



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dispense per i corsi di

Informatica generale
Corso di laurea in Matematica
e
Introduzione agli Algoritmi
Corso di laurea in Informatica

Prof. Tiziana Calamoneri
Prof. Giancarlo Bongiovanni

Questi appunti sono basati sul libro di Cormen, Leiserson e Rivest, "Introduzione agli algoritmi", McGraw Hill, adottato quale libro di testo del corso.

Essi rispecchiano piuttosto fedelmente il livello di dettaglio che viene seguito durante le lezioni, e costituiscono un ausilio didattico allo studio.

Tuttavia, è importante chiarire che gli appunti non vanno intesi come sostitutivi né del libro di testo né della frequenza alle lezioni, che rimangono fattori fondamentali per una buona preparazione dell'esame.



Licenza 2014 Giancarlo Bongiovanni e Tiziana Calamoneri

Distribuzione Creative Commons

Il lettore ha libertà di riprodurre, stampare, inoltrare via mail, fotocopiare, distribuire questa opera alle seguenti condizioni:

- **Attribuzione:** deve attribuire chiaramente la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ha dato l'opera in licenza;
- **Non commerciale:** non può usare quest'opera per fini commerciali;
- **Non opere derivate:** Non può alterare o trasformare quest'opera, né usarla per crearne un'altra.

Licenza Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

Testo completo: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



Indice

1) Introduzione	6
1.1 Algoritmi	7
1.2 Strutture dati.....	8
1.3 Efficienza	9
1.4 Problem solving e problemi computazionali.....	10
1.5 Modello del calcolatore	11
1.5.1 Memoria	12
1.5.2 Random access machine	14
2) Notazione asintotica	17
2.1 Notazione O (limite asintotico superiore).....	18
2.2 Notazione Ω (limite asintotico inferiore).....	20
2.3 Notazione Θ (limite asintotico stretto).....	21
Si osservi che $\Theta(n^h) \neq \Theta(n^k)$ quando $h \neq k$	22
2.4 Algebra della notazione asintotica	22
2.5 Calcolo della notazione asintotica tramite limiti.....	25
Spesso è possibile determinare la notazione asintotica di una funzione calcolando il limite di un rapporto.	25
2.6 Valutazione del costo computazionale di un algoritmo	26
3) Il problema della ricerca	33
3.1 Ricerca sequenziale.....	33
3.2 Ricerca binaria	35
3.3 Una curiosità: ricerca in tempo costante	37
4) La ricorsione	39
4.1 Funzioni matematiche ricorsive	39
4.2 Algoritmi ricorsivi	40
4.2.1 Calcolo del fattoriale	40
4.2.2 Ricerca sequenziale ricorsiva.....	43
4.2.3 Ricerca binaria ricorsiva.....	44
4.2.4 Calcolo dei numeri di Fibonacci.....	45
5) Equazioni di ricorrenza	48
5.1 Metodo di sostituzione	49



5.2 Metodo iterativo	52
5.3 Metodo dell'albero	55
5.4 Metodo del teorema principale	56
5.4.1 Enunciato del teorema principale	57
5.4.2 Dimostrazione del teorema principale	60
6) Il problema dell'ordinamento	66
6.1 Algoritmi semplici	67
6.1.1 Insertion sort	67
6.1.2 Selection sort	69
6.1.3 Bubble sort	70
6.2 La complessità del problema dell'ordinamento	71
6.3 Algoritmi efficienti	74
6.3.1 Mergesort	74
6.3.2 Quicksort	79
6.3.3 Heapsort	86
6.3.4 Ordinamento in tempo lineare: counting sort e bucket sort	93
7) Strutture dati fondamentali	97
7.1 Lista semplice	101
7.2 Lista doppia	103
7.3 Coda	105
7.4 Coda con priorità	108
7.5 Pila	110
7.6 Albero	115
7.6.1 Alberi binari	118
7.6.2 Rappresentazione in memoria degli alberi binari	121
7.6.3 Visita di alberi binari	124
7.6.4 Applicazioni delle visite di alberi	127
8) Dizionari	129
8.1 Tabelle ad indirizzamento diretto	130
8.2 Tabelle hash	130
8.2.1 Risoluzione delle collisioni mediante liste di trabocco	133
8.2.2 Risoluzione delle collisioni mediante indirizzamento aperto	135
8.2.2.1 Scansione lineare, scansione quadratica e hashing doppio	136



8.3 Alberi binari di ricerca.....	141
8.3.1 Ricerca in un albero binario di ricerca	143
8.3.2 Inserimento in un albero binario di ricerca	145
8.3.2 Ricerca di minimo, massimo, predecessore e successore	147
8.3.3 Eliminazione in un albero binario di ricerca	149
8.4 Alberi Red-Black	152
9) Grafi	159
9.1 Definizioni e semplici proprietà.....	159
9.2 Rappresentazione in memoria di grafi.....	163
9.2.1 Liste di adiacenza.....	163
9.2.2 Matrice di adiacenza.....	164
9.2.3 Matrice di incidenza	164
9.2.4 Lista di archi.....	165
9.2.5 Confronti fra le rappresentazioni	166
9.3 Visita di grafi.....	167
9.3.1 Alberi di visita	168
9.3.2 Visita in ampiezza (BFS)	169
9.3.3 Visita in profondità	174
9.3.4 Somiglianze fra la visita in ampiezza e la visita in profondità.....	177
9.4 Reti e grafi	179
9.4.1 Algoritmo di Dijkstra per la ricerca dei cammini minimi	180
9.5 Alcuni problemi classici sui grafi.....	189
9.5.1 Grafi euleriani	189
9.5.2 Grafi bipartiti ed accoppiamenti.....	191
9.5.3 Colorazione di grafi e grafi planari.....	195