

S. MALATESTA

**ELETRONICA
E RADIOTECNICA**

VOL. II - RADIOTECNICA

EDITORE G. CURSI - PISA

SANTE MALATESTA

ORDINARIO NELL'ACCADEMIA NAVALE DI LIVORNO
DOCENTE NELL'UNIVERSITA DI PISA

ELEMENTI DI
ELETTRONICA
E
RADIOTECNICA

VOLUME SECONDO
RADIOTECNICA



EDITORE COLOMBO CURSI - PISA

STAMPATO IN ITALIA - PRINTED IN ITALY

—————
VIETATA LA RIPRODUZIONE
TOTALE E PARZIALE
—————

Le copie non firmate dall' autore sono contraffatte

JM

© COPYRIGHT FEBRUARY 1967 BY COLOMBO CURSI EDITORE - PISA
INDUSTRIA TIPOGRAFICA — COLOMBO CURSI FU GIUSEPPE — PISA

PARTE PRIMA

I CIRCUITI ELETTRICI ALLE RADIOFREQUENZE

CAP. I — Principio delle radiocomunicazioni.

1 - Le radioonde	<i>pag.</i>	3
2 - Generazione e ricezione delle radioonde	»	4
3 - Schema generale di un sistema di radiocomunicazioni	»	5
4 - Schema generale delle stazioni trasmettenti e riceventi	»	6
5 - Generalità sulle oscillazioni modulate	»	8
6 - Oscillazioni modulate con segnali sinusoidali	»	11
7 - Composizione spettrale di un'oscillazione modulata in ampiezza	»	13
8 - Composizione spettrale delle oscillazioni modulate in frequenza	»	20
9 - Conseguenze pratiche dell'esistenza dei canali di frequenza delle oscillazioni modulate	»	22

CAP. II — Circuiti risonanti semplici ed accoppiati.

1 - Comportamento in alta frequenza di resistori, condensatori ed induttori	»	25
2 - La risonanza nei circuiti C L R.	»	30
3 - Selettività e banda passante dei circuiti risonanti. Coefficiente di risonanza	»	34
4 - Sovratensione e sovracorrente	»	39
5 - Considerazioni energetiche sulla risonanza	»	41
6 - Attuazione pratica dei circuiti risonanti	»	43
7 - Circuiti risonanti con resistenza attribuibile prevalentemente all'induttore	»	46
8 - Influenza della resistenza del generatore	»	49
9 - Alimentazione del circuito risonante per mutua induzione e sistemi analoghi	»	51
10 - Collegamento di un utilizzatore resistivo al circuito risonante. Rendimento nel trasferimento energetico	»	56
11 - Collegamento per mutua induzione di un utilizzatore resistivo ad un circuito risonante	»	59

12 - Circuiti risonanti accoppiati	pag. 64
13 - Filtri di banda ad accoppiamento induttivo	» 70

CAP. III — Amplificazione di oscillazioni modulate. Amplificatori a pentodi.

1 - Generalità sull'amplificazione di oscillazioni modulate	» 73
2 - Amplificatore a circuito anodico accordato, con accoppiamento a capacità	» 74
3 - Amplificatore con filtro di banda ad accoppiamento induttivo	» 80
4 - Amplificatori selettivi a banda larga	» 85
5 - Amplificatori a banda larga con frequenze d'accordo sfalsate	» 91
6 - Regolazione dell'amplificazione. Tubi a conduttanza mutua variabile	» 95
7 - Varianti circuitali degli amplificatori studiati. Alimentazione in parallelo	» 97

CAP. IV — Amplificazione di oscillazioni modulate con triodi e transistori.

1 - Problemi generali sugli amplificatori a triodi e transistori	» 101
2 - Amplificatori di oscillazioni modulate a triodi. Neutralizzazione	» 102
3 - Amplificatori autoneutralizzati: entrata catodica; cascode	» 106
4 - Generalità sugli amplificatori a transistori	» 111
5 - Neutralizzazione degli amplificatori a transistori. Entrata di emettitore	» 114
6 - Amplificatori a transistori con interazione controllata	» 115
7 - Regolazione dell'amplificazione negli amplificatori a transistori	» 122

CAP. V — Amplificazione di potenza in alta frequenza.

1 - Considerazioni generali	» 126
2 - Classi di funzionamento degli amplificatori	» 130
3 - Il rendimento nel trasferimento della potenza dal circuito risonante all'utilizzatore	» 133
4 - Funzionamento in classe C di un amplificatore: azione del tubo	» 137
5 - Problemi relativi all'eccitazione dell'amplificatore. Polarizzazione automatica	» 143
6 - Amplificatori di classe C attuati con triodi	» 149
7 - Amplificatori di potenza a radiofrequenza attuati con transistori	» 154
8 - Dipendenza della tensione oscillatoria di uscita dalla tensione di entrata	» 156
9 - Comportamento degli amplificatori di classe C di fronte alle oscillazioni modulate - Amplificazione di classe B	» 158
10 - Esempio di calcolo semplificato di un amplificatore di classe C	» 160
11 - Moltiplicazione di frequenza	» 165

CAP. VI — Oscillatori.

1 - Autoeccitazione di un amplificatore selettivo	» 167
2 - Oscillatore di Meissner	» 169
3 - Gli oscillatori di Hartley e di Colpitts	» 175

4 - Oscillatori a tre punti	pag. 179
5 - Frequenza di un oscillatore e sua stabilità. L'oscillatore ad accoppiamento elettronico	» 186
6 - Il risonatore a quarzo	» 189
7 - Oscillatori a quarzo	» 193
8 - Oscillatore a quarzo con circuito a ponte	» 196

PARTE SECONDA

SISTEMI A MODULAZIONE DI AMPIEZZA E DI FREQUENZA

CAP. VII — Modulazione di ampiezza e rivelazione.

1 - Generalità sulla modulazione e la rivelazione	» 201
2 - Metodi di modulazione di ampiezza: amplificatori a triodi e transistori	» 202
3 - Modulazione di ampiezza in amplificatori a pentodi	» 208
4 - Considerazioni energetiche sulla modulazione di ampiezza	» 211
5 - Soppressione della portante. Modulatore bilanciato	» 214
6 - Generalità sulla rivelazione delle oscillazioni modulate in ampiezza	» 216
7 - Prelievo ed amplificazione del segnale rivelato	» 218
8 - Il ricevitore a galena	» 222
9 - Rivelazione ottenuta con triodi (o pentodi) e transistori	» 223
10 - Rivelazione rigenerativa ed oscillatoria	» 224
11 - Rivelazione eterodina	» 226

CAP. VIII — Conversione di frequenza.

1 - Principio della conversione di frequenza	» 229
2 - Mezzi usati per ottenere la conversione di frequenza: circuiti a tubi	» 233
3 - Circuiti per la conversione di frequenza a transistori	» 238
4 - Conversione di frequenza ottenuta con organi non lineari	» 241
5 - Conversione di frequenza ottenuta con regolatori di corrente a parametri variabili. Conduttanza di conversione	» 245

CAP. IX — Radiotrasmittitori a modulazione di ampiezza.

1 - Generalità	» 249
2 - Trasmittitori radiotelegrafici	» 251
3 - Trasmittitori radiotelefonici	» 259
4 - Perfezionamenti e varianti dello schema del radiotrasmittitore a modulazione di ampiezza	» 264
5 - Cenno sui radiotrasmittitori fono-telegrafici	» 271
6 - Impiego dei transistori nei radiotrasmittitori	» 273

CAP. X — Radioricevitori per modulazione d'ampiezza.

1 - Caratteristiche e requisiti dei ricevitori	pag. 275
2 - Schema di principio di un radioricevitore	» 275
3 - Schema di principio e proprietà fondamentali di un ricevitore supereterodina	» 277
4 - Schema elettrico semplificato di un ricevitore supereterodina	» 280
5 - Selettività e fedeltà di un ricevitore	» 287
6 - Sensibilità di un ricevitore e sua regolazione automatica	» 290
7 - Schemi completi di ricevitori radiofonicî	» 294
8 - Ricevitori professionali	» 298
9 - Rumori di origine esterna al ricevitore	» 300
10 - Rumori di origine interna ai ricevitori	» 301
11 - Il rapporto segnale-disturbo	» 304

CAP. XI — Modulazione di frequenza e trasmettitori relativi.

1 - Modulazione di frequenza e di fase: generalità	» 307
2 - Richiami sulle oscillazioni modulate in frequenza. Principio della modulazione e rivelazione	» 308
3 - Metodi usati per attuare la modulazione di frequenza. La reattanza elettronica	» 310
4 - Trasmettitori per onde modulate in frequenza: modulazione diretta	» 314
5 - Rappresentazione vettoriale e trigonometrica di un'oscillazione modulata in frequenza	» 318
6 - Modulazione di fase e sua relazione con la modulazione di frequenza	» 320
7 - Conversione della modulazione di fase in modulazione di frequenza	» 322
8 - Modulazione di frequenza indiretta. Modulatori di fase	» 324
9 - Trasmettitori a modulazione indiretta	» 328

CAP. XII — Ricevitori per modulazione di frequenza.

1 - Rivelazione delle oscillazioni modulate in frequenza	» 331
2 - Studio preliminare del discriminatore	» 332
3 - Il discriminatore di Foster-Seeley	» 335
4 - Dipendenza della tensione d'uscita del discriminatore dalla modulazione di ampiezza. Limitatori ed autoregolatori	» 337
5 - Discriminatore a rapporto	» 340
6 - Generalità sui ricevitori per modulazione di frequenza	» 346
7 - Conversione di frequenza e preselezione	» 348
8 - L'amplificatore a frequenza intermedia ed il discriminatore	» 350
9 - L'amplificatore di bassa frequenza	» 351
10 - Comportamento dei ricevitori a modulazione di frequenza di fronte alle interferenze: confronto con la modulazione di ampiezza	» 353
11 - Comportamento dei ricevitori a modulazione di frequenza di fronte ai rumori di origine interna	» 357
12 - Manipolazione telegrafica a spostamento di frequenza	» 358

PARTE TERZA

LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

CAP. XIII — Il campo elettromagnetico.

1 - Generalità	pag. 363
2 - Concetto di onda: onde progressive	» 364
3 - Concetto di onda: onde stazionarie	» 369
4 - Propagazione per onde della tensione e della corrente in una linea bifilare - Generalità	» 372
5 - Trasmissione dell'energia attraverso ad una linea	» 375
6 - Attenuazione ed unità logaritmiche	» 378
7 - Riflessione ed onde stazionarie sulle linee	» 380
8 - Risonanza in un tronco di linea - Linee in quarto d'onda	» 384
9 - Il ritardo nelle azioni magnetiche ed elettriche a distanza	» 388
10 - Concatenamento dei campi elettrici e magnetici in variazione - Onda elet- tromagnetica	» 390
11 - Propagazione dell'onda elettromagnetica in una linea bifilare	» 392
12 - Propagazione delle onde e. m. lungo un filo	» 394
13 - Risonanza in un tronco di conduttore - Dipolo	» 395
14 - Antenna Marconiana - Semidipolo	» 398
15 - L'irradiazione di onde e. m. da parte delle antenne	» 401
16 - Guide d'onda	» 402
17 - Risuonatori a cavità	» 406

CAP. XIV — Antenne.

1 - Generalità sul campo e. m. prodotto dalle antenne	» 409
2 - Diagrammi di radiazione - Guadagno	» 413
3 - Resistenza di radiazione - Rendimento di un'antenna	» 417
4 - Dipolo elementare	» 418
5 - Campo elettromagnetico prodotto da due dipoli elementari	» 421
6 - Effetto del suolo - Principio delle immagini	» 423
7 - Dipolo a mezz'onda	» 426
8 - Semidipolo - Antenne verticali vicine al suolo	» 429
9 - Antenne multibanda	» 431
10 - Cenno sulle antenne a larga banda - Dipolo piegato	» 433
11 - Ricezione delle onde elettromagnetiche	» 435
12 - Area equivalente di un'antenna ricevente	» 437
13 - Disturbi atmosferici e parassiti industriali	» 438

CAP. XV — Propagazione delle onde elettromagnetiche.

1 - Generalità	» 441
2 - Onda di superficie	» 442

3 - Onda spaziale - Ionosfera	pag. 444
4 - Propagazione di un'onda elettromagnetica nella ionosfera	» 446
5 - Propagazione delle onde lunghe (15000÷545 m)	» 451
6 - Propagazione delle onde medie (545÷200 m)	» 452
7 - Propagazione delle onde corte (200÷10 m)	» 454
8 - Propagazione delle onde ultracorte e microonde ($\lambda < 10$ m)	» 457

CAP. XVI — Antenne direttive.

1 - Il problema della direttività delle onde e.m.	» 459
2 - Riflettori parabolici e trombe elettromagnetiche	» 461
3 - Allineamenti di radiatori	» 463
4 - Allineamento di dipoli colineari	» 464
5 - Allineamento di dipoli paralleli non in fase - Antenna Yagi	» 465
6 - Allineamento di dipoli paralleli in fase - Cortine di dipoli	» 468
7 - Antenne rombiche	» 470
8 - Antenne a telaio	» 473
9 - Il radiogoniometro	» 478
10 - Errori di rilevamento nel radiogoniometro	» 479
11 - Radiogoniometro Adcok	» 480

PARTE QUARTA

ONDE ULTRACORTE E MICROONDE

CAP. XVII — Tecnica delle frequenze altissime.

1 - Generalità	» 485
2 - Modificazioni della tecnica dei circuiti al crescere della frequenza	» 486
3 - Comportamento dei tubi elettronici alle frequenze altissime	» 490
4 - Il rumore negli amplificatori: generalità	» 494
5 - Rumore dovuto all'agitazione termica degli elettroni nei conduttori (rumore termico)	» 498
6 - Rumore dovuto ai tubi elettronici	» 501
7 - Rapporto segnale-rumore negli amplificatori alle frequenze altissime	» 503
8 - Adattamento della tecnica costruttiva dei tubi alle esigenze delle frequenze altissime	» 508

CAP. XVIII — Microonde.

1 - Generalità sui circuiti nel campo delle microonde	» 511
2 - Interazione fra campi elettrici ed elettroni: modulazione di velocità	» 512
3 - Il klystron	» 514

4 - Il tubo ad onda progressiva	pag. 517
5 - Il magnetron	» 520
6 - Cenno sulla ricezione delle microonde	» 525
7 - Cenno sui ponti radio	» 529

CAP. XIX — Televisione.

1 - Suoni ed immagini - Il principio della televisione	» 531
2 - L'emissione fotoelettrica e le cellule fotoelettriche	» 534
3 - I tubi da presa televisiva: iconoscopio, orticon	» 537
4 - I tubi per la riproduzione televisiva	» 542
5 - Esplorazione e sincronizzazione	» 543
6 - Banda di frequenze occupata da una trasmissione televisiva. Cenno ai sistemi trasmettenti e riceventi	» 545

CAP. XX — Radar.

1 - Generalità sugli apparati per la radionavigazione	» 551
2 - Il principio della radiolocalizzazione	» 552
3 - Schema di principio di un radar	» 553
4 - L'indicatore ed i vari tipi di presentazione	» 557
5 - Ricevitore	» 563
6 - Il trasmettitore, il modulatore ed il pilota di cadenza	» 565
7 - La portata fisica del radar. Equazione del radar	» 566
INDICE ALFABETICO	» 571