

SANTE MALATESTA

TITOLARE DI RADIOTECNICA NELL'ACCADEMIA NAVALE DI LIVORNO
LIBERO DOCENTE DI RADIOTECNICA NELLA UNIVERSITÀ DI PISA

ELEMENTI
DI
**RADIOTECNICA
GENERALE**



PISA ■ COLOMBO CURSI ■ EDITORE

1953

SANTE MALATESTA

TITOLARE DI RADIOTECNICA NELL'ACCADEMIA NAVALE DI LIVORNO
LIBERO DOCENTE DI RADIOTECNICA NELLA UNIVERSITÀ DI PISA

ELEMENTI
DI
RADIOTECNICA
GENERALE



PISA - COLOMBO CURSI - EDITORE

1953

PARTE PRIMA

I CIRCUITI ELETTRICI ALLE RADIOFREQUENZE

CAP. I — Il 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 di una stazione trasmittente e ricevente	»	6

CAP. II — Elementi dei circuiti elettrici.

1 - Generalità	<i>pag.</i>	7
2 - Resistenza	»	7
3 - Induttanza	»	10
4 - Capacità	»	16
5 - Precisazione sugli schemi equivalenti di bobine e condensatori	»	19

CAP. III — Fenomeni transitori nei circuiti elettrici.

1 - Carica e scarica di un condensatore attraverso una resistenza	<i>pag.</i>	21
2 - Fenomeni transitori in circuiti con induttanza e resistenza	»	23
3 - Scarica di un condensatore attraverso ad una bobina - Oscillazioni libere	»	24
4 - Esame energetico dei fenomeni precedenti	»	26
5 - Deduzione matematica dei risultati enunciati in questo capitolo	»	28

CAP. IV — Circuiti in regime sinusoidale - Risonanza.

1 - Il circuito elettrico in regime sinusoidale	<i>pag.</i>	35
2 - Schema elettrico dei generatori	»	36
3 - Circuiti risonanti	»	39
4 - Circuito risonante in serie	»	40
5 - La sovratensione	»	43
6 - Considerazioni energetiche sulla risonanza	»	44

7 - Selettività del circuito risonante serie	<i>pag.</i> 45
8 - Deduzione della relazione fra coefficiente di risonanza, banda passante e frequenza di risonanza	» 47
9 - Circuiti risonanti in parallelo	» 49
10 - Coefficiente di sovracorrente	» 52
11 - Selettività dei circuiti risonanti in parallelo	» 53
12 - Il risonatore a quarzo	» 55

CAP. V — Accoppiamento dei circuiti - Trasformazioni di impedenze.

1 - Generalità sull'accoppiamento di due circuiti	<i>pag.</i> 59
2 - L'accoppiamento per mutua induzione	» 60
3 - Comportamento dei circuiti accoppiati per mutua induzione	» 62
4 - Vari tipi di circuiti accoppiati induttivamente: secondario composto di re- sistenza e induttanza	» 64
5 - Tipi di circuiti accoppiati: alimentazione di un circuito risonante mediante accoppiamento induttivo	» 67
6 - Tipi di circuiti accoppiati: primario e secondario accordati sulla medesima frequenza	» 68
7 - Filtri di banda	» 70
8 - Deduzione matematica delle proprietà ammesse	» 72
9 - Trasformazione e adattamento delle impedenze	» 75
10 - Trasformazioni di impedenza in alta frequenza in relazione ai circuiti ri- sonanti	» 77

PARTE SECONDA

I TUBI ELETTRONICI

CAP. VI --- L'emissione elettronica e il diodo.

1 - Gli elettroni	<i>pag.</i> 81
2 - Emissione elettronica	» 82
3 - Emissione termoionica	» 83
4 - Il diodo	» 85
5 - Il diodo usato come raddrizzatore	» 86
6 - Raddrizzatore a due semionde	» 88
7 - Carica di un condensatore attraverso ad un diodo	» 89
8 - Alcuni aspetti del processo di carica di un condensatore attraverso ad un diodo - Massa	» 92
9 - Filtri di livello con capacità d'ingresso - Alimentatore anodico	» 94
10 - Filtri di livello con ingresso induttivo	» 96
11 - Dipendenza della corrente nel diodo dalla tensione anodica e dalla tempe- ratura del catodo - Curve caratteristiche	» 100
12 - Metodo grafico per lo studio dei circuiti comprendenti diodi	» 102
13 - Metodo del circuito differenziale per lo studio di circuiti comprendenti diodi, f. e. m. continue ed alternative	» 106
14 - Considerazioni matematiche sulla conduttanza e resistenza differenziale	» 111
15 - Potenza dissipata nel diodo	» 112
16 - Diodi a gas	» 114

CAP. VII — Il triodo.

1 - La griglia e la sua azione di controllo - Triodo	<i>pag.</i> 117
2 - Caratteristiche del triodo	» 118
3 - Superficie caratteristica - Deduzione delle caratteristiche mutue e di controllo da quelle anodiche	» 124
4 - Studio grafico dei circuiti comprendenti il triodo	» 127
5 - Coefficiente di amplificazione	» 129
6 - Trasferimento nel circuito anodico di f. e. m. variabili presenti nel circuito di griglia	» 131
7 - Conduttanza anodica e conduttanza mutua	» 133
8 - Il circuito differenziale del triodo	» 136
9 - Considerazioni matematiche sul triodo: Determinazione del coefficiente di amplificazione di un triodo con elettrodi cilindrici - Equazione di Vallauri	» 141
10 - Triodi a gas (Thyratron)	» 145

CAP. VIII — Tetrodo, pentodo, tubo a fascio.

1 - Azione dello schermo - Tetrodo - Emissione secondaria	<i>pag.</i> 147
2 - Il pentodo	» 149
3 - Parametri differenziali dei pentodi - Tipi di pentodi	» 153
4 - Tubo a fascio	» 157
5 - Trasformazione del pentodo in tetrodo e triodo	» 159

CAP. IX — L'oscillografo catodico.

1 - Generalità	<i>pag.</i> 161
2 - L'ottica degli elettroni	» 161
3 - Il cannone elettronico	» 162
4 - Il tubo a raggi catodici	» 163
5 - L'oscillografo catodico	» 165
6 - L'oscillatore a denti di sega e la sua sincronizzazione	» 166

PARTE TERZA

L'IMPIEGO DEI TUBI ELETTRONICI

CAP. X — Il tubo elettronico come amplificatore.

1 - L'impiego dei tubi elettronici	<i>pag.</i> 171
2 - Generalità sull'amplificazione	» 171
3 - Il processo di amplificazione studiato mediante le caratteristiche dei tubi	» 172
4 - Caratteristiche dinamiche	» 175
5 - Studio dell'amplificatore col metodo del circuito differenziale	» 177
6 - Conversione di potenza nell'amplificazione. Amplificatori di tensione e di potenza	» 181
7 - Collegamento in cascata degli amplificatori	» 182
8 - Esame degli elementi dei circuiti adoperati per l'amplificazione	» 184

9 - Le capacità interelettrodiche e l'impedenza d'ingresso dei tubi	<i>pag.</i> 187
10 - Giustificazione del metodo grafico usato nello studio dell'amplificazione	» 188
11 - Estensione del metodo del circuito differenziale agli amplificatori con carico non resistivo. Studio dell'effetto delle capacità interelettrodiche	» 191

CAP. XI — L'amplificazione di tensione.

1 - Caratteri generali e requisiti degli amplificatori di tensione	<i>pag.</i> 195
2 - Amplificatore di tensione per frequenze acustiche a resistenza e capacità	» 196
3 - Curva universale di risposta e criteri di progetto dell'amplificatore a resistenza e capacità	» 199
4 - Giustificazione delle proprietà degli amplificatori a resistenza e capacità esposte nei n. 2 e 3	» 202
5 - Amplificatore di tensione per frequenze acustiche a trasformatore	» 205
6 - Amplificatore di tensione per radiofrequenze, a circuito anodico accordato, con accoppiamento a capacità	» 207
7 - Amplificazione di tensione per alte frequenze, con accoppiamento a mutua induzione	» 210
8 - Amplificatore di tensione per alte frequenze, a filtro di banda	» 211
9 - Regolazione dell'amplificazione. Pentodi a pendenza variabile	» 213

CAP. XII — Amplificazione di potenza in bassa frequenza.

1 - Considerazioni generali sull'amplificazione di potenza	<i>pag.</i> 215
2 - Classi di funzionamento degli amplificatori di potenza	» 219
3 - Cenno sull'analisi armonica - Distorsione armonica	» 221
4 - Amplificatore di potenza per basse frequenze in classe A	» 226
5 - Le distorsioni negli amplificatori di classe A	» 231
6 - Studio di un amplificatore per basse frequenze in classe A, attuato con tubo a fascio	» 234
7 - Amplificatori di potenza in controfase (push-pull) per basse frequenze, in classe A	» 237
8 - Amplificatori di bassa frequenza di classe AB e B con collegamento in controfase	» 240

CAP. XIII — L'amplificazione di potenza in alta frequenza.

1 - L'amplificazione di potenza in a. f.: azione del circuito anodico	<i>pag.</i> 245
2 - L'amplificazione di potenza in alta frequenza: azione del tubo	» 249
3 - Relazioni fra tensione di griglia e tensione anodica - Potenza di eccitazione	» 253
4 - Dipendenza della tensione oscillatoria anodica dalla tensione di entrata - Amplificazione in classe B	» 256
5 - Esempio di calcolo semplificato di un amplificatore di classe C	» 259
6 - Polarizzazione automatica	» 263
7 - Alimentazione anodica in parallelo degli amplificatori	» 264
8 - Moltiplicazione di frequenza	» 266

CAP. XIV — Oscillatori.

1 - Principio dell'autoeccitazione di un amplificatore - Multivibratori	<i>pag.</i> 267
2 - Generatori di oscillazioni sinusoidali: oscillatore di Meissner	» 270

3 - Gli oscillatori di Hartley e di Colpitts	<i>pag.</i> 274
4 - L'oscillatore di Armstrong - Autoeccitazione negli amplificatori di alta frequenza e mezzi per evitarla - Neutralizzazione	» 276
5 - Frequenza di un oscillatore e sua stabilità - L'oscillatore ad accoppia- mento elettronico	» 279
6 - Stabilizzazione della frequenza di un oscillatore mediante cristalli di quarzo	» 281

CAP. XV — La reazione negli amplificatori.

1 - Generalità sulla reazione	<i>pag.</i> 285
2 - Schema generale di principio di un amplificatore in reazione - Relazioni fondamentali - Criterio di Nyquist	» 286
3 - Stabilità dell'amplificatore in reazione di fronte a variazioni dell'amplifi- cazione intrinseca	» 292
4 - Miglioramento della curva di risposta degli amplificatori mediante l'uso della reazione negativa	» 294
5 - Riduzione della distorsione armonica negli amplificatori mediante la con- toreazione	» 295
6 - Effetti dannosi della reazione negli amplificatori	» 296

CAP. XVI — Modulazione.

1 - Concetto di modulazione di ampiezza	<i>pag.</i> 299
2 - Componenti di un'oscillazione modulata - Bande laterali	» 302
3 - Larghezza di banda di un'oscillazione modulata	» 305
4 - Generalità sui metodi di modulazione	» 305
5 - Considerazioni energetiche sulla modulazione	» 309
6 - Modulazione di ampiezza con soppressione della portante - Modulatore bilanciato	» 311

CAP. XVII — Rivelazione.

1 - Generalità sulla rivelazione	<i>pag.</i> 313
2 - Circuiti utilizzati per la rivelazione mediante diodo	» 315
3 - Rivelatori a cristallo	» 317
4 - Rivelazione ottenuta con tubi a griglia di comando	» 318
5 - Rivelazione rigenerativa ed oscillatoria	» 319
6 - Rivelazione eterodina	» 321

PARTE QUARTA

RADIOAPPARATI

CAP. XVIII — Radiotrasmettitori.

1 - Generalità	<i>pag.</i> 327
2 - Trasmettitori radiotelegrafici	» 328
3 - Trasmettitori radiotelefonici	» 335
4 - Cenno sui radiotrasmettitori fono-telegrafici	» 338

CAP. XIX — Radioricevitori.

1 - Caratteristiche e requisiti dei ricevitori	<i>pag.</i> 341
2 - Schema di principio di un radioricevitore	» 341
3 - Metodo e circuiti usati per ottenere il cambiamento di frequenza	» 343
4 - Schema di principio e proprietà fondamentali di un ricevitore supereterodina	» 347
5 - Schema elettrico semplificato di un ricevitore supereterodina	» 350
6 - Selettività e fedeltà di un ricevitore	» 353
7 - Sensibilità di un ricevitore e sua regolazione automatica	» 356
8 - Schema completo di un ricevitore radiofonico	» 359
9 - Ricevitori professionali	» 361
10 - Rumori di origine esterna al ricevitore	» 363
11 - Rumori di origine interna ai ricevitori	» 364
32 - Rumore dovuto all'agitazione termica degli elettroni nei conduttori	» 365
13 - Rumore dovuto ai tubi elettronici	» 366
14 - Il rapporto segnale/disturbo	» 368

PARTE QUINTA

LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

CAP. XX — Il campo elettromagnetico.

1 - Generalità	<i>pag.</i> 373
2 - Concetto di onda: onde progressive	» 374
3 - Concetto di onda: onde stazionarie	» 378
4 - Propagazione per onde della tensione e della corrente in una linea bifilare - Generalità	» 381
5 - Trasmissione dell'energia attraverso ad una linea	» 384
6 - Attenuazione ed unità logaritmiche	» 386
7 - Riflessione ed onde stazionarie sulle linee	» 388
8 - Risonanza in un tronco di linea - Linea in quarto d'onda	» 391
9 - Il ritardo nelle azioni magnetiche ed elettriche a distanza	» 395
10 - Concatenamento dei campi elettrici e magnetici in variazione - Onda elettromagnetica	» 397
11 - Propagazione dell'onda elettromagnetica in una linea bifilare	» 399
12 - Propagazione delle onde e. m. lungo un filo	» 400
13 - Risonanza in un tronco di conduttore - Dipolo	» 402
14 - Antenna Marconiana - Semidipolo	» 404
15 - L'irradiazione di onde e. m. da parte delle antenne	» 406
16 - Guide d'onda	» 407
17 - Risuonatori a cavità	» 410

CAP. XXI — Antenne.

1 - Generalità sul campo e. m. prodotto dalle antenne	<i>pag.</i> 413
2 - Diagrammi di radiazione - Guadagno	» 417
3 - Resistenza di radiazione - Rendimento di un' antenna	» 420
4 - Dipolo elementare	» 422

5 - Campo elettromagnetico prodotto da due dipoli elementari	<i>pag.</i> 424
6 - Effetto del suolo - Principio delle immagini	» 425
7 - Dipolo a mezz' onda	» 428
8 - Semidipolo - Antenne verticali vicino al suolo	» 430
9 - Antenne multibanda	» 432
10 - Cenno sulle antenne a larga banda - Dipolo piegato	» 434
11 - Ricezione delle onde elettromagnetiche	» 435
12 - Area equivalente di un' antenna ricevente	» 437
13 - Disturbi atmosferici e parassiti industriali - Antenne schermate	» 438

CAP. XXII — Propagazione delle onde elettromagnetiche.

1 - Generalità	<i>pag.</i> 441
2 - Onda di superficie	» 442
3 - Onda spaziale - Ionosfera	» 444
4 - Propagazione di un' onda elettromagnetica nella ionosfera	» 446
5 - Propagazione delle onde lunghe (15000 ÷ 545 m)	» 450
6 - Propagazione delle onde medie (545 ÷ 200 m)	» 450
7 - Propagazione delle onde corte (200 ÷ 10 m)	» 452
8 - Propagazione delle onde ultracorte e microonde ($\lambda < 10$ m)	» 455

CAP. XXIII — Antenne direttive.

1 - Il problema della direttività delle onde e. m.	<i>pag.</i> 457
2 - Riflettori parabolici e trombe elettromagnetiche	» 459
3 - Allineamenti di radiatori	» 460
4 - Allineamento di dipoli colineari	» 461
5 - Allineamento di dipoli paralleli non in fase - Antenna Yagi	» 462
6 - Allineamento di dipoli paralleli in fase - Cortine di dipoli	» 465
7 - Antenne rombiche	» 467
8 - Antenne a telaio	» 469
9 - Il radiogoniometro	» 474
10 - Errori di rilevamento nel radiogoniometro	» 475
11 - Radiogoniometro Adecock	» 476

PARTE SESTA

LE NUOVE TECNICHE

CAP. XXIV — Onde ultracorte e microonde.

1 - Generalità	<i>pag.</i> 479
2 - Comportamento dei circuiti nel campo delle onde u. c. e microonde	» 480
3 - Comportamento dei tubi elettronici alle frequenze altissime	» 481
4 - Requisiti dei tubi per frequenze altissime	» 484
5 - Oscillatori per frequenze altissime	» 486
6 - Tubi a modulazione di velocità	» 487
7 - Il klystron	» 489

8 - Il magnetron	<i>pag.</i> 492
9 - Cenno sulla ricezione delle onde ultracorte e delle microonde	» 496
10 - Cenno sui ponti radio	» 499

CAP. XXV — Radar.

1 - Generalità sugli apparati per la radionavigazione	<i>pag.</i> 501
2 - Il principio della radiolocalizzazione	» 502
3 - Schema di principio di un radar	» 503
4 - L'indicatore ed i vari tipi di presentazione	» 507
5 - Ricevitore	» 511
6 - Il trasmettitore	» 513
7 - Modulatore e pilota di cadenza	» 514
8 - La portata fisica del radar - Equazione del radar	» 514
9 - Navigazione iperbolica: metodo loran	» 517
10 - Navigazione iperbolica: metodo Decca	» 520

CAP. XXVI — Modulazione di frequenza.

1 - Modulazione di frequenza e di fase: generalità	<i>pag.</i> 523
2 - Concetti fondamentali sulla modulazione di frequenza	» 524
3 - Spettro delle oscillazioni modulate in frequenza	» 526
4 - Metodi usati per attuare la modulazione di frequenza - Tubo a reattanza	» 528
5 - Trasmettitori per onde modulate in frequenza: modulazione diretta	» 531
6 - Rivelazione di onde modulate in frequenza	» 533
7 - Ricevitori per onde modulate in frequenza	» 536
8 - Modulazione di fase e sua relazione con la modulazione di frequenza	» 537
9 - Conversione della modulazione di fase in modulazione di frequenza	» 539
10 - Circuiti impiegati per la modulazione di fase e per la sua conversione in modulazione di frequenza	» 541
11 - Trasmettitore per onde modulate in frequenza: modulazione indiretta col metodo di Armstrong	» 543
12 - I disturbi nei sistemi di comunicazione a m. d. f.	» 545
13 - Manipolazione telegrafica a spostamento di frequenza	» 547

CAP. XXVII — Televisione.

1 - Suoni ed immagini - Il principio della televisione	<i>pag.</i> 549
2 - L'emissione fotoelettrica e le cellule fotoelettriche	» 552
3 - I tubi da presa televisiva: iconoscopio, orticon	» 553
4 - I tubi per la riproduzione televisiva	» 558
5 - Esplorazione e sinerizzazione	» 559
6 - Banda di frequenze occupata da una trasmissione televisiva - Cenno ai sistemi trasmettenti e riceventi	» 560
Indice alfabetico	» 565