

# Bibliografia

- A.A. V.V.**, *Wikipedia, L'enciclopedia libera e collaborativa*, <http://it.wikipedia.org>
- A. Abrardo**, *Comunicazioni Radiomobili*,  
[http://www.dii.unisi.it/~abrardo/comunicazioni\\_radiomobili.pdf](http://www.dii.unisi.it/~abrardo/comunicazioni_radiomobili.pdf),  
URL consultato il 25/01/2016
- J. B. Anderson**, *Digital Transmission Engineering*, 2nd Edition, August 2005, Wiley-IEEE Press
- G. E. Agrawal**, *Coherent Optical Communications*, Third Edition, 2002 John Wiley & Sons, Inc.
- S. Barbarossa, T. Bucciarelli**, *Teoria dei Segnali*, Ingegneria 2000, Roma
- S. Benedetto, E. Biglieri**, *Teoria della Probabilità e Variabili casuali*, Quaderni di Elettronica, 1980 Boringhieri
- C. A. Bentivoglio, A. Caldarelli**, *Tecniche e tecnologie multimediali*, 2007 EUM edizioni università di Macerata
- J. Bellamy**, *Digital Telephony*, 1991 John Wiley and Sons, New York
- E. Björnson, J. Hoydis, L. Sanguinetti** *Massive MIMO Networks: Spectral, Energy, and Hardware Efficiency*, 2017, Foundations and Trends in Signal Processing: Vol. 11, No. 3-4, pp 154–655. DOI: 10.1561/2000000093. Accessibile presso <https://massivemimobook.com>
- G. Cancellieri**, *Telecomunicazioni*, 2000 Pitagora editrice - Bologna
- A. B. Carlson**, *Communication Systems*, 3<sup>rd</sup> Edition, 1986 Mc Graw Hill
- M. Chiodi**, *Richiami di algebra elementare delle matrici*,  
<https://www.marcellochiodi.com/mylessons/MLA2020matriciA4.pdf>, URL consultato il 26/09/2021
- M. Cover, J.A. Thomas**, *Elements of information theory*, 2006 by John Wiley & Sons
- F. Cuomo**, *Telematica*, 2001 <http://net.infocom.uniroma1.it/tlem/lucidi/lucidi.php3>  
*TeoriadeiSegnali.it*

- R. Cusani, T. Inzerilli**, *Teoria dell'Informazione e Codici*, Ed. Ingegneria 2000, 2007  
Roma
- M. Decina, A. Roveri**, *Code e Traffico nelle Reti di Comunicazione*, 1991 Editrice La  
Goliardica - Roma
- M. Decina, A. Roveri**, *Introduzione alle Reti Telefoniche Analogiche e Numeriche*, 1989  
Editrice La Goliardica - Roma
- M. G. Di Benedetto, P. Mandarini**, *Comunicazioni Elettriche*, 2000 Editrice La Go-  
liardica - Roma
- G. Fedele**, *Complementi ed applicazioni di Teoria dei Segnali*, Ed. Ingegneria 2000,  
1996 Roma
- L. E. Franks**, *Signal Theory*, 1969 Prentice-Hall, Englewood Cliff, N.J.
- R. L. Freeman**, *Telecommunication System Engineering*, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley &  
Sons
- A. Goldsmith**, *Wireless Communications*, Draft of Second Edition, Marzo 2020, <http://web.stanford.edu/~goldsmith/>  
URL consultato il 12/09/2021
- T. T. Ha**, *Theory and Design of Digital Communication Systems*, Cambridge University  
Press 2011
- F. Halsall**, *Multimedia Communications*, 2001 Pearson Education Limited
- C. W. Helstrom**, *Probability and Stochastic Processes for Engineers*, 2<sup>nd</sup>, 1991 Macmillan  
Publishing Company
- N. S. Jayant, P. Noll**, *Digital Coding of Waveforms*, 1984 Prentice-Hall, N.J.
- E. Krouk, S. Semenov**, *Modulation and coding techniques in wireless communications*,  
2011 John Wiley & Sons Ltd.
- D. Leon, W. Couch**, *Fondamenti di telecomunicazioni*, 2004 Apogeo
- S. Lin, D.J. Costello Jr.**, *Error Control Coding: Fundamentals and Applications*, 1983  
Prentice-Hall, Englewood Cliff, N.J.
- M. Listanti, A. Roveri**, *Comunicazioni Dati*, Appunti
- M. Luise, G. M. Vitetta**, *Teoria dei segnali, seconda edizione*, 2003 McGraw-Hill
- M. Luise**, *Lezioni di comunicazioni digitali, DRAFT*, 2021 Università di Pisa,  
[http://www.iet.unipi.it/m.luise/LCD\\_Luise\\_draft.pdf](http://www.iet.unipi.it/m.luise/LCD_Luise_draft.pdf), Url consul-  
tato il 14/08/2021

- P. Mandarini**, *Teoria dei Segnali*, 1979 Editrice La Goliardica - Roma
- A. V. Oppenheim, R. W. Shafer**, *Digital Signal Processing*, 1975 Prentice Hall, NJ
- C. D. Pagani, S. Salza**, *Analisi Matematica 1*, 2015 Zanichelli
- A. Papoulis**, *Probability, Random variables, and Stochastic Processes*, 1991 McGraw-Hill Int.Eds.
- B. Peroni**, *Comunicazioni Elettriche*, Ed. Scientifiche Siderea, 1973 Roma
- A. Perotti**, *Introduzione alle Comunicazioni Radiomobili*,  
<http://www.tlc.polito.it/~perotti/it/tcr/book.pdf>, URL consultato il 25/01/2016,  
oppure Researchgate, consultato il 20/07/2021
- G. M. Poscetti**, *Elementi di teoria dell'informazione*, Ed. Ingegneria 2000, 1996 Roma
- J.G. Proakis, M. Salehi**, *Communication systems engineering 2<sup>nd</sup> Ed.*, 2002 Prentice-Hall
- T.S. Rappaport**, *Wireless Communications: Principles and Practice, Second Edition*, Prentice Hall, 2002
- U. Reimers**, *Digital Video Broadcasting*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001
- F. Rocca**, *Elaborazione Numerica dei Segnali*, Edizioni CUSL Milano 1998
- A. Roveri**, *Reti di telecomunicazione*, Appunti delle lezioni
- S. Sardellitti**, *Trasmissione Numerica*, Appunti delle lezioni
- M. Schwartz**, *Information Transmission, Modulation, and Noise*, 4<sup>th</sup> Edition, 1990, Mc Graw Hill
- C. Shannon, W. Weaver**, *La teoria matematica delle comunicazioni*, 1949 Univ. of Illinois, 1971 Gruppo Editoriale Fabbri
- W. Stallings**, *Trasmissione Dati e Reti di Computer*, Jackson Libri 2000, titolo originale Data & Computer Communications 6<sup>th</sup> Edition, 2000 Prentice Hall
- R. Steele**, *Mobile Radio Communications* 1992 Pentech Press London, 1994 IEEE press NJ
- F. G. Stremler**, *Communication Systems*, 1990 Addison-Wesley
- A. S. Tanenbaum**, *Reti di Computer*, 1989 Gruppo Editoriale Jackson
- H. Taub, D. L. Schilling**, *Principles of Communication Systems*, 1986 Mc Graw Hill
- J. Watkinson**, *The MPEG handbook*, 2001 Focal Press



# Indice analitico

- accesso multiplo, 338, 526, 532
  - OFDMA, 744
- ACK (*acknowledgment*), 787
- ADM (*add and drop multiplexer*), 832
- ADM ottico, 662
- ADPCM, 287
- ADSL, 664, 850
- algoritmo
  - Min-Sum, 594
  - somma-prodotto, 592
- aliasing, 92
  - temporale, 109
- AMI (*alternate mark inversion*), 444
- amplificazione ottica, 658
- analisi via sintesi, 295
- antenna, 666
- architettura protocollare, 784
- ARP (*address resolution protocol*), 807
- ARQ (*automatic repeat request*), 467
- ASCII, 488
- assorbimento
  - atmosferico, 670
  - terrestre, 668
- attenuazione
  - chilometrica (cavo), 643
  - chilometrica (fibra), 653
  - di spazio libero, 667
  - disponibile, 639, 668
  - supplementare, 639, 653, 675
- autocorrelazione, 193, 211, 294
  - all'uscita di un filtro, 228
  - per segnali periodici, 196
  - proprietà, 195
- autovalore
  - della matrice di correlazione, 282
- autovalori e autovettori, 185
- autovettore
  - della matrice di transizione, 262
- AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), 452, 558
- back-off, 405, 863
- banda
  - di coerenza, 685
  - di guardia, 340
  - di rumore, 410
  - frazionale, 401
  - larghezza di, 207, 341
  - laterale doppia, 362
  - laterale ridotta, 366
  - laterale unica, 354, 364
- base ortonormale, 52
- baud, 436
- Bayes (teorema di), 147
- beamforming, 738
- belief propagation, 592
- Bessel
  - funzione di, 382
  - funzione modificata di, 425
- bit, 250
  - di start e di stop, 478
  - stuffing, 482, 832
- blocco di coerenza, 744
- Boltzmann (costante di), 245
- BPSK (*bi-phase shift keying*), 492
- BRAS (*broadband remote access server*), 851
- BRI (*basic rate interface*), 848
- broadcast
  - canale di (MU-MIMO), 732
  - dominio di, 811
  - Ethernet, 807
  - FM, 859

- trasmissione, 338
- BSC (*binary symmetric channel*), 552
- buffer, 784
  - FIFO, 323
- cambio
  - di scala, 18
  - di variabile, 18
- cammini multipli, 670, 672, 678, 685
- campionamento, 8
  - del colore, 307
  - dell'impulso, 70
  - filtro adattato, 212
  - in frequenza, 108
  - PCM, 828
  - precisione, 446
  - restituzione D/A, 93
  - spaziale, 303
  - teorema del, 89
- canale
  - AWGN, 558, 587
  - binario simmetrico, 552
  - broadcast MU-MIMO, 732
  - equivalente, 398
  - MIMO-OFDM, 740
  - numerico, 6
    - trasmissione su, 435
  - perfetto, 231, 235
  - radiomobile, 689
  - selettivo in frequenza, 685
  - telefonico, 339
  - televisivo, 694
  - variante nel tempo, 686
  - virtuale, 781
- capacità di canale
  - binario simmetrico, 557
  - con fading di Rayleigh, 716
  - continuo, 558
  - discreto, 556
  - MIMO, 717
  - OFDM, 523
- cardinale
  - interpolazione, 90
  - seno, 90
- Carson (regola di), 385
- CAS (*channel associated signaling*), 829
- causalità, 26
- cavo
  - coassiale, 648
  - linea aerea, 646
  - ritorto, 646
- CCS (*common channel signaling*), 830
- CDM (*code division multiplex*), 526
- CDMA (*code division multiple access*), 532
- CDN (*circuito diretto numerico*), 825
- CELP (*code excited linear prediction*), 298
- centralinista, 826
- centralino, 763
- cerchio unitario, 107
- circuito
  - commutazione di, 781
  - elettrico, 599
  - virtuale, 661, 781
- classless interdomain routing, 805
- Clos (condizione di), 843
- coda di attesa, 773
  - lunghezza media, 775
  - tempo medio, 777
- codebook, 469, 564
  - adattivo, 299
  - da quantizzazione vettoriale, 297
  - delle p. pilota, 747
  - di downlink (MU-MIMO), 736
  - di Hamming, 568
  - di Huffman, 315
  - di precoding, 737
- codeword, 469, 564
- codice
  - a ripetizione, 471
  - accorciato, 572
  - BCH, 571
  - bipolare, 443
  - ciclico, 570
  - concatenato, 583
    - convoluzionale, 586
  - convoluzionale, 574
  - di Alamouti, 709
  - di canale, 563
  - di Gray, 458
  - di linea, 442
  - di Reed-Solomon, 572
  - differenziale, 444
  - interno-esterno, 573
  - irregolare, 596
  - lineare a blocco, 469
  - Manchester, 444

- ortogonale, 714
- perforato, 582
- polinomiale, 475, 570
- prodotto, 573
- sistematico, 566
- spazio-tempo-frequenza, 741
- STBC, 708, 713
- codifica
  - a blocco, 565
  - a predizione lineare (LPC), 292
  - a riempimento d'acqua, 722
  - a velocità variabile, 323
  - audio, 285
  - binaria, 253
  - concatenata, 573
  - convoluzionale, 574
    - ricorsiva, 582
  - di canale, 469, 563
  - di forma d'onda, 286
  - di Huffman, 257
  - di immagine, 303
  - di linea, 436, 437
  - di sorgente, 249
    - con perdita, 271
    - continua, 271
    - multimediale, 285
    - non gaussiana, 274
    - teorema della, 254
  - differenziale, 506
    - DPCM, 286
    - JPEG, 313
    - OFDM, 522
  - entropica (JPEG), 312
  - LDPC, 590
  - PCM, 100
  - per blocchi, 259
  - per sottobande, 288
  - predittiva, 263
  - psicoacustica, 300
  - run-length, 263
    - JPEG, 314
  - tasso di, 471
  - turbo, 586
  - video, 315
- coerenza
  - banda di, 685
  - blocco di, 744
  - tempo di, 688
- COFDM (*coded OFDM*), 525
- collegamento
  - bilancio di, 638
  - in cavo, 640
  - in diversità, 674
  - in fibra ottica, 649
  - multiantenna, 698
  - punto-multipunto, 338
  - punto-punto, 338
  - radio, 665
  - radiomobile, 675
  - satellitare, 860
- collisione, 809
- colore
  - profondità di, 307
  - sottocampionamento del, 307
- colori
  - immagini a, 303
  - spazio dei, 305
  - TV a, 857
- commutazione
  - a divisione di spazio, 662, 843
  - a divisione di tempo, 844
  - di circuito, 781, 826
  - di lunghezza d'onda, 663
  - di pacchetto, 773, 781, 783, 826
  - principio di, 781
  - telefonica, 843
- componente continua, 196, 198
- componenti analogiche di bassa frequenza, 343
- compressione basata su dizionario, 264
- compromesso
  - banda - potenza, 9, 419, 457, 495, 497, 512, 561
  - diversità - multiplazione, 730
  - velocità - distorsione, 8, 274
  - velocità - ritardo, 260
- gestione, 782, 783
- controllo
  - di congestione, 803
  - di errore, 802
  - di flusso, 782, 791, 802
- conversione
  - D/A (*digitale-analogico*), 97
  - di lunghezza d'onda, 662
- convoluzione, 71
  - circolare, 113

- con l'impulso traslato, 73
  - costruzione grafica, 72
  - discreta, 112, 131, 620
  - via DFT, 113
- correlatore, 218
  - banco di, 510
- correlazione, 190
  - coefficiente di, 222
  - di un processo ergodico, 193
  - spaziale*, 749
- costante di propagazione, 640
- costellazione, 494, 708, 725
- covarianza, 192
  - matrice di, 185
- CPK (*continuous phase keying*), 537
- CRC (*cyclic redundancy check*), 474
- crominanza, 306
- CSI (*channel state information*), 701
  
- d.d.p. o *densità di probabilità*, 149
- DAC (*digital to analog converter*), 97
- datagramma, 783
- DBPSK, 507
- DCT (*discrete cosine transform*), 110, 310
- decibel, 233
- decimazione numerica, 93
- decisione
  - Bayesiana, 552
  - di massima prob. a posteriori, 553
  - di massima verosimiglianza, 553
- decodifica
  - di massima verosimiglianza, 577, 581, 631
  - di Viterbi, 577
  - iterativa, 589, 592
  - SISO, 584, 587
  - turbo, 589
- delta di Kronecker, 52
- demodulatore
  - a correlazione, 510
  - a discriminatore, 380, 416
  - coerente o omodina, 367
  - di inviluppo, 372
  - in fase e quadratura, 343, 371
- demodulazione
  - BLU e BLR, 372
  - del rumore, 411
  - di ampiezza, 367
  - di frequenza, 379
  - effetto soglia, 419
  - eterodina, 373
  - incoerente, 371, 513
    - di senoide, 425
  - supereterodina, 374
- densità
  - di energia
    - di un filtro, 204
    - di un rect, 80
    - spettro di, 64
  - di potenza, 197
    - del rumore demodulato FM, 417
    - di segnale AM, 362
    - di segnale FM ad alto indice, 386
    - di segnali passa-banda, 348
    - di un processo dati, 225
    - per modulazione angolare, 381
  - di probabilità, 149
    - del prodotto di v.a. indipendenti, 211
    - della somma di v.a. indep., 210
- despreading, 529
- detezione di senoide, 425
- DFT (*discrete Fourier transform*), 103, 519
- diafonia, 644
- diagramma
  - a traliccio, 576
  - ad occhio, 439
    - apertura orizzontale, 449
    - in presenza di rumore, 457
  - di transizione, 575
- diffrazione, 669
- diffusione troposferica, 670
- dimensione campionaria, 178, 179
- diseguaglianza di
  - Hadamard, 721
  - Kraft, 256
  - Schwartz, 50, 55, 222
- dispersione
  - cromatica, 653, 660
  - del modo di polarizzazione, 654
  - modale, 652
  - potenza-ritardo, 683
  - temporale, 682
- distanza
  - del codice, 470, 564, 566
  - di Hamming, 469
  - euclidea, 581
- distorsione, 337

- di ampiezza, 236
- di codifica, 272
- di non linearità, 241
- di tempo di transito, 238
- lineare, 235, 236
  - assenza di, 235, 602
  - per segnali modulati, 404
- non lineare, 247
  - per segnali modulati, 405
- distribuzione (funzione di), 149
- disturbi additivi (combinazione dei), 244
- divergenza di Kullback-Leibler, 270
- diversità
  - di frequenza, 674
  - di spazio, 674
  - selezione di, 703
  - spaziale
    - MISO, 707
    - SIMO, 702
- divisore modulo N, 390
- DLL (*delay locked loop*), 540
- DMT (*discrete multi tone*), 852
- DNS (*domain name service*), 798
- doppietto, 78
- Doppler
  - dispersione, 687
  - effetto, 687
- double buffering, 845
- downlink
  - MU-MIMO, 733
  - OFDM, 743
  - SAT, 863
- DPLL (*digital phase locked loop*), 480
- DSLAM (*digital subscriber line access multiplexer*), 851
- DSSS (*direct sequence spread spectrum*), 528
- DTFT (*discrete time Fourier transform*), 102
- DWDM (*dense wavelength division multiplex*), 660
- DXC (*digital cross connect*), 840
- Eb/No, 455
  - SNR per bit, 495
- effetto
  - Doppler, 687
  - Kerr, 654
  - near-far, 533
  - pelle, 642
  - valanga, 657
- efficienza
  - del selective repeat, 790
  - del send and wait, 788
  - dell'OFDM, 520
  - della codifica di canale, 471
  - della codifica di sorgente, 254
  - di AM-PI-PPS, 364
  - di giunzione, 771
  - spettrale, 494
    - SFN, 752
- eigenbeamforming, 723
- elastic store, 833
- elementary stream, 328
- energia, 16
  - di segnale limitato in banda, 92
  - mutua, 64, 193
- enfasi e de-enfasi, 421
- entropia, 251
  - a blocco, 261
  - condizionale, 268, 555
  - condizionata, 261
  - congiunta, 268
  - di gaussiana, 267
    - complessa multivariata, 755
  - di Rényi, 270
  - di sorgente
    - binaria, 252
    - continua, 266
  - differenziale, 266
  - principio di massima, 268
  - relativa, 270
- equalizzazione, 236, 450
  - complessa, 397
  - delle componenti analogiche, 397
  - DFE, 629
  - LMS, 627
  - MLSD, 631
  - MMSE, 622
  - numerica, 618
  - OFDM, 522
  - ricevitore ottimo, 464
  - zero forcing, 620
- equazione caratteristica, 282
- equivocazione, 555
- erfc(), 454, 456
  - definizione, 154
- Erlang, 765

- formula B, 771
- errore
  - controllo di, 466
  - correzione di, 469
  - detezione di, 473
  - di fase o frequenza, 370
  - di predizione, 292, 318
  - nelle trasmissioni di banda base, 451
- esponenziale, 22
  - complesso, 22
- Ethernet, 807
  - gigabit, 811
- Eulero, formule di, 36
- evento, 145
  - completamente casuale, 766
  - statisticamente indipendente, 148
- fading, 674, 675
  - a blocco, 742
  - di Rayleigh, 679
  - di Rice, 682
  - durata media, 681
  - piatto, 678
  - selettivo in frequenza, 682
  - su larga scala, 677
  - su piccola scala, 678
- fase lineare, 66, 135, 235
- fasori, 37
  - coefficienti di Fourier come, 40
- fattore di qualità, 122
- fattore di rumore, 609
  - per reti in cascata, 611
- FDM, 338
- FEC (*Forward error correction*), 467
- fenomeno aleatorio, 145
- FEXT (*far end crosstalk*), 644
- FFT (*fast Fourier transform*), 109, 519
- filtraggio, 74
  - di segnali e processi, 204
  - numerico, 112
  - passa banda, 395
  - percettivo, 296
- filtro, 25
  - a banda minima, 449
  - a coseno rialzato, 448
  - a fase lineare, 239
  - a media mobile, 126
  - a pettine, 128, 142
- a radice di coseno rialzato, 462
- adattato, 212, 462
- analogico, 119
- anti-aliasing, 92
- di canale, 340
- di decimazione, 138
- di feedback, 630
- di Hilbert, 352
  - risposta impulsiva, 353
- di restituzione, 91, 93, 95
- di Wiener, 622
- digitale o numerico, 123
- FIR, 124, 132
- IIR, 129, 133
- interpolatore, 140
- numerico, 131
  - forma canonica, 134
  - forma diretta, 134
- ottico, 661
- passa banda ideale, 398
- passa basso, 122
- sbiancante, 216, 294
- sintesi di un, 125, 135
- trasversale, 124
- finestra scorrevole, 792, 801
- finestratura, 76
  - della risposta impulsiva, 131
  - nella stima spettrale, 84, 202
- flag byte, 482, 828
- FM, 343, 381
  - a basso indice, 387
- footprint, 863
- forma quadratica, 186
- formanti, 291
- Fourier
  - serie di, 38
  - troncamento, 44
  - trasformata di, 61
    - proprietà, 64
  - trasformata discreta di, 103
- frequenza
  - deviazione di, 418
  - di interarrivo, 766
  - di riga, 856
  - di servizio, 769
  - di simbolo, 436, 441
  - di taglio, 121, 123
  - Doppler, 687

- immagine, 375
  - istantanea, 377
  - radio, 694
- Fresnel (ellissoidi di), 669
- Friis
  - equazione di, 668
  - formula di, 612
- FTTH, 824
- FTTx, 664
- funzione
  - caratteristica, 155
  - di trasferimento, 120
  - distorsione-velocità, 274
  - velocità-distorsione, 272
    - con memoria, 276
    - gaussiana, 274
- gaussiana, 153, 182
  - bidimensionale, 423
  - multidimensionale, 167
- ghost televisivi, 750
- Gibbs, fenomeno di, 45
- GIF, 308
- GMSK (*gaussian minimum shift keying*), 537
- GOB (*Group of (macro)Blocks*), 322
- GOP (*group of pictures*), 316, 321
- GPRS (*general packet radio service*), 825
- gradiente
  - definizione, 279
  - discesa del, 627
  - stocastico, 628
- grado di servizio, 639
- GSM, 824, 867
  - codec, 296
- guadagno
  - di codifica, 565
  - di diversità, 714
  - di multiplazione, 725
  - di potenza, 206
  - di processo
    - DSSS, 529
    - seq. pilota, 748
  - di sistema, 639
  - disponibile, 605
- H.261, 321
- H.263, 324
- Hadamard (diseguaglianza di), 721
- Hamming
  - codice di, 567
  - distanza di, 469
- Hartley (modulatore di), 366
- HDB3, 444
- HDTV, 328
- Heaviside (condizione di), 641
- Hilbert
  - filtro di, 352
  - spazio di, 50
  - trasformata di, 352
- Huffman (codifica di), 257
- ibrido telefonico, 846
- IDFT, 106
- immagazzinamento e rilancio, 783
- impedenza, 600
  - caratteristica, 640
- impulso
  - dati, 437
  - di Nyquist, 447
  - matematico, 68
- incapsulamento, 786
- incorrelazione, 192
- indice di modulazione
  - angolare, 382, 387, 418
  - di ampiezza, 364
- indice di rifrazione, 650
- indipendenza statistica, 148, 168, 192
- infiltrazione spettrale, 85
- informazione
  - estrinseca, 587
  - misura di, 250
  - mutua media, 270, 554
    - differenziale, 269
- instradamento, 781, 783
  - di lunghezza d'onda, 661, 663
- integrale di Gauss, 182
- integrate and dump, 215
- intelligent network, 849
- intensità
  - di traffico, 765
- intercorrelazione, 193
- interferenza
  - intersimbolica, 240, 439, 446, 447, 517, 537, 652
  - multiutente, 532
- interleaving, 472, 573

- fattore di, 574
- intermodulazione
  - componenti analogiche di b.f., 396
  - fattore di, 242
- Internet, 795
  - indirizzi, 797
- interpolazione numerica, 94
- intervallo
  - di confidenza, 175, 178
  - di predizione, 316
- intracoded frame, 316
- invarianza della risposta impulsiva, 135
- inviluppo complesso, 341
  - traiettorie, 498
- IP, 803
  - sottoreti, 797
- ipotesi, verifica di, 170
- ISDN, 847
- ISI, *vedi* interferenza intersimbolica 447
- istogramma, 150
  
- giacobiano, 167
- JPEG, 309
  
- Kraft (disuguaglianza di), 256
- Kullback-Leibler (divergenza di), 270
  
- L-ASK, 493
- L-FSK, 509
- L-PSK, 497, 501
- Lagrange
  - moltiplicatori di, 279
- LAN switch, 810
- Laser, 655
- LDPC (*low-density parity-check*), 590
- LED (*Light Emitting Diode*), 655
- Lempel-Ziv-Welsh, compressione di, 264
- limite di Shannon, 561
- Little, risultato di, 774
- livello
  - di confidenza, 175
  - di significatività, 170
- Lloyd-Max, algoritmo di, 100
- LOS (*line of sight*), 669
- LPC (*linear predictive coding*), 292
- luminanza, 306
- lunghezza d'onda, 340
  - ottica, 649
- marginale
  - di larga scala, 678
  - di Rayleigh, 680
  - di sistema, 639
- Markov
  - processo di, 283
  - sorgente di, 261
- mascheramento uditivo, 300
- massima verosimiglianza
  - decisione di, 171, 212, 453
  - per sequenze, 631
  - stima di, 173
- massimo trasferimento di potenza, 602, 635
- matrice
  - definita positiva, 626
  - di controllo parità, 568, 590
  - di correlazione, 276, 282, 293, 623
    - autovettori, 185
  - di covarianza, 185
  - di transizione, 262
  - di Walsh-Hadamard, 747
  - di Wishart, 720
  - diagonale, 185
  - generatrice, 566, 570
  - Jacobiana, 167, 279
  - semidefinita positiva, 186
  - simmetrica, 185
- media
  - campionaria, 173
  - di insieme, 159
  - quadratica, 160, 162
  - temporale, 159, 160
- media frequenza, 373
- megaframe SFN, 754
- metodo dei minimi quadrati, 221
- mezzo trasmissivo
  - cavo e fibra, 637
  - radio, 665
- MIMO, 697
  - capacità di canale, 717
  - modello di canale, 701
  - multiutente
    - MU-MIMO, 732
    - OFDM, 742
    - OFDM, 739
- minima energia per bit, 561
- MISO, 707
- mixer, 367, 388

- MJPEG, 316  
 MMSE (*minimum mean square error*), 622  
 modello two-ray ground-reflected, 673  
 modem, 340  
 modulazione, 67, 76, 342  
   a traliccio, 537  
   angolare, 377  
   BPSK, 492  
   coerente, 543  
   di ampiezza, 361  
     prestazioni, 412  
   FM a basso indice, 392  
   FSK incoerente, 513  
   incoerente, 543  
   L-FSK, 509  
    $\pi/4$ , 536  
   numerica, 491  
   OFDM, 515  
   OOK, 513  
   QAM, 502  
   QPSK, 497  
   sfalsata, 536  
 modulazione di frequenza, 343  
 momento, 151  
   centrato, 152  
   misto, 158, 190  
 MP3, 301  
 MPEG-1, 325  
 MPEG-2, 326  
 MPLP (*multi pulse linear prediction*), 296  
 MRC (*maximal ratio combining*), 704  
 MSK (*minimum shift keying*), 536  
 multicast, 806  
 multipath, 672  
 moltiplicazione, 825  
   a divisione di  
     codice, 526  
     frequenza, 338, 339, 526  
     lunghezza d'onda, 659  
     tempo, 780, 826  
   add and drop, 832, 834  
   asincrona, 831  
   ottica, 662  
   schema di, 780  
   spaziale, 699, 725  
  
 NACK (*negative acknowledgment*), 787  
 NEXT (*near end crosstalk*), 644  
  
 non linearità, 388  
 NRZ (*No Return to Zero*), 443  
 Nyquist  
   condizioni di, 447  
   criterio di, 447  
   filtro di, 447  
   frequenza di, 448  
   impulso di, 447  
   velocità di, 89  
  
 OAM (*Operation, Administration, Maintenance*), 835  
 OFDM, 515  
   codificato, 524  
   densità di potenza, 517  
   equalizzazione, 522  
   modem, 518  
   prestazioni, 544  
 OFDMA, 526, 744  
 onda  
   diretta, 669  
   PAM, 438, 852  
     densità spettrale, 224  
 OQPSK, 536  
 ortogonalità  
   degli esponenziali complessi, 46  
   tra simboli sinusoidali, 542  
   tra sinc, 92, 518  
 ortogonalita  
   moltiplicatori di Lagrange, 280  
 oscillatore a cristallo, 389  
 oscillazione uniforme in frequenza, 131  
 OTN (*optical transport network*), 663  
 ottimizzazione vincolata, 279  
 overlap and add, 115  
 OXC (*optical cross-connects*), 662  
  
 p-value, 171  
 pacchetto  
   dati, 779  
   Ethernet, 808  
   fuori sequenza, 801  
 palette, 307  
 parametri  
   di trasmissione, 454  
 parità  
   bit di, 473, 478  
   matrice di controllo, 567

- Parseval, teorema di  
 per segnali di energia, 64  
 per segnali di potenza, 45
- path loss, 677
- PCM  
 G.711, 101, 285  
 struttura di trama, 827
- PDH (*plesiochronous digital hierarchy*), 831
- PDU (*protocol data unit*), 786
- percentile, 175, 177
- periodogramma, 202
- PES (*packetized elementary stream*), 329
- piattezza spettrale (misura di), 276, 282
- pilot contamination, 748
- pilota (sequenza), 747
- pitch, 290
- pixel, 303
- Plank, costante di, 245
- PLL, 368, 389  
 ricevitore a, 379, 509
- PNG, 309
- Poisson, somma di, 82
- polinomio  
 caratteristico, 185  
 generatore, 475, 570
- PON (*passive optical network*), 664
- ponte radio, 338
- POP (*point of presence*), 840
- portante  
 di colore, 856  
 intera, 363  
 parzialmente soppressa, 364  
 pilota, 525  
 ricostruzione per quadratura, 368  
 sintesi di, 389  
 soppressa, 363
- potenza, 15  
 assorbita da un bipolo, 601, 634  
 attiva, 635  
 ceduta ad un carico, 635  
 del rumore, 452  
 di picco, 363  
 di segnale, 599  
 di un coseno, 15, 47  
 di un processo, 160, 162  
 di un segnale AM, 367  
 di un segnale AM BLU, 391  
 disponibile, 602  
 entropica, 275  
 con memoria, 275  
 istantanea, 15, 363  
 ricevuta, 454
- POTS (*plain old telephony services*), 846
- precodifica  
 con feedback limitato, 735  
 MMSE, 734  
 zero forcing, 733  
 MU-MIMO-OFDM, 744
- predittore, 292  
 a lungo termine, 296  
 bidirezionale, 316
- predizione lineare, 221
- PRI (*Primary Rate Interface*), 848
- probabilità  
 a posteriori, 147  
 assiomi, 146  
 condizionata, 146, 453  
 come verosimiglianza, 171  
 congiunta, 147  
 densità di, 149  
 di blocco, 764  
 di detezione, 170, 427  
 di errore  
 ASK, 496  
 DBPSK, 508  
 filtro adattato, 217  
 FSK, 512  
 MRC, 706  
 OFDM, 544  
 OOK e FSK incoerente, 514  
 per parola, 467  
 PSK, 501  
 QAM, 505  
 QPSK, 500  
 Rayleigh, 690  
 residua, 471  
 sul bit, 460, 463  
 sul simbolo, 453, 456  
 di falso allarme, 170, 426  
 di perdita, 426  
 di rifiuto, 769  
 di ritardo, 775, 777  
 teoremi di base, 146  
 teoria delle, 145
- processo  
 ad aleatorietà parametrica, 162

- aleatorio, 158
- armonico, 163, 199
- di ingresso, 768
- di innovazione, 297
- di nascita e morte, 769
- ergodico, 161
- gaussiano, 169
  - bianco limitato in banda, 199, 357
  - demodulazione, 411
  - entropia, 267
- in banda traslata, 355
- prodotto, 210
- somma, 209
- stazionario, 160
  - in senso lato, 160
- prodotto
  - banda-lunghezza, 655
  - di processi, 210
  - Hermitiano, 185
  - scalare, 52
- propagazione
  - condizioni di, 668
  - luminosa, 650
- protocollo a finestra, 801
- prove ripetute, 764
- pseudo casuale
  - sequenza, 533
- pseudo-noise (sequenza), 527
- PSTN, 846
  
- QAM, 502
- QPSK, 497, 499
- quantizzazione, 8, 97
  - a rampa lineare, 96
  - adattiva, 287
  - della DCT, 312
  - logaritmica, 100
  - sensibilità, 135
  - SNR di, 99
  - uniforme, 98
  - vettoriale, 297
    - del canale di downlink, 736
    - del precoder, 736
  
- Rényi
  - entropia di, 270
- rapporto di aspetto, 857
- Rayleigh
  - fading di, 679
  - variabile aleatoria, 423
- Reed-Solomon
  - codice di, 572
- regola del prefisso, 255
- regressione lineare, 219
- REL<sub>P</sub>, 295
- rete
  - ATM, 812
  - cellulare, 748
  - di accesso, 824
  - di trasporto, 840
  - in fibra ottica, 839
    - ad anello, 842
    - protezione, 841
  - ottica, 661
    - di trasporto, 663
    - passiva, 664
    - sincrona, 834
  - plesiocrona, 827
  - telefonica, 824
  - topologia, 838
- reti
  - due porte, 603
  - ingegneria delle, 763
- rettangolo, 21
- RGB (*Red, Green e Blue*), 305
- ribaltamento dell'asse dei tempi, 18
- ricevitore
  - a cancellazioni successive - VBLAST, 728
  - a minimo errore medio quadratico L-MMSE, 727
  - di massima verosimiglianza, 726
  - omodina, 367
  - ottimo, 462
    - equalizzato, 483
  - Rake, 692
  - zero forcing
    - MU-MIMO-OFDM, 743
  - zero-forcing, 726
- ridondanza, 7
  - ciclica, 474
  - delle fibre ottiche, 842
  - di diversità, 674
  - di sorgente binaria, 252
  - nella codifica di canale, 469, 563
  - OFDM, 520, 525
- riflessione ionosferica, 670

- ringback, 847
- ripetitore, 617
- riscontro, 802
- risoluzione
  - spaziale, 858
  - spettrale, 84, 202
- risonanza, 290
- risposta
  - di fase, 135
  - impulsiva, 70, 72
  - in frequenza, 26, 74
- ritardo, 209
- roll-off, coefficiente di, 448
- round trip time, 791
- routing, 661, 781, 804, 842
- RPE-LTP, 296
- rumore
  - additivo, 436
  - bianco limitato in banda, 452
  - dopo demodulazione FM, 416
  - nei ripetitori, 614
  - nelle reti due porte, 607
- RZ (*Return to Zero*), 443
- s-video, 859
- sample and hold, 94
- saturazione, 241
  - della d.d.p., 157
- SCART, 859
- scattering, diagramma di, 191
- schema di tolleranza, 121
- Schwartz, disuguaglianza di, 50, 55, 222, 705
- SDH, 834
  - dispositivi, 839
  - trama, 835
- SDU (*service data unit*), 786
- segnalazione
  - a canale comune, 829
  - antipodale, 217
  - associata al canale, 829
  - ortogonale, 217
- segnale
  - a banda stretta, 401
  - a durata limitata, 17
  - analitico, 346
  - dati, 435, 437
    - generazione, 442
    - limitato in banda, 445
  - processo di, 164, 201
  - di cromaticità, 857
  - di energia, 16
  - di potenza, 15
  - impulsivo, 16
  - modulato, 341
  - modulato (filtraggio), 395
  - passa-banda, 348
  - periodico, 14
    - rettangolare, 42
  - utile, 231
  - video composito, 306, 859
  - vocale, 290, 291
- selective repeat, 789
- selettività, 121
- send and wait, 787
- seno cardinale, 21
- sensibilità
  - del ricevitore, 638
  - e velocità nelle f.o., 657
- sequenza (numero di), 793
- serie trigonometrica, 41
- sfarfallamento, 855
- SFN (single frequency network), 750
- shadowing, 677
- Shannon
  - lower bound, 273
  - primo teorema di, 254
  - secondo teorema di, 556
- Shannon-Hartley
  - legge di, 559
  - limite di, 512, 561
- signaling system n. 7, 848
- simmetria Hermitiana
  - dell'autocorrelazione, 196
  - della serie di Fourier, 39
  - della trasformata di Fourier, 65
  - per un passabanda, 403
- SIMO, 702
- sinc
  - definizione, 21
  - ortogonalità, 92
- sincronizzazione, 539
  - della cromaticità, 858
  - di bit, 482
  - di bit e di parola, 478
  - di carattere, 481
  - di centrale, 830

- di portante, 368
- di rete, 833
- di sequenza PN, 540
- di simbolo, 480
- di trama, 479
- SFN, 753
- sindrome, 568
- SINR, 733, 737
- sintesi
  - di frequenza, 389
- sinusoide, 20
- SISO, 588
- sistema
  - a coda
    - finita, 776
    - infinita, 774
  - di servizio
    - orientato al ritardo, 773
    - orientato alla perdita, 768
- sistema autonomo, 806
- sistema lineare e permanente, 25, 55
- Snell, legge di, 650
- SNR, 2, 410, 455
  - codifica di sorgente, 275
  - di quantizzazione, 99
  - di Rayleigh, 703
  - di sistema, 412, 495
  - dopo demodulazione AM, 413
  - dopo demodulazione FM, 418
  - nei ripetitori, 616
  - per disturbi indipendenti, 244
- soft
  - decision decoding, 581
  - output Viterbi algorithm, 584
- soglie di decisione, 452
- somma
  - di controllo, 474
  - di processi, 209
  - di v.a. indipendenti, 155, 210
- sondaggio, 178
- SONET, 834
- sorgente
  - con memoria
    - continua, 275
    - discreta, 261
  - Markoviana, 261
  - non gaussiana, 278
  - senza memoria
    - continua, 266
    - discreta, 250
- sottocampionamento, 116
- SOVA, 583
- sovracampionamento, 94
- spazio
  - campione, 145
  - dei colori, 305
  - dei segnali, 47
  - normato, 49
- spettro di potenza
  - per segnali dati, 437
  - per segnali periodici, 46
- spettrogramma, 291
- sphere decoding, 726
- spread spectrum, 526
  - frequency hopping, 535
  - sequenza diretta, 528
- stabilità, 26, 134
- statistica, 170
  - del secondo ordine, 189
- stazione radio base (BS), 732
- STBC, 713
- STFBC, 742
- stima
  - della varianza, 287
  - di autocorrelazione, 211, 293
  - di canale
    - OFDMA, 746
  - di forma d'onda, 181
  - di intervallo, 174
  - di movimento, 317
  - di parametro, 172
  - di periodo, 294
  - spettrale, 201
    - LPC, 294
- STM-1, 835
- stratificazione ISO-OSI, 784
- subnetting, 805
- SVD (*Singular Value Decomposition*), 720
- sviluppo in frazioni parziali, 135
- SYN, 481
- Szego
  - teorema di, 282
- tail biting, 580
- Tanner
  - grafo di, 591

- tasso di codifica, 564  
 TCM (*Trellis coded modulation*), 537  
 TCP, 799  
 TDD (*time division duplex*), 742  
 temperatura  
   di antenna, 864  
   di sistema, 608  
 tempo  
   di coerenza, 688  
   di guardia, 516  
     per una SFN, 751  
   di ritardo di gruppo, 402, 407  
 teorema  
   centrale del limite, 153, 183  
   del campionamento, 89  
   di Wiener, 197  
 teoria  
   dell'informazione, 249, 551  
   frequentista, 145  
   velocità-distorsione, 272  
 three way handshake, 801  
 Toeplitz  
   teorema di distribuzione, 282  
 traffico  
   a valanga, 772  
   dolce, 765  
   intensità media, 769  
   offerto, 765  
   smaltito, 771  
 transponder, 862  
 transport stream, 330  
 trasformata  
   di Fourier, 61  
   di gaussiana, 156  
   discreta coseno, 310  
   zeta, 107, 132  
 trasformata di  
   costante, 68  
   derivata, 77  
   integrale, 78  
   segnale periodico, 69, 81  
   sequenze, 102  
   un gradino, 86  
   un rettangolo, 62  
   un sinc, 65  
   un treno di impulsi, 81  
   un triangolo, 79  
 trasformata di  
   un coseno, 69  
 trasformazione bilineare, 137  
 traslazione  
   in frequenza, 67  
   nel tempo, 66  
   temporale, 18  
 trasmissione  
   a circuito, 823  
   asincrona, 478  
   dati (in banda base), 435  
   dati (reti per), 778  
   FM broadcast, 859  
   MIMO, 697  
   multilivello, 440  
   numerica, 5  
   numerica (dimensionamento), 460  
   sincrona, 480  
   televisiva, 855  
 trasponder, 862  
 treno  
   di impulsi, 80, 90  
   rettangolari, 95  
 triangolo, 21  
 TSI (*Time Slot Interchanger*), 844  
 UDP, 803  
 UNICODE, 489  
 uplink  
   MU-MIMO, 732  
   OFDM, 743  
   SAT, 861  
 user equipment (UE), 732  
 valore  
   atteso, 150, 159  
   efficace, 15, 162  
   medio, 14, 160  
 valori singolari (scomposizione di matrice), 720  
 variabile aleatoria, 148  
   di Bernoulli, 764  
   di Poisson, 766  
   di Rayleigh, 423  
   di Rice, 424  
   di Student, 177  
   dicotomica, 178  
   esponenziale negativa, 767  
   gaussiana, 153, 453  
   massima entropia, 281

- multidimensionale, 167, 423
- indipendenti e identicamente distribuite,
  - 153
- multivariata, 157
- trasformazioni di, 164
- uniforme, 152
- varianza, 152, 162
  - campionaria, 174
- VCO (*voltage controlled oscillator*), 368, 378,
  - 379
- verifica di ipotesi statistica, 552
- verosimiglianza
  - funzione di, 171
  - logaritmica, 581, 587
  - rapporto di, 552
- VGA (*Video Graphics Array*), 304
- virtual container, 837
- Viterbi
  - algoritmo di, 579
  - uscite soffici, 583
  - decodifica di, 577
- VLAN (*virtual LAN*), 811
- VPN (*virtual private network*), 825
  
- water-filling, 276
- WDM (*wavelength division multiplex*), 659
- Weaver, modulatore di, 366
- Wiener (teorema di), 197
- Wiener-Hopf (equazioni di), 623
  
- Yule-Walker (equazioni di), 293

L'opera

# ***Trasmissione dei Segnali e Sistemi di Telecomunicazione***

è il risultato di un progetto ventennale di cultura libera, aggiornato di continuo ed evolutosi fino alla forma attuale. La sua disponibilità pubblica è regolata dalle norme di licenza CREATIVE COMMONS

*Attribuzione - Non commerciale -  
Condividi allo stesso modo*



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.it>

e tutte le risorse relative al testo sono accessibili presso

<https://teoriadeisignali.it/libro/>

Puoi contribuire al suo successo promuovendone la diffusione e supportarne lo sviluppo attraverso una donazione, in buona parte devoluta ai progetti *open source*<sup>1</sup> che ne hanno resa possibile realizzazione e divulgazione. Ai donatori viene accordato un accesso *vitalizio* al formato PDF *navigabile* di tutte le edizioni presenti *e future*.

---

1

- . Lyx - <http://www.lyx.org/>
- . L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X - <https://www.latex-project.org/>
- . TeX Users Group - <https://tug.org/>
- . Inkscape - <http://www.inkscape.org/>
- . Gnuplot - <http://www.gnuplot.info/>
- . Octave - <http://www.gnu.org/software/octave/>
- . Geany - <https://www.geany.org/>
- . Linux - <https://www.linux.it/>
- . Free Software Foundation - <https://shop.fsf.org/>
- . GNOME Foundation - <https://www.gnome.org/>
- . Mozilla Foundation - <https://www.mozilla.org/it/>
- . Wikipedia - <https://it.wikipedia.org>
- . Internet Archive - <https://archive.org/about/>
- . Creative Commons - <https://creativecommons.it/chapterIT/>
- . WordPress - <https://it.wordpress.org/>
- . Phplist - <https://www.phplist.org/>

La stampa della prima edizione di questo testo risale al 2001, come supporto didattico per un insegnamento nell'ambito della Laurea in Ingegneria Elettrica, con l'intento di affrontare in modo coerente temi sviluppati in genere in più corsi distinti.

Il mutare degli incarichi didattici ha fornito di anno in anno l'opportunità di sviluppare nuovo materiale e migliorare l'esistente, arricchendolo di approfondimenti e di innumerevoli illustrazioni. La varietà degli argomenti ha posto fin da subito una duplice sfida di completezza ed esattezza, tentando di conseguire rigore analitico e di alternare la teoria alle applicazioni. Ne risulta un testo *a più livelli*, in cui il corpo principale dona la giusta rilevanza a principi, argomenti e tecniche, mentre gli aspetti più rigorosi e speculativi sono approfonditi nell'ambito di numerose note ed appendici. Si fa inoltre molto uso di rimandi che letteralmente *attraversano* l'intero testo, *tenendo assieme* argomenti correlati ed interdipendenti ma trattati in capitoli diversi, mentre per gli argomenti solo accennati sono aggiunti riferimenti diretti ad altre fonti tra cui spicca Wikipedia, invitando il lettore all'approfondimento.

Si giunge così all'attuale edizione, per la quale si è accumulato materiale su *segnali, sistemi, probabilità, statistica, campionamento, quantizzazione, filtraggio ed elaborazione numerica, modulazione analogica e numerica, multiplexazione, commutazione e traffico, trasmissione dati e reti, trasferimenti energetici, equalizzazione, bilancio di collegamento, collegamenti radio, via satellite, in mobilità, in cavo e su fibra ottica, rumore, teoria dell'informazione, compressione dati, codifica di immagine, audio e video, capacità di canale e codici correttori, ottimizzazione e sistemi multi-antenna*.

Il testo è stato fin dall'inizio disponibile per il download presso <https://teoriadeisignali.it/libro/>, totalizzando ad oggi più di 26000 scaricamenti (senza contare quelli dei capitoli singoli), permettendo il feedback diretto da parte dei lettori, ed incoraggiando così il continuo perfezionamento ed ampliamento dell'opera.

*Alessandro Falaschi è nato nel 1959 a Roma, ove si laurea con lode in Ingegneria Elettronica presso l'Università La Sapienza, presso la quale consegue poi un Dottorato di Ricerca. Diviene nel 1992 ricercatore presso l'Università di Perugia, ed attualmente afferisce al Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni (DIET) di Roma, dove insegna per la laurea in Bioinformatics.*

*Si è occupato di elaborazione della voce umana ai fini di riconoscimento e sintesi; interessandosi poi di aspetti relativi alle trasmissioni numeriche, alla rete Internet, ed alle applicazioni di comunicazione multimediale come VoIP, videoconferenze di gruppo e live streaming. Ha quindi seguito gli sviluppi delle reti peer to peer e di quelle veicolari o VANET. Dopo essersi interessato alle applicazioni blockchain, ha approfondito lo studio delle reti neurali applicate al segnale vocale ed alla traduzione automatica. Attualmente intende esplorare l'applicazione della teoria dei segnali sui grafi nel contesto delle reti di interazione biologica.*

L'opera

# ***Trasmissione dei Segnali e Sistemi di Telecomunicazione***

è il risultato di un progetto ventennale di cultura libera, aggiornato di continuo ed evolutosi fino alla forma attuale. La sua disponibilità pubblica è regolata dalle norme di licenza CREATIVE COMMONS

*Attribuzione - Non commerciale -  
Condividi allo stesso modo*



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.it>

e tutte le risorse relative al testo sono accessibili presso

<https://teoriadeisignali.it/libro/>

Puoi contribuire al suo successo promuovendone la diffusione e supportarne lo sviluppo attraverso una donazione, in buona parte devoluta ai progetti *open source*<sup>1</sup> che ne hanno resa possibile realizzazione e divulgazione. Ai donatori viene accordato un accesso *vitalizio* al formato PDF *navigabile* di tutte le edizioni presenti *e future*.

---

1

- . Lyx - <http://www.lyx.org/>
- . L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X - <https://www.latex-project.org/>
- . TeX Users Group - <https://tug.org/>
- . Inkscape - <http://www.inkscape.org/>
- . Gnuplot - <http://www.gnuplot.info/>
- . Octave - <http://www.gnu.org/software/octave/>
- . Geany - <https://www.geany.org/>
- . Linux - <https://www.linux.it/>
- . Free Software Foundation - <https://shop.fsf.org/>
- . GNOME Foundation - <https://www.gnome.org/>
- . Mozilla Foundation - <https://www.mozilla.org/it/>
- . Wikipedia - <https://it.wikipedia.org>
- . Internet Archive - <https://archive.org/about/>
- . Creative Commons - <https://creativecommons.it/chapterIT/>
- . WordPress - <https://it.wordpress.org/>
- . Phplist - <https://www.phplist.org/>