

Elettronica e radiotecnica per radioamatori

Tutto quello che serve per capire la tua radio

Luciano Salemmme

Copyright

© 2026 Elettronica e radiotecnica per radioamatori - Luciano Salemme

Tutti i diritti riservati.

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione o altro, senza il previo consenso scritto dell'autore, salvo brevi citazioni a scopo di recensione o studio.

Le informazioni contenute in questo libro sono fornite a scopo didattico e informativo. L'autore non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni derivanti dall'uso delle tecniche, dei circuiti o dei progetti descritti.

Contatti dell'autore:

luciano.salemm@gmail.com

Prefazione

L'idea di questo libro è nata durante il lockdown causato dalla pandemia di Covid-19 del 2020. Come per molti, quel tempo sospeso mi ha dato l'opportunità di rallentare, dedicare più spazio alle mie passioni e mettere finalmente nero su bianco un progetto che avevo in mente da tempo. Proprio in quei mesi sono stati scritti i primi capitoli di questo libro, con l'obiettivo di raccogliere e organizzare in modo chiaro tutto ciò che avrei voluto trovare quando ho iniziato ad avvicinarmi al mondo della radiotecnica e del radioamatorismo.

La radio è una passione che unisce curiosità, sperimentazione e desiderio di comprendere come funzionano davvero le cose. È facile imparare a utilizzare un ricetrasmittitore seguendo un manuale, ma è molto più gratificante capire cosa accade al suo interno, come il segnale percorre la linea di alimentazione, come un'antenna riesce a trasformare la corrente elettrica in onde elettromagnetiche e perché una comunicazione, in certe condizioni, può raggiungere l'altra parte del mondo.

Questo libro nasce proprio con questo spirito: accompagnarti in un percorso che parte dalle basi dell'elettrotecnica e dell'elettronica, attraversa i principi della radiotecnica e arriva fino allo studio delle antenne, della propagazione delle onde radio, della normativa e della pratica operativa di stazione. L'obiettivo non è soltanto prepararti all'esame per il conseguimento della patente di radioamatore, ma soprattutto fornirti una comprensione solida degli argomenti, utile anche dopo aver ottenuto il nominativo.

Nel corso degli anni ho consultato numerosi testi dedicati alla materia. Alcuni risultavano molto divulgativi, ideali per una prima introduzione ma poco approfonditi; altri, al contrario, erano estremamente tecnici e spesso difficili da seguire per chi si avvicinava per la prima volta alla disciplina. Ho cercato quindi di realizzare un libro che trovasse un equilibrio tra questi due estremi: rigoroso dal punto di vista scientifico, ma scritto con un linguaggio il più possibile chiaro e progressivo.

Il testo è rivolto a:

- aspiranti radioamatori che desiderano prepararsi in modo completo all'esame

per la patente;

- appassionati che vogliono comprendere il funzionamento dei propri apparati;
- studenti di istituti tecnici e chiunque desideri avvicinarsi alla radiotecnica;
- autocostruttori interessati a progettare e realizzare antenne, circuiti e semplici sistemi radio.

Ogni capitolo introduce gradualmente i concetti teorici e li accompagna con esempi numerici svolti passo dopo passo, schemi circuitali, figure esplicative e continui collegamenti con la pratica radioamatoriale, cercando sempre di mostrarti come la teoria trovi applicazione concreta nell'attività quotidiana di una stazione radio.

Per affrontare il libro è richiesta soltanto una conoscenza di base dell'algebra e della trigonometria, insieme ad alcune semplici nozioni di fisica. Tutti gli altri strumenti matematici e teorici necessari vengono introdotti progressivamente nel corso dei capitoli, senza dare nulla per scontato.

Mi auguro che questo libro possa accompagnarti nel tuo percorso, sia che tu stia preparando l'esame per diventare radioamatore, sia che tu voglia semplicemente capire meglio il meraviglioso mondo delle comunicazioni radio. Se, terminata la lettura, guarderai la tua radio, la tua antenna o anche una semplice trasmissione con occhi diversi, allora avrò raggiunto il mio obiettivo.

Buona lettura e... ci sentiamo nell'etere!

Luciano Salemme

Roma, 2026

Indice

I	Nascita della radio e fondamenti elettrotecnici	1
1	Nascita e sviluppo delle telecomunicazioni radio	2
1.1	Dal telegrafo elettrico alla telegrafia senza fili	3
1.1.1	Il codice Morse e le prime reti telegrafiche	3
1.1.2	Il telefono e i limiti del collegamento su filo	4
1.2	I fondamenti teorici: Maxwell e Hertz	5
1.2.1	L'opera di Faraday e la sintesi di Maxwell	5
1.2.2	La previsione delle onde elettromagnetiche	6
1.2.3	La conferma sperimentale di Hertz	6
1.3	Marconi e la collina dei celestini	7
1.3.1	L'esperimento oltre l'ostacolo naturale	8
1.3.2	Dal laboratorio all'impresa industriale	8
1.4	La traversata atlantica e le prime stazioni transoceaniche	9
1.4.1	Il segnale del 1901	9
1.4.2	Lunghezze d'onda e potenze delle prime stazioni	10
1.5	L'era delle valvole termoioniche e la radiodiffusione	11
1.5.1	Dal diodo di Fleming al triodo di De Forest	11
1.5.2	I circuiti di Armstrong e la nascita della radiodiffusione . . .	12
1.6	Dal transistor ai circuiti integrati	13
1.6.1	I vantaggi del dispositivo a stato solido	13
1.6.2	L'integrazione su singolo substrato	14
1.7	Nascita del radiantismo e dei radioamatori	14
1.7.1	Le prime regolamentazioni e la scoperta delle onde corte . . .	15
1.7.2	Le associazioni e il contributo tecnico del radiantismo	15
1.8	Verso il digitale: DSP e Software Defined Radio	16
1.8.1	Il fondamento teorico: campionamento e informazione	16
1.8.2	L'elaborazione numerica e la radio definita dal software . . .	17
2	Fondamenti di elettrotecnica	19
2.1	Fisica dell'elettricità	20
2.1.1	Struttura della materia	20
2.1.2	Carica elettrica	22
2.1.3	Campo elettrico	23
2.1.4	Potenziale elettrico e differenza di potenziale	24
2.2	Corrente elettrica	26
2.2.1	Corrente continua	26
2.2.2	Densità di corrente	28

2.2.3	Resistenza elettrica	30
2.3	Leggi fondamentali dei circuiti	32
2.3.1	Legge di Ohm	33
2.3.2	Potenza elettrica	35
2.3.3	Leggi di Kirchhoff	36
2.3.4	Principio di sovrapposizione degli effetti	38
2.3.5	Teorema di Thévenin	39
2.3.6	Teorema di Norton	40
2.4	Generatori elettrici	41
2.4.1	Generatori ideali	41
2.4.2	Generatori reali	42
2.5	Reti elettriche semplici	43
2.5.1	Resistori in serie	44
2.5.2	Resistori in parallelo	44
2.5.3	Partitore di tensione	45
2.5.4	Partitore di corrente	46
2.5.5	Conduttanza	47
2.6	Strumenti di misura	48
2.6.1	Voltmetro	49
2.6.2	Amperometro	50
2.6.3	Ohmetro	51
2.6.4	Multimetro	52
2.6.5	Impedenza dello strumento	53
3	Il regime variabile	55
3.1	Grandezze variabili nel tempo e segnali periodici	56
3.1.1	Classificazione dei segnali periodici	57
3.2	La grandezza sinusoidale: ampiezza, frequenza, pulsazione, fase . . .	59
3.2.1	Ampiezza	59
3.2.2	Pulsazione, frequenza e periodo	59
3.2.3	Fase	60
3.3	Valore medio e valore efficace (RMS)	61
3.3.1	Valore medio	62
3.3.2	Valore efficace	62
3.3.3	Valore efficace della sinusoide	63
3.4	Rappresentazione fasoriale e richiami sui numeri complessi	65
3.4.1	Richiami sui numeri complessi	65

3.4.2	Il fasore	66
3.5	Reattanza e impedenza: comportamento capacitivo e induttivo . . .	68
3.5.1	Il condensatore	68
3.5.2	L'induttore	69
3.5.3	Reattanza	71
3.5.4	Impedenza	72
3.6	Potenza in regime alternato: attiva, reattiva, apparente, fattore di potenza	73
3.6.1	Potenza istantanea	73
3.6.2	Potenza attiva	74
3.6.3	Potenza reattiva e potenza apparente	74
3.6.4	Il triangolo delle potenze e il fattore di potenza	75
3.7	Cenni alla risposta in frequenza	77
3.7.1	La funzione di trasferimento	77
3.7.2	Il filtro RC passa-basso	77
3.7.3	Frequenza di taglio	78
4	Fisica delle onde e campi elettromagnetici	81
4.1	Le onde: lunghezza d'onda, frequenza e velocità di propagazione . . .	82
4.1.1	Onde trasversali e longitudinali	82
4.1.2	Grandezze caratteristiche di un'onda periodica	83
4.1.3	Relazione fondamentale della propagazione	84
4.1.4	Fase e rappresentazione armonica	85
4.2	Il campo magnetico	85
4.2.1	L'esperienza di Oersted	86
4.2.2	La legge di Biot-Savart	87
4.2.3	Materiali magnetici e permeabilità	88
4.2.4	La forza di Lorentz	89
4.3	L'induzione elettromagnetica	90
4.3.1	Il flusso del campo magnetico	90
4.3.2	La legge di Faraday-Neumann	90
4.3.3	La legge di Lenz	91
4.3.4	Autoinduzione e mutua induzione	92
4.4	Le equazioni di Maxwell	93
4.4.1	Legge di Gauss per il campo elettrico	93
4.4.2	Legge di Gauss per il campo magnetico	93
4.4.3	Legge di Faraday-Neumann-Lenz	94

4.4.4	Legge di Ampère-Maxwell	94
4.4.5	La simmetria dei campi e la previsione delle onde	95
4.5	L'onda elettromagnetica	95
4.5.1	Struttura del campo E-H	95
4.5.2	Generazione dell'onda elettromagnetica	96
4.5.3	La velocità di propagazione	97
4.5.4	L'impedenza dello spazio libero	97
4.5.5	Fronte d'onda e onde piane	98
4.5.6	Energia immagazzinata nei campi	98
4.6	La polarizzazione dell'onda	99
4.6.1	Polarizzazione lineare	99
4.6.2	Polarizzazione circolare ed ellittica	100
4.6.3	Rilevanza pratica della polarizzazione	100
4.7	Spettro elettromagnetico, bande radio e densità di potenza	101
4.7.1	Lo spettro elettromagnetico	101
4.7.2	Le bande radio	102
4.7.3	Modalità di propagazione	102
4.7.4	Il vettore di Poynting e la densità di potenza	103
4.7.5	Attenuazione con la distanza	104
4.7.6	Livelli di potenza e notazione in decibel	104
5	Componenti passivi e reattanza	106
5.1	Il condensatore	107
5.1.1	Capacità	107
5.1.2	Campo elettrico ed energia immagazzinata	108
5.1.3	Comportamento dinamico: la relazione tra corrente e tensione	110
5.1.4	Dielettrici	110
5.1.5	Tipologie di condensatori	111
5.2	Reattanza capacitiva e comportamento in regime alternato	112
5.2.1	Definizione di reattanza capacitiva	112
5.2.2	Notazione complessa e impedenza	113
5.3	L'induttore	114
5.3.1	Induttanza	115
5.3.2	Relazione costitutiva ed energia immagazzinata	116
5.3.3	Nuclei e tipologie di induttori	116
5.4	Reattanza induttiva e comportamento in regime alternato	117
5.4.1	Definizione di reattanza induttiva	118

5.5	Mutua induttanza e trasformatori	120
5.5.1	Mutua induttanza	120
5.5.2	Il trasformatore	121
5.5.3	Trasformazione di impedenza	122
5.6	Componenti reali: ESR, ESL, autorisonanza e fattore di merito Q . .	123
5.6.1	Resistenza serie equivalente e induttanza serie equivalente . .	123
5.6.2	Autorisonanza	124
5.6.3	Fattore di merito Q	124
5.7	Transitori nei circuiti RC, RL e RLC	126
5.7.1	Transitorio nel circuito RC	126
5.7.2	Transitorio nel circuito RL	128
5.7.3	Transitorio nel circuito RLC	128
II	Elettronica per la radiofrequenza	131
6	Dispositivi a semiconduttore	132
6.1	Struttura a bande e semiconduttore intrinseco	133
6.1.1	Reticolo del silicio e legame covalente	133
6.1.2	Bande di valenza, di conduzione e banda proibita	134
6.1.3	Generazione termica di coppie elettrone-lacuna	135
6.1.4	Conduzione intrinseca	136
6.2	Semiconduttore estrinseco e drogaggio	137
6.2.1	Droganti donatori e semiconduttore di tipo n	137
6.2.2	Droganti accettori e semiconduttore di tipo p	138
6.2.3	Ordini di grandezza e proprietà del materiale drogato	138
6.3	La giunzione p-n	139
6.3.1	Formazione della zona di svuotamento	139
6.3.2	Potenziale di barriera	140
6.3.3	Polarizzazione diretta e inversa	141
6.3.4	L'equazione del diodo	142
6.4	Il diodo a giunzione	142
6.4.1	Caratteristica corrente-tensione	143
6.4.2	Tensione di soglia	143
6.4.3	Corrente inversa e tensione di rottura	144
6.4.4	Raddrizzamento a semionda	144
6.5	Diodi speciali	146
6.5.1	Il diodo Zener	146

6.5.2	Il diodo Schottky	148
6.5.3	Il diodo varicap	148
6.5.4	Il diodo PIN	150
6.5.5	Il diodo emettitore di luce	151
6.6	Il transistor bipolare a giunzione	151
6.6.1	Struttura npn e pnp	151
6.6.2	L'effetto transistor	152
6.6.3	Relazioni tra le correnti e guadagni	152
6.6.4	Regioni di funzionamento	154
6.6.5	Curve caratteristiche di uscita	154
6.7	Transistor a effetto di campo	155
6.7.1	Il transistor a effetto di campo a giunzione (JFET)	156
6.7.2	Il transistor MOS (MOSFET)	156
6.7.3	Vantaggi dei FET in radiofrequenza	158
6.8	Cenni ai dispositivi per la radiofrequenza	159
6.8.1	Frequenza di transizione e capacità parassite	159
6.8.2	Transistor RF e transistor di potenza	160
7	Elettronica analogica e amplificazione	162
7.1	Concetto di amplificazione e guadagno	163
7.1.1	Guadagno di tensione, di corrente e di potenza	163
7.1.2	Il decibel	164
7.2	Polarizzazione e punto di lavoro	166
7.2.1	La retta di carico statica	166
7.2.2	La rete di polarizzazione a partitore di base	168
7.2.3	Stabilità termica	169
7.3	Analisi ai piccoli segnali	171
7.3.1	La transconduttanza e il modello equivalente	171
7.3.2	Resistenze di ingresso e di uscita	172
7.3.3	La retta di carico dinamica	173
7.4	Configurazioni fondamentali del BJT	174
7.4.1	Emettitore comune	174
7.4.2	Collettore comune o inseguitore di emettitore	174
7.4.3	Base comune	176
7.4.4	Confronto sintetico	176
7.5	Amplificatori a FET	177
7.5.1	Source comune e drain comune	177

7.5.2	Vantaggi rispetto al transistor bipolare	177
7.6	Classi di funzionamento	178
7.6.1	Classe A	179
7.6.2	Classi B e AB	179
7.6.3	Classe C e applicazioni in radiofrequenza	179
7.6.4	Cenni alle classi in commutazione	180
7.7	Risposta in frequenza e banda passante	181
7.7.1	Frequenza di taglio inferiore	181
7.7.2	Frequenza di taglio superiore ed effetto Miller	181
7.7.3	Diagramma di Bode e banda passante	182
7.7.4	Il prodotto guadagno-banda	183
7.8	Il rumore negli amplificatori e la cifra di rumore	184
7.8.1	Origine del rumore: termico, granulare e flicker	184
7.8.2	Il rapporto segnale-rumore e la sua degradazione	185
7.8.3	Fattore di rumore, cifra di rumore e temperatura equivalente	185
7.8.4	La formula di Friis per la cascata	186
7.8.5	Rilevanza per il radioamatore	187
7.9	Linearità, distorsione e prodotti di intermodulazione	187
7.9.1	Sviluppo in serie della caratteristica di trasferimento	188
7.9.2	Distorsione armonica	188
7.9.3	Prova a due toni e prodotti di intermodulazione	188
7.9.4	Punto di intercetta del terzo ordine	189
7.10	La controeazione	191
7.10.1	Guadagno ad anello chiuso	191
7.10.2	Effetti della controeazione	192
7.11	L'amplificatore operazionale	193
7.11.1	Caratteristiche ideali	193
7.11.2	Configurazione invertente	193
7.11.3	Configurazione non invertente	194
7.11.4	Impieghi e limiti in frequenza	195
8	Circuiti risonanti e filtri	196
8.1	Il circuito risonante serie	197
8.1.1	Impedenza del bipolo serie	198
8.1.2	Frequenza di risonanza	198
8.1.3	Corrente alla risonanza e andamento del modulo dell'impedenza	199
8.2	Il circuito risonante parallelo	201

8.2.1	Ammettenza e condizione di risonanza	202
8.2.2	Impedenza dinamica e comportamento reale	202
8.2.3	Corrente circolante e amplificazione della corrente	204
8.3	Il fattore di merito Q del circuito risonante	205
8.3.1	Espressioni del Q per il circuito serie e parallelo	205
8.3.2	Fattore di merito a vuoto e sotto carico	206
8.4	Larghezza di banda e selettività	207
8.4.1	Le frequenze a -3 dB e la larghezza di banda	207
8.4.2	Curva di risonanza normalizzata e influenza del Q	208
8.5	Circuiti risonanti accoppiati	210
8.5.1	Accoppiamento mutuo e coefficiente di accoppiamento	211
8.5.2	I tre regimi di accoppiamento	211
8.5.3	Larghezza di banda	212
8.6	Filtri passivi: concetti generali	214
8.6.1	Funzione di trasferimento e frequenza di taglio	214
8.6.2	Pendenza di attenuazione e ordine del filtro	214
8.7	Tipologie di filtro	215
8.7.1	Filtro passa-basso	215
8.7.2	Filtro passa-alto	216
8.7.3	Filtro passa-banda	216
8.7.4	Filtro elimina-banda	217
8.8	Filtri a più celle	217
8.8.1	Celle a L , a T e a π	218
8.8.2	Risposte di tipo Butterworth e Chebyshev	219
8.9	Filtri per la radiofrequenza	221
8.9.1	Filtro di ingresso e preselettore	221
8.9.2	Filtro di media frequenza	221
8.9.3	Trappole	222
8.9.4	Risuonatori a quarzo e ceramici	222
9	Oscillatori e generatori di frequenza	225
9.1	Principio dell'oscillazione	226
9.1.1	L'anello di reazione	226
9.1.2	Il criterio di Barkhausen	227
9.1.3	Innesco e stabilizzazione dell'ampiezza	228
9.2	Oscillatori LC	230
9.2.1	Struttura generale a tre punti	230

9.2.2	Oscillatore Colpitts	231
9.2.3	Oscillatore Hartley	232
9.2.4	Oscillatore Clapp	234
9.3	Stabilità di frequenza	235
9.3.1	Cause di deriva	235
9.3.2	Rimedi	236
9.3.3	L'oscillatore a frequenza variabile	237
9.4	Oscillatori al quarzo	237
9.4.1	Il risuonatore piezoelettrico	237
9.4.2	Modello equivalente e fattore di merito	238
9.4.3	Risonanza serie e risonanza parallelo	239
9.4.4	L'oscillatore Pierce a quarzo	241
9.4.5	Stabilità e oscillatori compensati: TCXO e OCXO	242
9.5	Sintesi di frequenza ad aggancio di fase	243
9.5.1	Schema a blocchi	243
9.5.2	Meccanismo di aggancio	244
9.5.3	Passo di sintonia	244
9.5.4	Sintesi a divisione frazionaria	245
9.6	Sintesi digitale diretta	245
9.6.1	Principio di funzionamento	246
9.6.2	Vantaggi e limiti	247
9.6.3	Impiego negli apparati moderni e nelle SDR	248
9.7	Moltiplicatori di frequenza e generatori di segnale	248
9.7.1	Moltiplicatori di frequenza	248
9.7.2	Generatori di segnale	249
III	Sistemi di ricetrasmissione	251
10	Tecniche di modulazione e demodulazione	252
10.1	Perché modulare	253
10.1.1	Le dimensioni del sistema radiante	253
10.1.2	La moltiplicazione dello spettro	253
10.2	Modulazione di ampiezza	254
10.2.1	Il segnale modulato e l'indice di modulazione	254
10.2.2	Lo spettro dell'AM	255
10.2.3	Ripartizione della potenza e rendimento	256
10.2.4	Portante soppressa: DSB-SC e DSB	258

10.3 Banda laterale unica	259
10.3.1 Vantaggi in potenza e in banda	259
10.3.2 Generazione con il metodo a filtro	259
10.3.3 Generazione con il metodo a sfasamento	261
10.4 Modulazione angolare: FM e PM	262
10.4.1 Frequenza e fase istantanee	262
10.4.2 Deviazione e indice di modulazione	263
10.4.3 Spettro e regola di Carson	264
10.4.4 FM a banda stretta e a banda larga	266
10.4.5 Preenfasi e deenfasi	267
10.5 Modulazioni numeriche	267
10.5.1 ASK, FSK e PSK	267
10.5.2 QAM e diagrammi di costellazione	268
10.6 Demodulazione	270
10.6.1 Il rivelatore d'involuppo per l'AM	270
10.6.2 Il rivelatore di prodotto e il BFO	271
10.6.3 Il discriminatore e il PLL per la FM	271
10.6.4 Il demodulatore in quadratura	272
10.7 Quadro riassuntivo	273
11 Architetture di ricetrasmissione	275
11.1 Parametri del ricevitore	276
11.1.1 Sensibilità	276
11.1.2 Selettività	278
11.1.3 Gamma dinamica	278
11.1.4 Cifra di rumore	279
11.1.5 Reiezione dell'immagine	279
11.1.6 Controllo automatico di guadagno, indicatore di livello e squelch	279
11.2 Il ricevitore a conversione diretta	281
11.3 Il ricevitore supereterodina	282
11.3.1 Principio della conversione di frequenza	283
11.3.2 La frequenza immagine	284
11.3.3 Reiezione dell'immagine e scelta della frequenza intermedia .	284
11.3.4 Amplificazione e selettività a frequenza intermedia	286
11.3.5 La doppia conversione	286
11.4 La catena di trasmissione	287
11.4.1 Generazione e conversione	287

11.4.2	Amplificazione di potenza	288
11.4.3	Filtraggio delle armoniche	289
11.4.4	Controllo di potenza	289
11.5	Il ricetrasmittitore	290
11.6	La radio definita dal software	291
11.6.1	Il campionamento e il teorema di Nyquist	291
11.6.2	Conversione analogico-digitale e digitale-analogica	293
11.6.3	Elaborazione numerica del segnale	294
11.6.4	Architettura a campionamento diretto	294
11.6.5	Architettura I/Q in quadratura	295
11.6.6	Le chiavette RTL-SDR e l'ambiente GNU Radio	296
12	Linee di trasmissione e adattamento di impedenza	298
12.1	La linea di trasmissione	299
12.1.1	Modello a costanti distribuite	299
12.1.2	Impedenza caratteristica	300
12.1.3	Costante di propagazione	302
12.1.4	Fattore di velocità e lunghezza elettrica	302
12.2	Onde progressive e riflesses	304
12.2.1	Coefficiente di riflessione	304
12.2.2	Rapporto d'onde stazionarie	305
12.2.3	Andamento della tensione lungo la linea	306
12.3	Linea adattata e disadattata	307
12.3.1	La condizione di adattamento	307
12.3.2	Potenza riflessa e attenuazione di ritorno	308
12.4	Trasformazione d'impedenza mediante tratti di linea	309
12.4.1	Impedenza d'ingresso di una linea	310
12.4.2	Trasformatore a quarto d'onda	310
12.4.3	Stub in cortocircuito e a circuito aperto	311
12.5	La carta di Smith	312
12.6	Reti di adattamento a componenti concentrati	314
12.6.1	Rete a L	314
12.6.2	Reti a Pi e a T	316
12.7	Balun, unun e accordatori d'antenna	316
12.7.1	Balun e unun	316
12.7.2	L'accordatore d'antenna	317
12.8	Linee di trasmissione nella pratica	318

12.8.1	Cavi coassiali	318
12.8.2	Linee bifilari	319
13	Sistemi radianti e propagazione	321
13.1	L'antenna come trasduttore	322
13.1.1	Regione di campo vicino e di campo lontano	322
13.1.2	Il principio di reciprocità	323
13.2	Parametri caratteristici delle antenne	323
13.2.1	Diagramma di radiazione	324
13.2.2	Angolo di apertura a metà potenza	324
13.2.3	Direttività e guadagno	325
13.2.4	Rapporto avanti/indietro	326
13.2.5	Impedenza d'ingresso e risonanza	326
13.2.6	Larghezza di banda	327
13.2.7	Polarizzazione	327
13.2.8	Rendimento	328
13.2.9	Area efficace	328
13.2.10	Potenza irradiata: ERP ed EIRP	329
13.3	Il dipolo a mezz'onda	330
13.3.1	Distribuzione di corrente e tensione	330
13.3.2	Impedenza e lunghezza di risonanza	331
13.3.3	Diagramma di radiazione	332
13.4	Il monopolo a quarto d'onda e il piano di terra	333
13.5	Antenne direttive	334
13.5.1	L'antenna Yagi-Uda	334
13.5.2	L'antenna cubica	336
13.5.3	L'antenna logaritmica periodica	336
13.6	Antenne verticali e filari	336
13.6.1	Antenne verticali e ground plane	336
13.6.2	Il dipolo ripiegato	337
13.6.3	Antenne a filo lungo	337
13.7	La propagazione delle onde radio	338
13.7.1	L'onda di terra	338
13.7.2	L'onda spaziale	339
13.7.3	L'onda ionosferica	340
13.7.4	Propagazione in VHF e UHF	343

IV	Il radioamatore	346
14	Normative e quadro regolamentare	347
14.1	Il servizio di radioamatore	348
14.1.1	Definizione e finalità	348
14.1.2	Carattere non commerciale e responsabilità dell'operatore . .	349
14.2	L'organizzazione internazionale dello spettro	349
14.2.1	L'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni	349
14.2.2	Le tre Regioni ITU	350
14.2.3	L'IARU e i piani di banda	351
14.3	Il quadro normativo italiano	352
14.3.1	La patente di operatore	352
14.3.2	L'autorizzazione generale	353
14.3.3	Le raccomandazioni CEPT e la mobilità internazionale	353
14.4	I nominativi di chiamata	355
14.4.1	Struttura del nominativo	355
14.4.2	I prefissi italiani	356
14.5	Bande, status e limiti di potenza	357
14.5.1	Attribuzione delle bande e status	357
14.5.2	Le bande in HF	357
14.5.3	Le bande in VHF, UHF e oltre	358
14.5.4	La potenza e la sua definizione	358
14.6	Modi ed emissioni consentite	359
14.6.1	La designazione delle emissioni	359
14.6.2	I modi di emissione e le rispettive larghezze	360
14.7	Compatibilità elettromagnetica e sicurezza	362
14.7.1	La compatibilità elettromagnetica	362
14.7.2	L'esposizione ai campi elettromagnetici	362
14.8	Obblighi dell'operatore e registro di stazione	365
14.8.1	Il registro di stazione	365
14.8.2	I doveri dell'operatore	365
15	Procedure operative e pratica di stazione	367
15.1	Procedure operative in fonia	368
15.1.1	L'alfabeto fonetico internazionale	368
15.1.2	La chiamata generale e la risposta	369
15.1.3	Lo scambio dei rapporti: i codici RST e RS	370
15.1.4	Controllo del collegamento ed esempio di QSO	372

15.2	Il codice Q e le abbreviazioni operative	373
15.3	La telegrafia	375
15.3.1	Il codice Morse	375
15.3.2	Procedure e segni convenzionali in telegrafia	377
15.4	I modi digitali	378
15.4.1	RTTY	379
15.4.2	PSK31	379
15.4.3	FT8	379
15.5	Conferma dei collegamenti, diplomi e contest	380
15.5.1	Cartoline QSL e sistemi elettronici	380
15.5.2	Diplomi e attività in DX	381
15.5.3	I contest	382
15.6	I ponti ripetitori	382
15.6.1	Frequenze di accesso e shift	382
15.6.2	I toni sub-audio CTCSS	384
15.7	Reti e traffico d'emergenza	385
15.8	Allestimento della stazione	385
15.8.1	Ergonomia e schema della stazione	386
15.8.2	Messa a terra e sicurezza elettrica	387
15.8.3	Disturbi e interferenze	387
15.9	Galateo operativo e rispetto del piano di banda	388
	Bibliografia	390