++) {
            sum = sum + A[j];
            maxSoFar = max(maxSoFar, sum);
        }
    }
    return maxSoFar;
}
```

## Versione 2 – Python – $O(n^2)$

### Ottimizzazione

Se ho calcolato la somma  $s$  dei valori in  $A[i \dots j]$ , la somma dei valori in  $A[i \dots j + 1]$  è pari a  $s + A[j + 1]$ .

```
def maxsum2(A):
    maxSoFar = 0                      # Maximum found so far
    for i in range(0, len(A)):
        sum = 0                         # Accumulator
        for j in range(i, len(A)):
            sum = sum + A[j]
        maxSoFar = max(maxSoFar, sum)
    return maxSoFar
```

## Versione 2 – Python con librerie – $O(n^2)$

### Uso di funzioni native

La funzione `accumulate()` del modulo `itertools` prende un vettore (lista)  $I$  come input e ritorna un vettore  $O$  tale che  $O[k] = \sum_{i=0}^k I[i]$ .

Può sostituire l'accumulatore nel codice precedente; normalmente è più veloce perché l'implementazione sottostante è basata sul C

```
from itertools import accumulate

def maxsum2(A):
    maxSoFar = 0                                # Maximum found so far
    for i in range(0, len(A)):
        tot = max(accumulate(A[i:]))
        maxSoFar = max(maxSoFar, tot)
    return maxSoFar
```

## Versione 3 – $O(n \log n)$

### Divide-et-impera

- Dividiamo il vettore a metà (sinistra, destra), in due parti più o meno uguali
- $\text{maxL}$  è la somma massimale nella parte sinistra
- $\text{maxR}$  è la somma massimale nella parte destra
- Ritorna il massimo dei due valori
- Riuscite a dimostrare che è corretto?



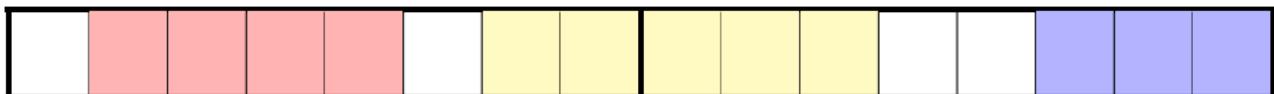
$\text{maxL}$

$\text{maxR}$

## Versione 3 – $O(n \log n)$

### Divide-et-impera

- Dividiamo il vettore a metà (sinistra, destra), in due parti più o meno uguali
- $\text{maxL}$  è la somma massimale nella parte sinistra
- $\text{maxR}$  è la somma massimale nella parte destra
- $\text{maxLL} + \text{maxRR}$  è il valore della sottolista massimale "a metà"
- Ritorna il massimo dei tre valori



$\text{maxL}$

$\text{maxRR}$

$\text{maxLL}$

$\text{maxR}$

## Versione 3 – Python – $O(n \log n)$

```
def maxsum_rec(A,i,j):
    if (i==j):
        return max(0, A[i])
    m = (i+j)//2
    maxLL = 0           # Maximal subvector on the left ending in m
    sum = 0
    for k in range(m, i-1,-1):
        sum = sum + A[k]
        maxLL = max(maxLL, sum);
    maxRR = 0           # Maximal subvector on the right starting in m+1
    sum = 0
    for k in range(m+1,j+1):
        sum = sum + A[k]
        maxRR = max(maxRR, sum);
    maxL = maxsum_rec(A, i, m)    # Maximal subvector on the left
    maxR = maxsum_rec(A, m+1, j)  # Maximal subvector on the right
    return max(maxL, maxR, maxLL + maxRR)

def maxsum3(A):
    return maxsum_rec(A,0,len(A)-1)
```

## Versione 4 – $O(n)$

### Programmazione dinamica

Sia  $\text{maxHere}[i]$  il valore del sottovettore di somma massima che termina in posizione  $A[i]$

$$\text{maxHere}[i] = \begin{cases} 0 & i < 0 \\ \max(\text{maxHere}[i - 1] + A[i], 0) & i \geq 0 \end{cases}$$

```
int maxsum4(int A[], int n) {
    int maxSoFar = 0;
    int maxHere = 0;
    for (int i=0; i < n; i++) {
        maxHere = max(maxHere+A[i], 0);
        maxSoFar = max(maxSoFar,maxHere);
    }
    return maxSoFar;
```

## Versione 4 – $O(n)$

A	1	3	4	-8	2	3	-1	3	4	-3	10	-3	2
maxHere	1	4	8	0	2	5	4	7	11	8	18	15	17
maxSoFar	1	4	8	8	8	8	8	8	11	11	18	18	18

La colonna associata ad ogni elemento del vettore A contiene il valore di **maxHere** e **maxSoFar** dopo l'esecuzione del ciclo per quell'elemento.

## Versione 4 – $O(n)$ – Python

Stessa tecnica, ma in questo caso ritorniamo una coppia di indici.

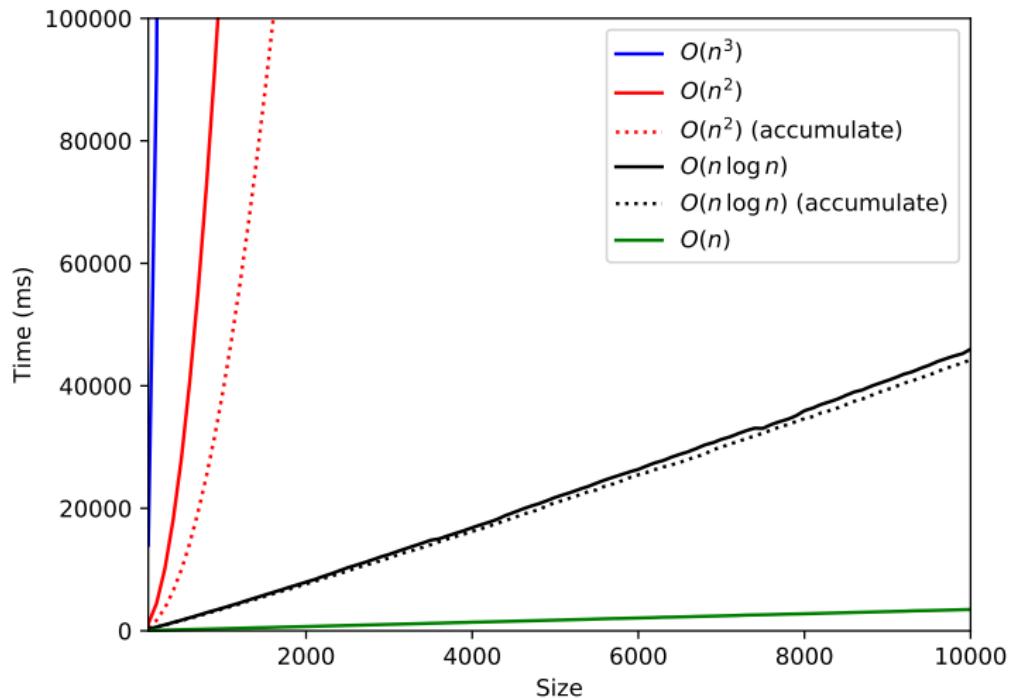
```
def maxsum4_slice(A):
    maxSoFar = 0          # Maximum found so far
    maxHere = 0           # Maximum slice ending at the current pos
    start = end = 0       # Start, end of the maximal slice found so far
    last = 0              # Beginning of the maximal slice ending here
    for i in range(0, len(A)):
        maxHere = maxHere + A[i]
        if maxHere <= 0:
            maxHere = 0
            last = i+1
        if maxHere > maxSoFar:
            maxSoFar = maxHere
            start, end = last, i
    return (start, end)
```

## Versione 4 – $O(n)$

A	1	3	4	-8	2	3	-1	3	4	-3	10	-3	2
maxHere	1	4	8	0	2	5	4	7	11	8	18	15	17
maxSoFar	1	4	8	8	8	8	8	8	11	11	18	18	18
last	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
start	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4
end	0	1	2	2	2	2	2	2	8	8	10	10	10

La colonna associata ad ogni elemento del vettore contiene il valore delle variabili dopo l'esecuzione del ciclo per quell'elemento.

# Tempi di esecuzione



# Un po' di storia

## Sottovettore di somma massimale

- Dal punto di vista educativo, **best problem ever!**
- 1977: Il problema è stato posto per la prima volta da Ulf Grenander (Brown), come versione semplificata di un problema più generale in immagini 2D (maximum likelihood in image processing)
- 1984: Algoritmo lineare proposto da Jay Kadane (Carnegie Mellon)
- Jon Bentley. **Programming pearls: algorithm design techniques.** Commun. ACM 27(9):865-873. September, 1984. [PDF]
- Jon Bentley **Programming Pearls**, 2nd ed.. Addison-Wesley, 2000. [Una copia in BUC]

# Un po' di storia

## Esempio: Genome Sequence Analysis

"One line of investigation in genome sequence analysis is to locate the biologically meaningful segments, like conserved regions or GC-rich regions. A common approach is to assign a real number (also called score) to each residue, and then look for the maximum-sum segment."

Chao, Kun-Mao. **Genomic sequence analysis: A case study in constrained heaviest segments.** Computational Genomics: Current Methods, 2007, 49.

Dal 2017-18

### Studenti Informatica

- Un corso **annuale** da 12 crediti (da settembre 2017 a maggio 2018), suddiviso in due moduli ma con un unico esame orale finale

### Studenti Matematica

- Due corsi da 6 crediti (uno per semestre), si può fare il primo o entrambi. Nel caso si faccia entrambi, un unico esame orale finale.

### Studenti Inf. Org.

- Suggerito solo il corso del primo semestre, con esame orale, a meno che non vogliate fare la Magistrale di Informatica.

# Programma del corso

## Modulo 1

- Introduzione
  - Analisi degli algoritmi
  - Notazione asintotica
  - Ricorrenze
  - Analisi ammortizzata
- Strutture dati
  - Strutture dati elementari
  - Alberi
  - Grafi
  - Insiemi e dizionari
- Tecniche di risoluzione
  - Divide-et-impera

## Modulo 2

- Strutture dati avanzate
  - Code con priorità
  - Insiemi disgiunti
- Tecniche di risoluzione
  - Scelta struttura dati
  - Programmazione dinamica
  - Algoritmi greedy
  - Ricerca locale
  - Backtrack
  - Algoritmi probabilistici
- Problemi intrattabili
  - Algoritmi approssimati
  - Problemi NP-completi

# Scopo del corso

## Conoscenze e competenze fondamentali

- **Contenuto:** una panoramica aggiornata sui problemi fondamentali e le loro soluzioni
- **Metodo:** i principi e le tecniche per risolvere i problemi che capitano nella vita di un programmatore

Contenuto: elenco di algoritmi

Metodo: pensiero astratto

- Analizzate il loro codice
- Convincetevi che funzionano
- Provate a implementarli

- Come sviluppare nuovi algoritmi per ogni problema che si presenta

# Citazioni importanti – 1

"An algorithm must be seen to be believed, and the best way to learn what an algorithm is all about is to try it"



Donald Knuth  
The Art of Computer Programming  
Vol.1: "Fundamental Algorithms"  
Section 1.1, page 4

<https://www.guitex.org/home/knuth-a-trento>

## Citazioni importanti – 2

"Se volete fare gli scrittori, ci sono due esercizi fondamentali: leggere molto e scrivere molto. Non conosco stratagemmi per aggirare questa realtà, non conosco scorciatoie.

[...]

Quello che voglio dire è che per scrivere al meglio delle proprie capacità, è opportuno costruire la propria cassetta degli attrezzi e poi sviluppare i muscoli necessari a portarla con sè. Allora, invece di farsi scoraggiare davanti a un lavoro che si preannuncia complicato, può darsi che abbiate a disposizione l'utensile adatto con il quale mettervi immediatamente all'opera."

On writing, Stephen King

# Riflessioni sul concetto di lezione universitaria

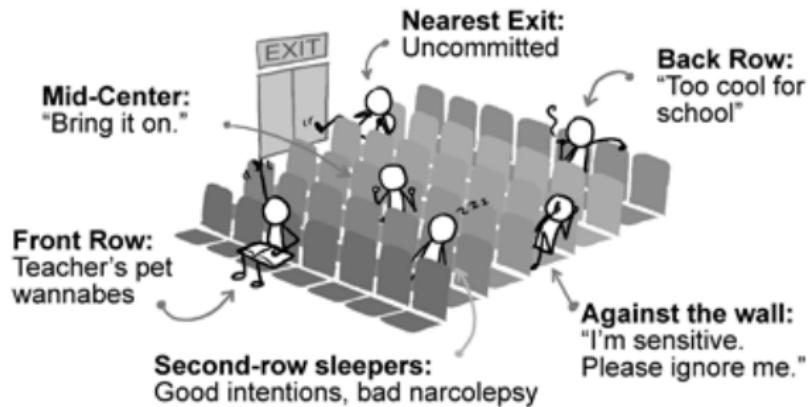


Laurentius da Voltolina – Bologna, seconda metà del XIV secolo

# Riflessioni sul concetto di lezione universitaria

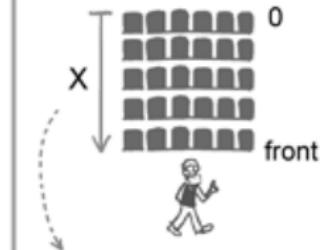
## WHERE YOU SIT IN CLASS/SEMINAR

And what it says about you:



WWW.PHDCOMICS.COM

### Proximity to Lecturer:



$$X = \frac{\text{How much you care}}{\text{How sleepy you are}}$$

JORGE CHAM © 2008

# Riflessioni sull'interazione a lezione

Domanda e sembrerà sciocco per un minuto, non domandare e resterà sciocco per sempre

*Proverbio cinese*

If a listener nods his head when you're explaining your program, wake him up

*Alan Perlis*

*Epigrams on Programming*

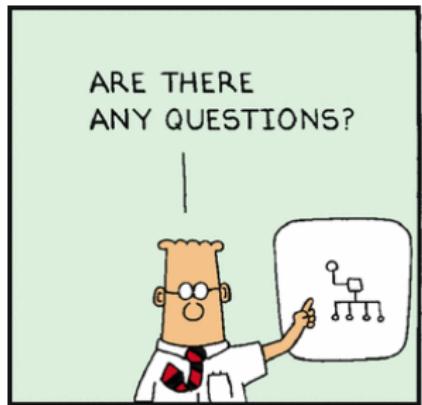
## Fate domande!

- Se sono poco chiaro, non esitate a chiedere ulteriori spiegazioni
- Se volete ulteriori approfondimenti, chiedete e vi sarà dato
- Non è detto che conosca tutte le risposte – ma so dove cercare!

## Rispondete alle mie domande!

- Parlare in 150 è difficile, ma cercate di partecipare tutti

# Riflessioni sull'interazione a lezione



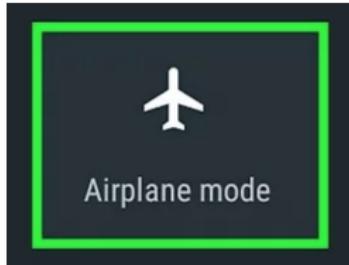
# Sull'uso di portatili e cellulari durante la lezione



- C. Stothart, A. Mitchum, C. Yehnert. **The attentional cost of receiving a cell phone notification.** *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 41(4):893-7 (Aug. 2015). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26121498>
- A.F. Ward, K. Duke, A. Gneezy, and M.W. Bos. **Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive Capacity.** *Journal of the Association for Consumer Research,* 2(2):140-154 (April 2017) <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/691462>

# Sull'uso di portatili e cellulari durante la lezione

Mette il cellulare in modalità aereo



Mettete il cellulare nello zaino



Spegnete il WiFi del portatile



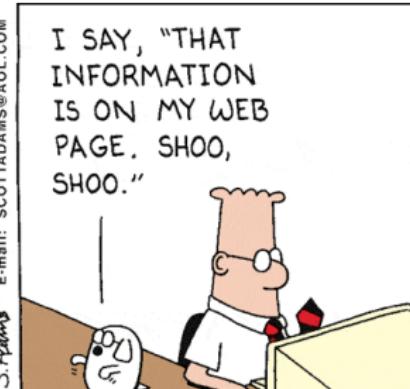
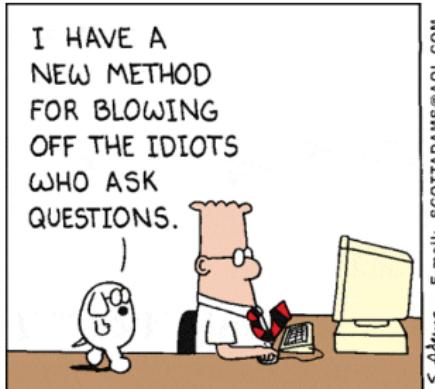
# Sito web del corso

<http://cricca.disi.unitn.it/montresor/asd/>

- Lucidi e appunti
- Video lezioni
- Software didattico
- Esercizi e compiti passati
- Progetti
- Approfondimenti

The screenshot shows a web browser displaying the course website. The URL in the address bar is <http://cricca.disi.unitn.it/montresor/index.php/teaching/asd>. The page title is "ALBERTO MONTRESOR" and the subtitle is "Algoritmi e Strutture Dati". The main navigation menu includes links for "ASD Home", "Programma", "Orario", "Registro", "Materiale", "Laboratorio", "Appelli", "Regolamento", and "FAQ". Below the menu, a breadcrumb trail shows "Home > Teaching > Algoritmi e Strutture Dati". The main content area features a large heading "Algoritmi e Strutture Dati" and a sub-section "Obiettivi del corso". A text block describes the course's purpose: "Il corso ha lo scopo di presentare i concetti fondamentali dell'algoritmica, ovvero quella branca dell'informatica che si occupa della definizione e la progettazione degli algoritmi, l'analisi della loro correttezza e della loro efficienza, la dimostrazione delle loro limitazioni e complessità, e lo studio dei dati da essi elaborati." To the right, there is a sidebar titled "NOTIZIE RECENTI" with a section for "Inizio corso ASD" dated "3 Sep 2016". It also contains a summary of the course schedule: "Il corso di Algoritmi e Strutture dati inizierà regolarmente Mercoledì 14 Settembre 2016. La prima lezione di laboratorio si svolgerà Venerdì 30 Settembre." At the bottom of the sidebar, there is a "CONTATTI" section and a link to "Docenti del corso". The browser's taskbar at the bottom shows several open tabs, including "CDM455CDN\_LAUREA.xlsx", "02-analisi.docx", "2015\_2016 - 0517H ...pdf", "2015\_2016 - 0514G ...pdf", and "Show All".

# Sito web del corso



# Docenti e assistenti

- Prof. Alberto Montresor
  - Titolare: lezioni teoriche, esercitazioni
  - alberto.montresor [AT] unitn.it
- Dott. Cristian Consonni, Dott. Lorenzo Ghiro
  - Esercitazioni, esercitazioni in laboratorio, correzioni progetti
  - cristian.consonni [AT] unitn.it , lorenzo.ghiro [AT] unitn.it

# Testi



## Libro adottato

- Bertossi, Montresor  
*Algoritmi e Strutture di Dati.*  
Tecniche nuove, 3<sup>a</sup> ed. (2014)  
(€26.35)

## Approfondimenti

- Cormen, Leiserson, Rivest, Stein. *Introduction to Algorithms.*  
The MIT Press; 3<sup>rd</sup> ed. (2009) (€48.35)
- Jon Kleinberg, Eva Tardos. *Algorithm Design.*  
Addison Wesley, 1<sup>st</sup> Int. ed. (2013) (€73.02)

# Lezioni e ricevimento

## Lezioni

Martedì	15.30 – 17.30	Lezione/Esercitazione <b>or</b> Lab	A101
Giovedì	10.30 – 12.30	Lezione/Esercitazione	B107

## Ricevimento

- Dopo ogni lezione, in aula
- Via mail, quando volete
- Su appuntamento
- Ricevimenti di gruppo, più avanti

# Esame

## Esame diviso in due parti

- 50% - Parte scritta
  - Esame scritto (Uno per modulo/semestre) (Aula)
  - Progetti laboratorio (Uno per semestre) (Homework)
- 50% - Parte orale

## Calcolo voto finale x 12 crediti

$$\frac{(\text{Voto Scritto 1} + \text{Bonus Lab1}) + (\text{Voto Scritto 2} + \text{Bonus Lab2})}{2} + \text{Voto Orale}$$

## Calcolo voto finale x 6 crediti

$$\frac{\text{Voto Scritto} + \text{Bonus Lab} + \text{Voto Orale}}{2}$$

# Esame scritto

## Open-book

- È possibile usare libri e appunti, non strumenti elettronici

## Regole

- **Salto appello:** in ogni anno solare:
  - potete consegnare al massimo **3** scritti parte A
  - potete consegnare al massimo **3** scritti parte B
- **Ultimo voto:** se partecipate allo scritto del modulo *X*, l'eventuale voto già ottenuto del modulo *X* viene perso.

## Compiti anni passati, con soluzioni

[http://cricca.disi.unitn.it/montresor/teaching/asd/materiale/  
esercizi/compiti/](http://cricca.disi.unitn.it/montresor/teaching/asd/materiale/esercizi/compiti/)

## Esame scritto

## GRADING RUBRIC

**PROBLEM 1 (TOTAL POINTS: 10)**



WWW.PHDCOMICS.COM

# Laboratorio

## Esercitazioni di laboratorio

- Corrette tramite software: Contest Management System (CMS), valutate in maniera competitiva
- Ricevete un bonus compreso fra 0 e 6 punti
  - Esercitazione 1: 13/12/2018 [0-3] punti
  - Esercitazione 2: 05/2019, [0-3] punti
- E' obbligatorio consegnarne almeno una per poter accedere all'orale

# Esame orale

Per accedere all'orale, è necessario:

- Consegnare almeno un progetto funzionante
- Ottenere un voto scritto  $\geq 18$ , così definito:

$$\begin{array}{ll} \text{12 crediti} & \frac{(\text{Voto Scritto 1} + \text{BonusLab 1}) + (\text{Voto Scritto 2} + \text{BonusLab2})}{2} \geq 18 \\ \text{6 crediti} & \text{Voto Scritto} + \text{Bonus Lab} \geq 18 \end{array}$$

- Dopo aver passato lo scritto, potete venire all'orale nello stesso appello d'esame o in un qualunque appello successivo
- Se rifiutate un voto all'orale, il voto dello scritto rimane valido
- Se l'appello è suddiviso in più giornate, non potete rifiutare e pretendere di tornare in una delle giornate successive; dovete passare all'appello successivo

## Validità esami

I voti degli esami scritti non hanno scadenza

I voti dei progetti non hanno scadenza

Caveat emptor!

- Se vi ripresentate fra 10 anni, non garantisco nulla....

# Date scritti parziali

## Studenti 2018-19

Parziale 1	Parziale 2
01/2019	
02/2019	
	06/2019
06/2019	06/2019
07/2019	07/2019
09/2019	09/2019
01/2020	01/2020
02/2020	02/2020

## Studenti precedenti

Parziale 1	Parziale 2
01/2019	01/2019
02/2019	02/2019
06/2019	06/2019
07/2019	07/2019
09/2019	09/2019

# Cheating policies

## Durante gli scritti

- È vietato comunicare in qualunque modo (oralmente, in forma scritta o elettronicamente), per qualsivoglia motivo.
- Chi viene sorpreso a parlare, viene invitato a lasciare l'aula e a ripresentarsi al prossimo appello
- Questo vale per entrambi gli "estremi" della comunicazione: sia chi parla sia chi ascolta
- Se avete bisogno di qualunque cosa, chiedete al docente

## Dopo gli scritti

- Il compito potrà essere annullato anche in caso di manifesta copiatura scoperta nel corso della correzione degli scritti
- L'annullamento riguarderà sia il “copiatore” che il “copiato”

**Art. 1**

“Chiunque in esami o concorsi, prescritti o richiesti da autorità o pubbliche amministrazioni per il conferimento di lauree o di ogni altro grado o titolo scolastico o accademico, per l’abilitazione all’insegnamento ed all’esercizio di una professione, per il rilascio di diplomi o patenti, presenta, come proprii, dissertazioni, studi, pubblicazioni, progetti tecnici e, in genere, lavori che siano opera di altri, è punito con la reclusione da tre mesi ad un anno. La pena della reclusione non può essere inferiore a sei mesi qualora l’intento sia conseguito.”

# Varie ed eventuali

## Opportunità

- ACM-ICPC
- Google Summer of Code
- Google HashCode
- Hackathon(s)
- Speck&Tech
- Facoltiadi
- Coderdojo
- Olimpiadi dell'Informatica

## Google Summer of Code

- Antonio Quartulli (2011)
- Federico Scrinzi (2012)
- Pietro Zambelli (2012)
- Edo Monticelli (2012)
- Savita Seetaraman (2014)
- Emilio Dorigatti (2015)
- Andrea Nardelli (2016)
- Lodovico Giarretta (2016)
- Giovanni De Toni (2017)
- Francesco Gazzetta (2018)

# Contatti

- Canale Telegram (annunci lezione):  
[https://t.me/asd2018\\_19](https://t.me/asd2018_19)
- Mailing list (annunci vari, anche per ex-studenti):  
<https://groups.google.com/a/disit.unitn.it/forum/#!forum/asd>
- Questionario valutazione didattica:  
<https://goo.gl/forms/cpRZKmmJelfUomfG3>

# Conclusioni

