Algoritmi e Strutture Dati

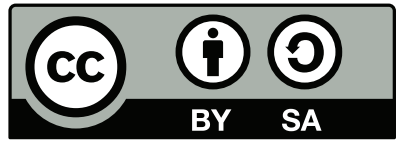
ASD turns 19!

Alberto Montresor

Università di Trento

2023/09/25

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



Due parole su di me

- Titolare di due corsi:
  - Algoritmi e Strutture Dati
    LT Informatica (+LT ICE, LT MAT)
  - Laboratory of Computer Science Education
    LM Computer Science, LM AIS
- Highlights
  - Senatore accademico + 9 altre cariche
  - Co-fondatore Coderdojo Verona
  - Co-fondatore FabLab UniTrento

Cos'è un informatico?

Colloquio di lavoro

Problema: Sottovettore di somma massimale

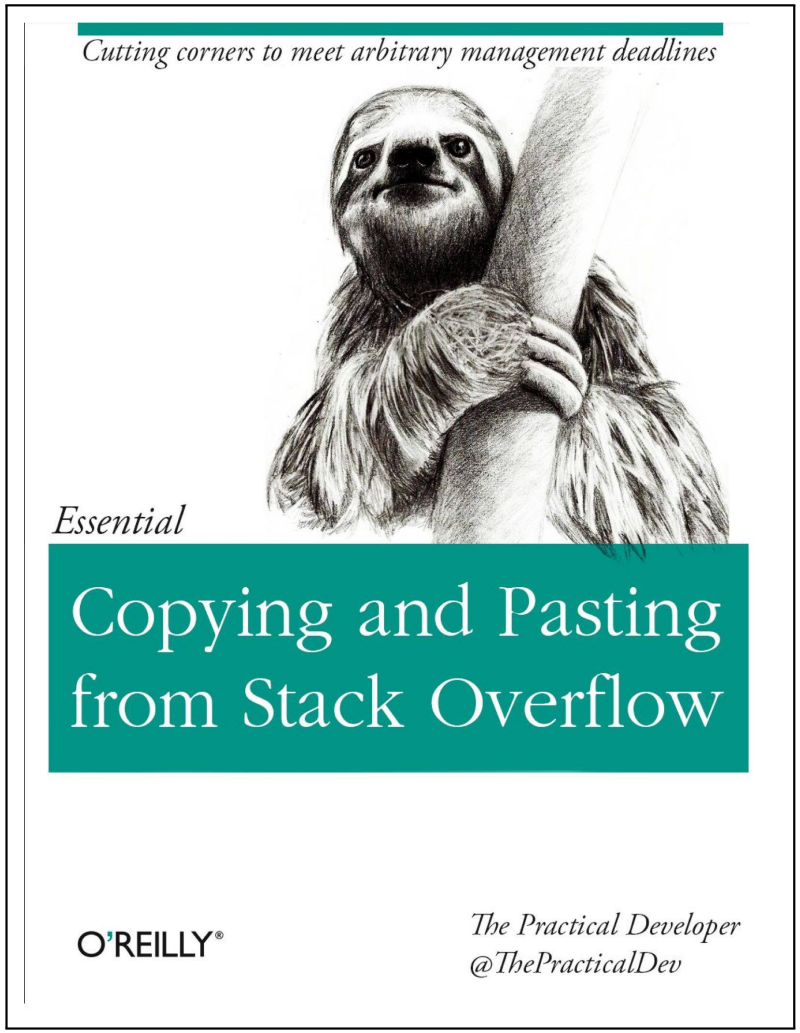
Input: un vettore di interi A, di n elementi

Output: il sottovettore contiguo $A[i \dots j]$ 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



~~Cerco qualcosa su StackOverflow~~
Chiedo a ChatGPT
(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 contenente n interi A

Output: il sottovettore contiguo $A[i \dots j]$ 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 contenente n interi A

Output: il sottovettore contiguo $A[i \dots j]$ 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 perchè l'implementazione sottostante è basata sul C

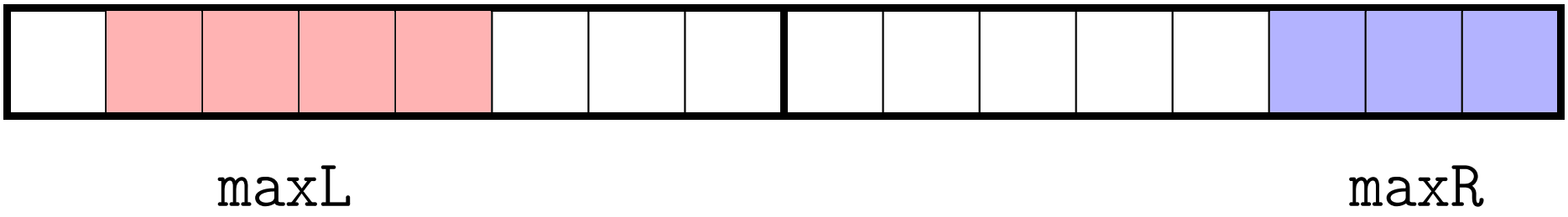
```
from itertools import accumulate

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

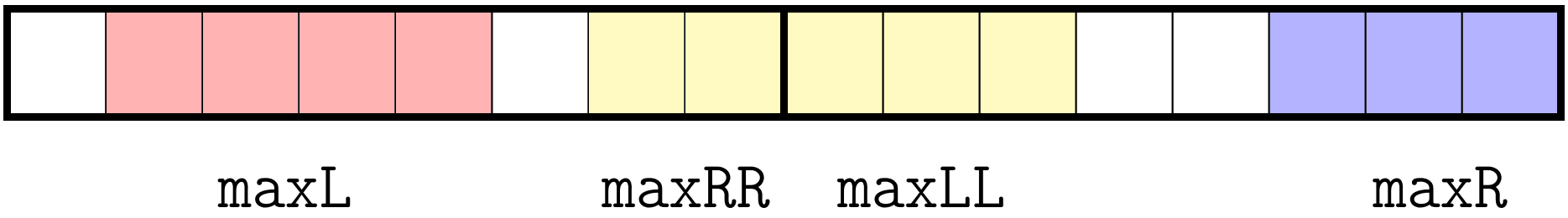
- Dividiamo il vettore in due parti più o meno uguali
- `maxL` è la somma massimale nella parte sinistra
- `maxR` è la somma massimale nella parte destra
- Ritorna il massimo dei due valori
- L'algoritmo proposto è corretto?



Versione 3 – $O(n \log n)$

Divide-et-impera

- Dividiamo il vettore in due parti più o meno uguali
- `maxL` è la somma massimale nella parte sinistra
- `maxR` è la somma massimale nella parte destra
- `maxLL+maxRR` è il valore della sottolista massimale "a metà"
- Ritorna il massimo dei tre valori



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 $maxHere_i$ il valore del sottovettore di somma massima che termina in posizione $A[i]$

$$maxHere_i = \begin{cases} \max(A[0], 0) & i = 0 \\ \max(maxHere_{i-1} + A[i], 0) & i > 0 \end{cases}$$

Il valore massimo contenuto in $maxHere_0 \ldots maxHere_{n-1}$ rappresenta il valore del sottovettore di somma massima che termina in una qualunque posizione del vettore, quindi la nostra risposta.

Versione 4 – $O(n)$

```
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;
}
```

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.

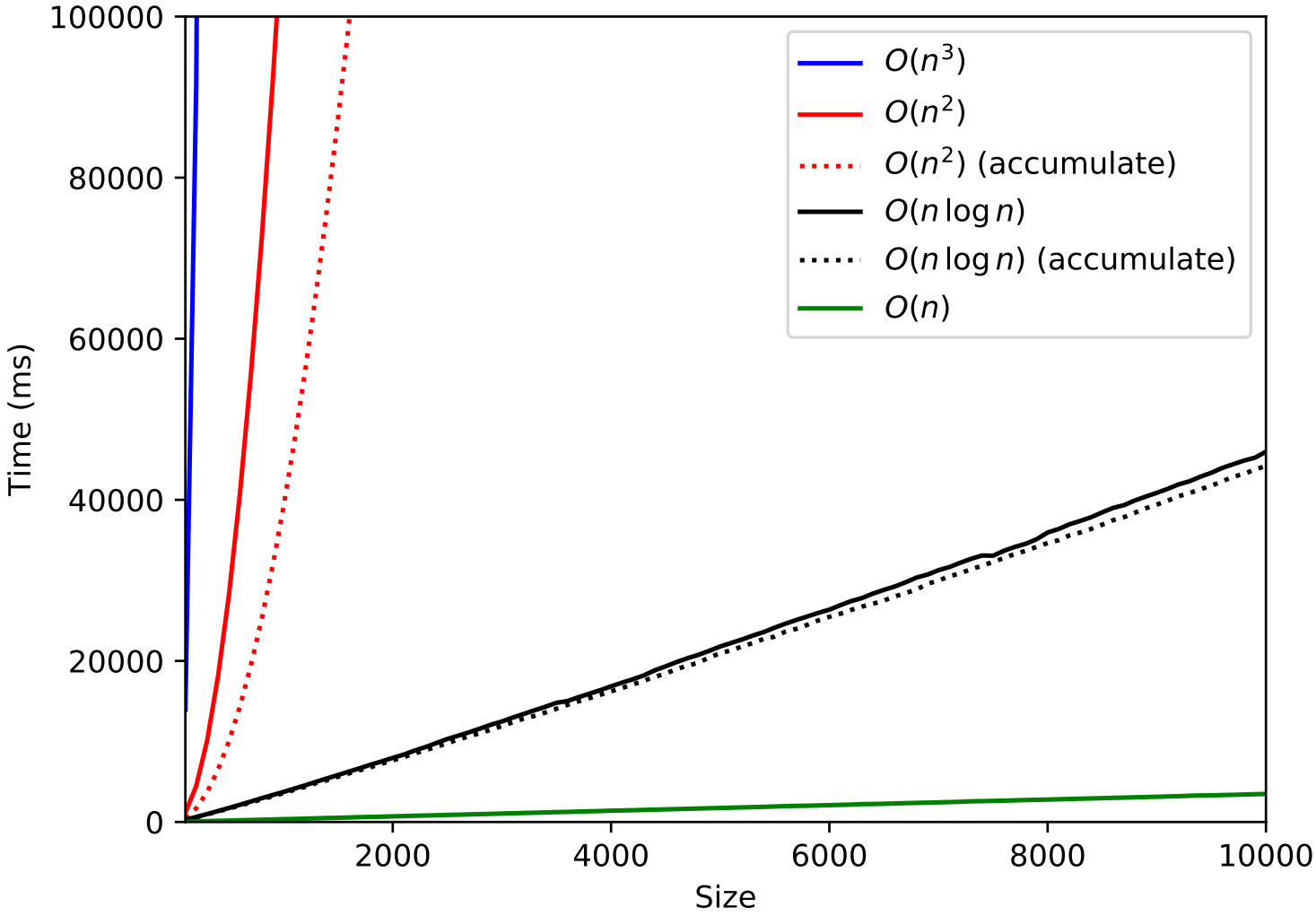
```
def maxsum4_slice(A):
  maxSoFar = 0        # Maximum found so far
  maxHere = 0         # Maximum slice ending at the current pos
  start = end = 0     # Start, end of the maximal slice found so far
  last = 0            # Beginning of the maximal slice ending here
  for i in range(0, len(A)):
    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 didattico, best problem ever!
- 1977: Ulf Grenander (Brown) introduce il problema, 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.

Organizzazione

Studenti Informatica

- Un corso annuale da 12 crediti (da 09/2023 a 05/2024), suddiviso in due moduli, ma con un unico esame orale finale

Studenti Matematica, Inf. Org., ICE

- Scelta fra versione 6 crediti (uno per semestre) o versione da 12 crediti.

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
  - Programmaz. dinamica
  - Algoritmi greedy
  - Ricerca locale
  - Backtrack
  - Algoritmi probabilistici
- Problemi intrattabili
  - Problemi NP-completi
  - Tecniche euristiche, approssimate

Scopo del corso

Conoscenze e competenze fondamentali

- Conoscenze: panoramica sui problemi fondamentali e le loro soluzioni algoritmiche
- Competenze: tecniche standard per risolvere un'ampia gamma di problemi complessi

Algoritmi

- Analizzate il loro codice
- Convincetevi che funzionano
- Implementateli!

Tecniche di soluzione

- Risolvete (tanti) problemi
- Analizzate le vostre soluzioni
- Implementatele!

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."

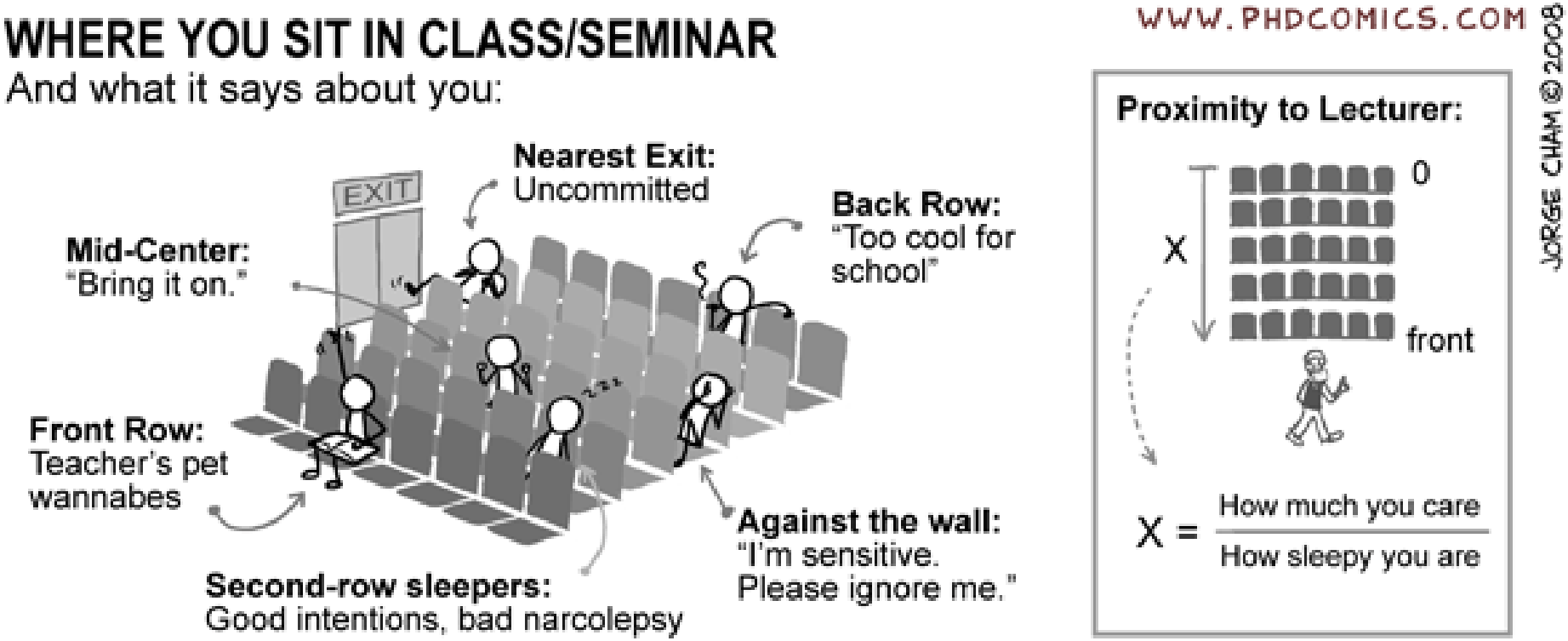
On writing, Stephen King

http://cricca.disi.unitn.it/montresor/teaching/asd/la-cassetta-degli-attrezzi/

Riflessioni sul concetto di lezione universitaria

Laurentius da Voltolina – Bologna, seconda metà del XIV secolo

Riflessioni sul concetto di lezione universitaria



Riflessioni sull'interazione a lezione

Chiedi, e ti vergognerai un attimo, non chiedere e ti vergognerai per sempre

Murakami Haruki
Kafka sulla spiaggia

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!

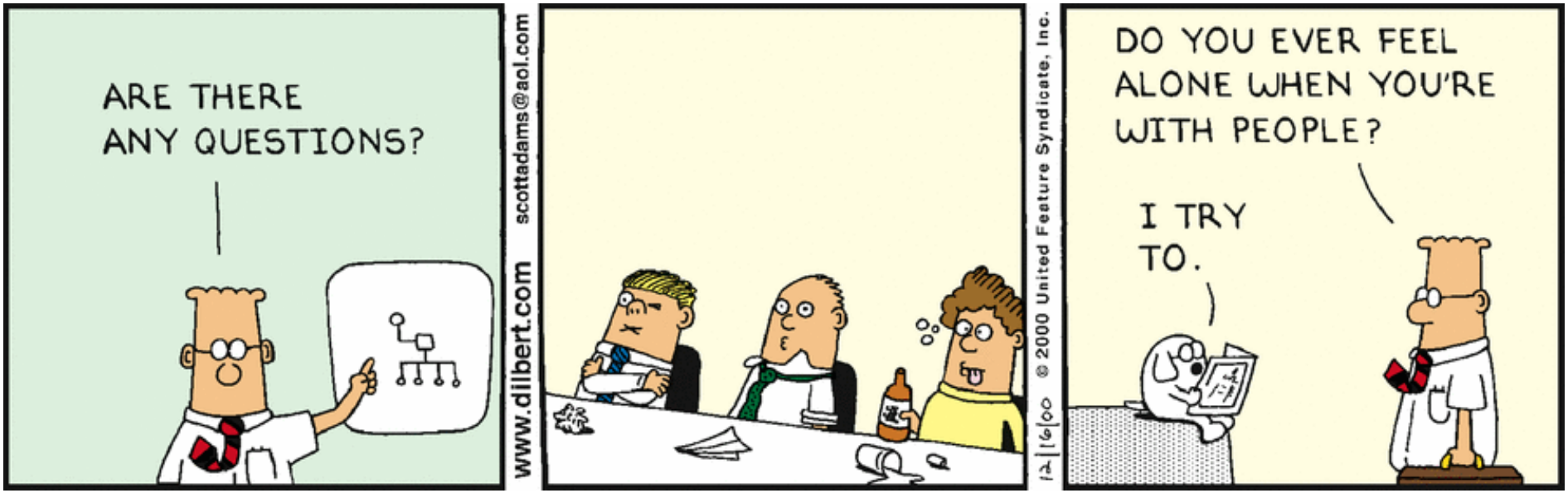
Rispondete alle mie domande!

- Partecipare in 150+ è difficile, ma cercate di partecipare tutti

Come interagire

- "Iscrizione" corso:
  https://forms.gle/37B4q9h19ptwKHzK7
- Canale Telegram (annunci, parlo io):
  https://t.me/unitn_asd23
- Gruppo telegram (discussione, parlate voi):
  https://t.me/+fr8ck2Cah5NlMDJk

Riflessioni sull'interazione a lezione



Sull'uso di portatili e cellulari durante la lezione

Sull'uso di portatili e cellulari durante la lezione

- C. May. Students are Better Off without a Laptop in the Classroom. Scientific American, 2017.
  https://www.scientificamerican.com/article/students-are-better-off-without-a-laptop-in-the-classroom/
- 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 smartphone durante la lezione

Smartphone in modalità aereo

Smartphone nello zaino

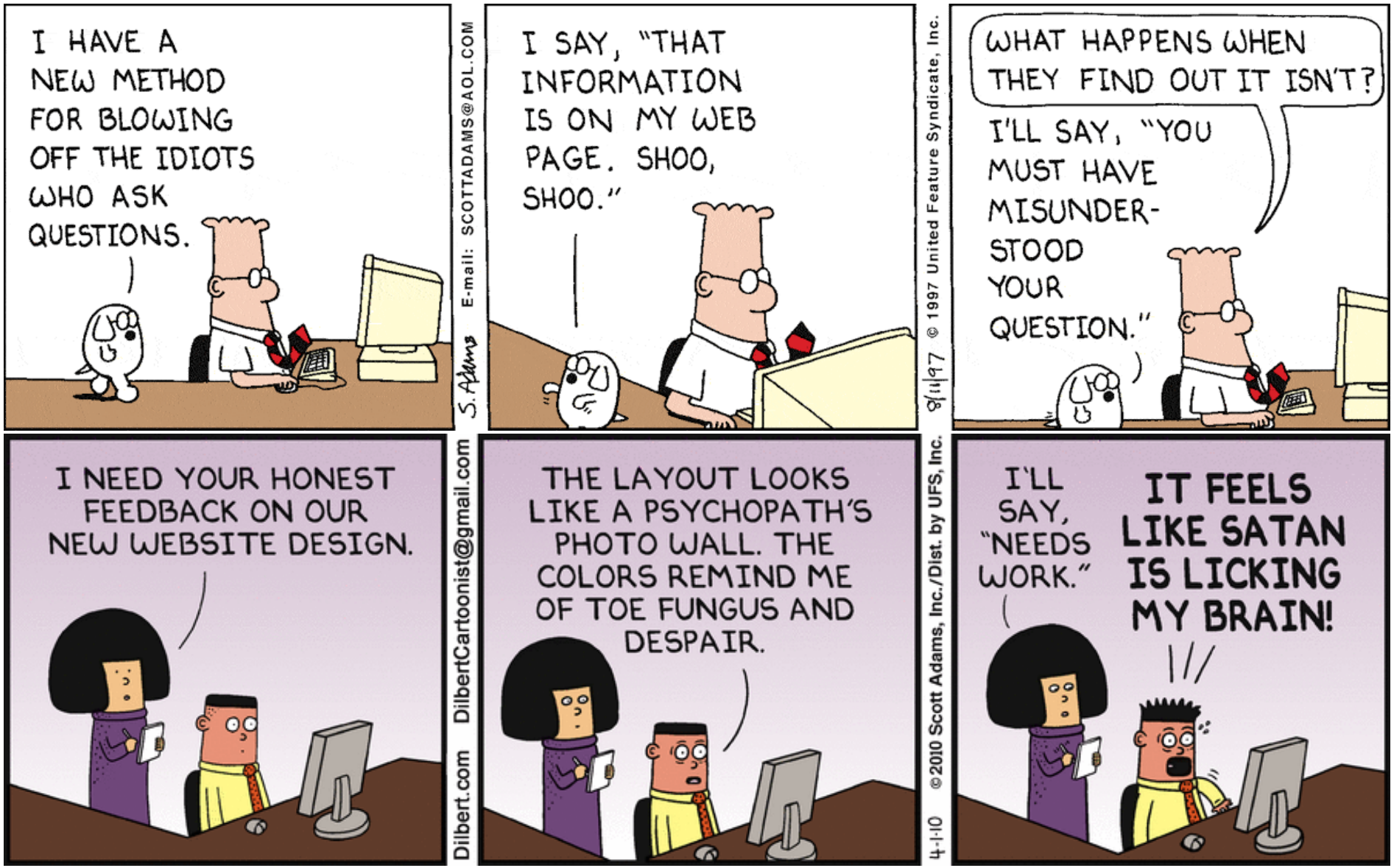
Spegnete il WiFi del portatile

Sito web del corso

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

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

Sito web del corso



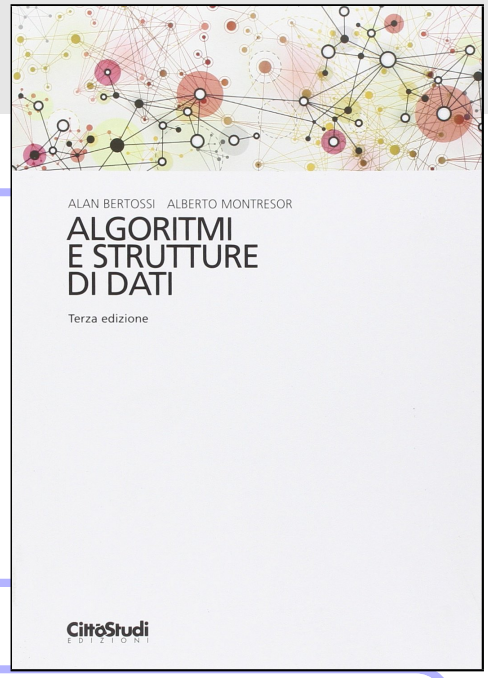
Docenti e assistenti

- Titolare: lezioni teoriche, esercitazioni, correzione scritti, orali
  - Prof. Alberto Montresor (alberto.montresor@unitn.it)
- Sessioni in laboratorio, correzioni progetti
  - Dott. Francesco Lotito (francesco.lotito@unitn.it)
  - Dott. Cristian Consonni (cristian.consonni@unitn.it)
- Tutorato:
  - Luca Mosetti
  - Carmen Casulli
  - Michele Ghilardi

Testi

Libro adottato

- Bertossi, Montresor
  Algoritmi e Strutture di Dati.
  Tecniche nuove, 3^a ed. (2014)
  (€31.35)



Approfondimenti

- Cormen, Leiserson, Rivest, Stein. *Introduction to Algorithms*.
  The MIT Press; 4^{th} ed. (2022) (€103.28)
- Cormen, Leiserson, Rivest, Stein. *Introduction to Algorithms*.
  The MIT Press; 3^{rd} ed. (2009) (€48.73)
- Jon Kleinberg, Eva Tardos. *Algorithm Design*.
  Addison Wesley, 1^{st} Int. ed. (2013) (€94.99)

Lezioni e ricevimento

Lezioni

Martedì	10.30 – 12.30	Lezione/Esercitazione
Giovedì	13.30 – 15.30	Lezione/Esercitazione **or** Lab

Ricevimento

- Via zoom, annunciato settimanalmente
  https://tinyurl.com/TheHouseOfMontresor
- Al termine di ogni lezione, in presenza
- Via mail, quando volete
- Su appuntamento

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

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

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

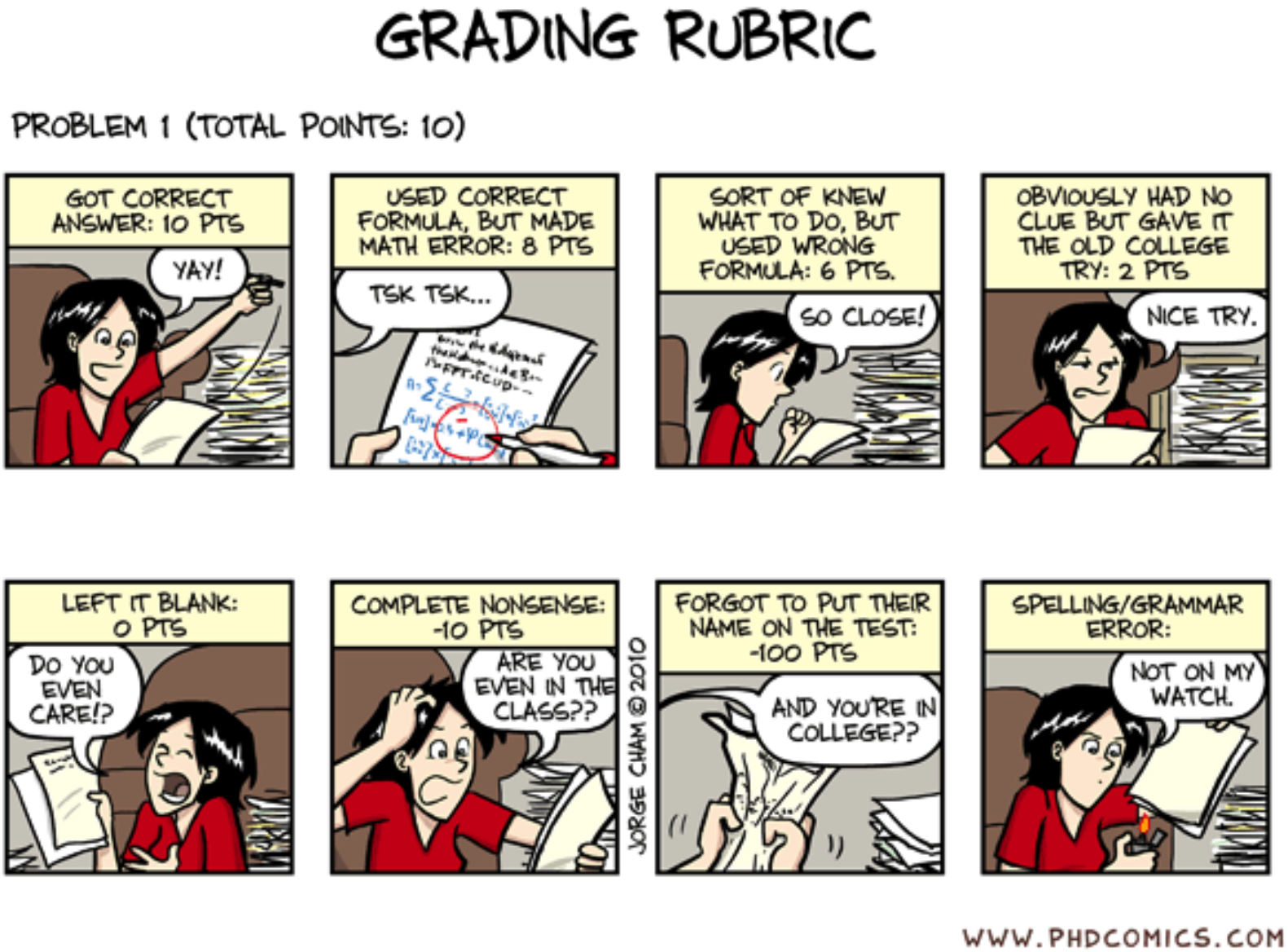
Regole

- Salto appello: in ogni anno solare (2024, 2025):
  - 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/

Esame scritto



Laboratorio

Progetti di laboratorio

- Corrette tramite software: Contest Management System (CMS), valutate in maniera competitiva
- Ricevete un bonus compreso fra 0 e 6 punti
  - Progetto 1: Dicembre 2023 [0-3] punti
  - Progetto 2: Maggio 2024 [0-3] punti

Esame orale

Per accedere all'orale, è necessario:

- Consegnare almeno un progetto funzionante
- Ottenere un voto scritto ≥ 17.5, così definito:

$$\begin{array}{ll} \text{12 crediti} & \dfrac{(\text{Voto Scritto 1} + \text{BonusLab 1}) + (\text{Voto Scritto 2} + \text{BonusLab2})}{2} \geq 17.5 \\ \text{6 crediti} & \text{Voto Scritto} + \text{Bonus Lab} \geq 17.5 \end{array}$$

- 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

Studenti 2023-24

Parte A	Parte B
01/2024	
02/2024	
06/2024	06/2024
07/2024	07/2024
09/2024	09/2024
	01/2025
	02/2025

Studenti precedenti

Parte 1	Parte 2
01/2024	01/2024
02/2024	02/2024
06/2024	06/2024
07/2024	07/2024
09/2024	09/2024

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"

LEGGE 19/04/1925, n. 475 – GU 29/04/1925 , n. 99

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
- Palestra di algoritmi
- **Fablab**

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)
- Simone Degiacomi (2019)
- Beatrice Vergani (2020)
- Fabrizio Sandri (2022)
- Emanuele Grisenti (2022)
- Sebastiono Tocci (2023)

Valutazione della didattica

- Questionario valutazione didattica:
  https://goo.gl/forms/cpRZKmmJelfUomfG3

Conclusioni