

ING. ERNESTO MONTÙ

# RADIOTECNICA

II

## TUBI ELETTRONICI E TRANSISTORI

Quinta edizione in gran parte rifatta

587 INCISIONI

XXXVIII TABELLE

EDITORE - **ULRICO HOEPLI** - MILANO

1954

ING. ERNESTO MONTÙ

# RADIOTECNICA

VOL. II

## TUBI ELETTRONICI E TRANSISTORI

Quinta edizione in gran parte rifatta

587 incisioni - XXXVIII Tabelle



**EDITORE - ULRICO HOEPLI - MILANO**

1954

## INDICE TEMATICO

1. GENERALITÀ .....	1
2. PROPRIETÀ FONDAMENTALI .....	3
1. Diodi .....	3
Movimento degli elettroni nel vuoto .....	3
Vuoto .....	4
Emissione termoionica .....	6
Corrente di lancio .....	12
Corrente di carica spaziale .....	14
Entrata degli elettroni nei metalli .....	19
Azione di campi magnetici .....	21
2. Triodi (tubi con griglia) .....	23
Potenziale cumulativo .....	23
Caratteristiche .....	25
Parametri della valvola .....	29
Coefficiente di amplificazione e inraeffetto .....	29
Conduttanza mutua .....	30
Resistenza interna .....	30
Relazione tra i parametri .....	30
Variazione dei parametri con la polarizzazione di griglia .....	31
Effetto della emissione secondaria nei triodi .....	34
Ripartizione della corrente spaziale .....	35
3. Tubi plurigriglia .....	37
Tetrodi (tubi con due griglie) .....	37
Tetrodi a griglia di carica spaziale .....	37
Tetrodi a griglia-schermo .....	38
Pentodi .....	41
Esodi e eptodi .....	46
Convertitori pentagriglia e ottodi .....	52
Transconduttanza di conversione .....	55
Valvole a fascio elettronico .....	57
Valvole multi- $\mu$ .....	61
Valvole speciali .....	61
Valvole doppie .....	61
Valvole bigriglia per classe B .....	61
Valvole di potenza per amplificazione e per trasmissione .....	61
Durata delle valvole di trasmissione .....	64
Valvole per VHF .....	66
Valvole faro o megatron .....	67
Valvole per UHF .....	69
Modulazione degli elettroni in velocità e densità .....	69
Tubi klystron .....	70
Resnatron .....	76
Tubi a onda progressiva .....	77

Ottica elettronica .....	80
Rappresentazione matematica delle caratteristiche delle valvole .....	83
Metodo della legge esponenziale .....	83
Metodo della serie esponenziale .....	84
3. AMPLIFICAZIONE .....	87
1. Amplificatori di tensione (Preamplificatori) .....	89
Amplificazione lineare .....	89
Caratteristiche dinamiche .....	94
1° Caso. Carico anodico resistivo puro .....	94
2° Caso. Trasformatore di uscita con carico resistivo .....	97
3° Caso. Carico anodico resistivo con componente reattiva .....	99
Impiego dei preamplificatori .....	101
Importanza della conduttanza mutua e del coefficiente di amplificazione .....	101
Valori ottimi per i potenziali $V_{a0}$ e $V_{g0}$ .....	102
Valvole a griglia-schermo .....	102
2. Amplificatori di potenza .....	103
Distorsione negli amplificatori .....	103
Amplificazione non lineare .....	104
Formazione di armoniche nel pilotaggio con una sola tensione c. a. .....	105
Formazione di frequenze di combinazione nel pilotaggio con due o più tensioni c. a. ....	109
Relazione tra il fattore di distorsione e il fattore di modulazione e loro importanza .....	111
Calcolo del fattore di distorsione dalla caratteristica dinamica mutua .....	112
1° Caratteristica dinamica mutua a andamento quadratico .....	113
2° Caratteristica dinamica mutua di forma più complicata .....	115
Determinazione del tipo di caratteristica .....	118
Amplificatori BF di potenza .....	118
Amplificatori di classe A a triodi .....	118
Studio approssimato dell'amplificatore a triodo di classe A .....	120
Calcolo spicciativo di un amplificatore di classe A a triodo .....	124
Studio esatto dell'amplificatore di classe A e calcolo della distorsione .....	125
Amplificatori di potenza di classe A funzionanti con griglia anche positiva .....	127
Valvole per l'amplificazione di potenza .....	130
Amplificatori di classe A a pentodi e tetrodi a fascio .....	130
1) a pentodi .....	130
Calcolo di amplificatori a pentodo di classe A .....	132
2) a tetrodi a fascio .....	134
Amplificatori controfase .....	135
Amplificatori controfase di classe A .....	139
Amplificatori controfase di classe B .....	145
3. Amplificatori di trasmissione .....	153
Conversione di potenza .....	155
Fluttuazioni massime della corrente anodica istantanea $I_a$ .....	157
Fluttuazioni massime del potenziale anodico istantaneo $V_a$ .....	160
Funzionamento dell'amplificatore di trasmissione modulato .....	166
Calcolo pratico degli amplificatori di trasmissione (classe B e C) .....	169
4. Circuiti di amplificazione (Classe A) .....	179
Lato anodo dell'amplificatore .....	180
Carico ohmico .....	180
Carico reattivo .....	181
Lato griglia dell'amplificatore .....	183
Accoppiamento intervalvolare. Amplificazione .....	185
Influenza delle capacità parassite .....	187

Amplificazione BF .....	187
Accoppiamento intervalvolare BF per resistenza .....	187
Accoppiamento intervalvolare BF per trasformatore .....	199
Accoppiamenti intervalvolari BF misti .....	209
Accoppiamento per resistenza induttanza .....	209
Accoppiamento per resistenza con bobina di arresto di griglia .....	210
Accoppiamento per trasformatore con alimentazione in derivazione ..	211
Accoppiamento per bobina d'arresto .....	213
Accoppiamento per trasformatore di una valvola finale a un carico...	215
Accoppiamento per trasformatore di una valvola finale controfase a un carico .....	219
Amplificatore finale controfase di classe A .....	220
Amplificatore finale controfase di classe B .....	220
Amplificatori a controreazione .....	221
Effetti dello sfasamento .....	223
Inversione di fase .....	242
Amplificazione AF .....	245
Tipi di amplificatori .....	245
Amplificatori di tensione AF sintonizzati .....	249
Amplificatori AF sintonizzati con accoppiamento misto .....	254
Amplificatori AF passa-banda .....	257
Sintonia ripartita .....	261
Amplificatori con accoppiamento catodico .....	262
Amplificatore cascode .....	265
Amplificatori AF per televisione .....	266
Ammettenza di entrata .....	266
Effetto della capacità griglia-anodo $C_{ga}$ .....	266
Neutralizzazione .....	270
Altre cause di instabilità degli amplificatori .....	271
Funzionamento delle valvole alle VHF .....	273
Ammettenza di entrata della valvola alle VHF .....	275
Amplificatori per UHF .....	277
Disturbi negli amplificatori .....	279
Agitazione termica degli elettroni .....	279
Rumore di valvola .....	280
Effetto granulare .....	281
Effetto di tremolio .....	281
Ripartizione della corrente spaziale .....	281
Ionizzazione .....	286
Emissione secondaria .....	286
Rumore alle frequenze più elevate .....	286
Rumore nei mescolatori a diodo e a cristallo .....	286
4. GENERAZIONE .....	287
Condizioni per l'autoeccitazione .....	287
Requisiti di ampiezza .....	289
Requisiti di fase .....	291
Stabilità della frequenza .....	295
Oscillatori pilota. Accoppiamento elettronico .....	298
Oscillatori con linea risonante .....	299
Oscillazioni parassite .....	300
Circuiti a reazione .....	303
1) Con accoppiamento per trasformatore .....	303
2) Con accoppiamento mediante partizione di tensione .....	306
3) Con accoppiamento mediante la capacità naturale griglia-anodo ..	307
Progetto e regolazione di oscillatori di potenza .....	308
Controllo a cristallo .....	312

Oscillatori a resistenza negativa .....	314
Oscillatori pratici a resistenza negativa .....	317
Oscillatori a resistenza negativa senza induttanza .....	319
Generatori di oscillazioni rilassate .....	321
Tipi vari di oscillatori .....	326
Oscillatori sincronizzati .....	326
Oscillatori plurivalvolari .....	327
Oscillatori con controllo automatico di ampiezza .....	327
Oscillatori stabilizzati per mezzo di resistenza .....	328
Circuiti a scatto .....	329
Generazione di guizzi per circuiti a scatto .....	332
Circuiti per la generazione di impulsi di tensione rettangolari .....	335
Circuiti per la generazione di impulsi periodici triangolari .....	336
Generatori di impulsi .....	337
Oscillatori a campo frenante .....	343
Oscillatori magnetron .....	347
Magnetron ad anodo spaccato .....	347
Magnetron a cavità .....	353
Oscillatori klystron .....	364
di potenza .....	364
reflex .....	365
<b>5. RETTIFICAZIONE-RIVELAZIONE .....</b>	<b>371</b>
Considerazioni teoriche sulla rettificazione .....	371
Rettificazione con diodi .....	373
Considerazioni pratiche sulla rivelazione .....	384
Rivelazione col diodo .....	384
Rettificatori per semionda .....	385
Rivelazione anodica di potenza .....	397
Rivelazione di griglia di potenza .....	400
Rivelatori a legge quadratica .....	402
Confronto dei vari metodi di rivelazione per segnali M. A. ....	404
Rivelatori per segnali M. F. ....	404
Rivelazione eterodina .....	408
Rivelatori in reazione .....	409
Rivelatori autodina .....	410
Rivelatori a superreazione .....	412
Rivelazione contemporanea di due onde modulate .....	414
<b>6. TRANSISTORI .....</b>	<b>417</b>
Generalità .....	417
Giunzione p-n .....	419
Giunzione a contatto puntiforme .....	421
Stato attuale di sviluppo dei transistori .....	423
Transistori a contatto puntiforme .....	423
Transistori a giunzione n-p-n .....	425
Stadio con base a massa .....	431
Stadio con emettitore a massa .....	433
Stadio con collettore a massa .....	437
Rispondenza di frequenza .....	439
Rumore .....	440
Oscillatori a transistori .....	441
<b>6. TUBI RETTIFICATORI, REGOLATORI, ECC. ....</b>	<b>445</b>
Diodi a vuoto spinto .....	445
Diodi tungar .....	447
Diodi a vapore di mercurio a catodo caldo .....	448
Diodi a catodo freddo .....	456
Rettificatori ad arco di mercurio .....	457

Ignitron .....	464
Tubi rettificatori a griglia-pilota (tiratron) .....	467
Uso del tiratron come invertitore .....	477
Controllo magnetico del tiratron .....	480
Tubi a catodo freddo con elettrodo di controllo .....	482
<b>8. TUBI FOTOELETRICI .....</b>	<b>485</b>
Grandezze e unità fotometriche .....	487
Tubi fotoelettrici .....	489
Tipi di tubi fotoelettrici .....	490
Tubi fotoelettrici a vuoto .....	490
Tubi fotoelettrici ad atmosfera gassosa .....	492
Applicazioni .....	495
Circuiti per la riproduzione del suono .....	495
Circuiti per relè azionati dalla luce e per misure della luce .....	496
Scelta del tubo fotoelettrico .....	496
Tetodi ad atmosfera gassosa per circuiti fotoelettrici .....	497
Valvole amplificatrici nei circuiti relè e di misura .....	498
Circuito relè .....	500
Circuito relè e di misura .....	501
Circuito relè e di misura alimentato da batterie .....	503
Circuito di paragone .....	504
Circuito per misure di paragone alimentato con c.a. .....	506
Circuito per la misura di rapporti di intensità luminosa .....	507
Circuito per il governo del tempo di esposizione fotografica .....	509
Circuito per la misura di piccolissimi valori di illuminamento .....	510
Precauzioni nell'impianto .....	511
Precauzioni per i tubi fotoelettrici ad atmosfera gassosa .....	513
Precauzioni per i tubi a vuoto .....	514
<b>9. TUBI A RAGGI CATODICI .....</b>	<b>515</b>
Costruzione .....	515
Cannone elettronico .....	516
Cannone a focalizzazione elettrostatica .....	516
Catodo .....	518
Prima lente .....	519
Seconda lente .....	519
Cannone a focalizzazione magnetica .....	521
Schermo fluorescente .....	521
Deviazione .....	522
Deviazione elettrostatica .....	523
Deviazione elettromagnetica .....	527
Deviazione in coordinate polari .....	529
Sensibilità di deviazione .....	530
Regolazione della posizione di riposo della macchia .....	530
Asse dei tempi .....	531
Sincronismo .....	535
Asse dei tempi per l'oscilloscopio a coordinate polari .....	536
Applicazione di tensioni c. a. a entrambe le coppie di placche .....	537
<b>10. ALTRI TIPI DI TUBI .....</b>	<b>541</b>
Moltiplicatori elettronici .....	541
Emissione secondaria .....	541
Tubi di presa per televisione .....	549
Tubi non ad accumulazione .....	549
Analizzatore di immagine di Farnsworth .....	549
Tubi ad accumulazione .....	551
Iconoscopio .....	551

Orticonoscopio .....	555
Orticonoscopio a immagine elettronica .....	556
Vidicon .....	560
Tubi di riproduzione per televisione .....	562
Cinescopio .....	562
Cinescopi con schermo a rivestimento specchiante .....	564
Cinescopi di grandi dimensioni .....	565
Cinescopi di proiezione .....	566
Ciclotrone .....	568
Ciclofon .....	570
II. PROVE-TIPO di tubi elettronici .....	573
I. Generalità .....	573
A. Scopo .....	573
B. Precauzioni generali .....	573
C. Condizioni generali di prova .....	573
II. Rilievo delle caratteristiche .....	574
A. Caratteristica di filamento o di riscaldatore .....	574
B. Tempo di riscaldamento del catodo .....	575
C. Caratteristiche di emissione .....	575
D. Emissione elettronica .....	577
E. Caratteristica di griglia .....	578
F. Caratteristica anodica .....	578
G. Caratteristica mutua .....	578
III. Coefficienti dei tubi a vuoto .....	579
A. Conduttanza di un circuito elettrodico .....	579
B. Conduttanza di griglia .....	580
C. Conduttanza anodica e resistenza (anodica) interna .....	581
D. Conduttanza di rettificazione .....	582
E. Transconduttanza in un tubo con $n$ -elettrodi .....	583
F. Transconduttanza griglia-anodo .....	584
G. Transconduttanza di conversione .....	585
H. Fattore di amplificazione in un tubo con $n$ -elettrodi .....	585
I. Coefficiente di amplificazione .....	586
IV. Correnti di ionizzazione e di dispersione .....	587
A. Corrente di griglia-pilota .....	587
B. Corrente dovuta a ionizzazione o gas .....	588
C. Corrente di dispersione .....	590
D. Corrente di emissione di griglia .....	590
V. Capacità interelettrodica .....	591
A. Capacità interelettrodiche dirette .....	591
B. Capacità diretta griglia-anodo .....	592
C. Capacità diretta griglia-anodo di tubi a griglia-schermo .....	593
VI. Potenza di uscita indistorta .....	596
A. Misura delle armoniche .....	596
B. Massima potenza indistorta di uscita di un triodo .....	597
C. Massima potenza indistorta di uscita di un pentodo .....	597
D. Normale potenza indistorta di uscita di un pentodo .....	598
VII. Caratteristiche di rivelazione .....	598
A. Caratteristica di rettificazione .....	598
B. Caratteristica di transrettificazione .....	599
VIII. Tubi fotoelettrici .....	599
A. Tecnica e apparecchiatura .....	599
1. Sorgente luminosa .....	599
2. Cassetta fotometrica .....	600
3. Circuito elettrico .....	600

B. Sensibilità del tungsteno .....	601
C. Caratteristica corrente-tensione .....	601
D. Caratteristica corrente-illuminamento .....	601
E. Caratteristica corrente-lunghezza d'onda .....	602
F. Caratteristica di rispondenza alla frequenza di pulsazione .....	602
G. Prove di amplificazione del gas .....	604
H. Prova della emissione primaria .....	604
I. Dispersione .....	604
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>605</b>
Libri .....	605
Proprietà generali .....	606
Proprietà degli elettroni .....	609
Costruzione — Vuoto .....	610
Emissione elettronica .....	612
Ionizzazione .....	615
Emissione secondaria .....	616
Carica spaziale .....	618
Coefficienti della valvola .....	610
Impedenza di griglia e ammettenza di griglia .....	620
Capacità interelettrodica .....	621
Tetodi .....	622
Pentodi .....	622
Tubi a più di 5 elettrodi .....	623
Valvole a fascio elettronico .....	624
Valvole per UHF .....	624
Funzionamento alle VHF .....	627
Rumore di valvola .....	628
Microfonicità .....	630
Azione rettificatrice .....	630
Azione rivelatrice .....	631
Rivelazione di griglia .....	632
Rivelazione di placca .....	633
Rivelazione col diodo .....	634
Rivelazione con tubo a campo frenante .....	635
Rivelazione in reazione .....	635
Azione generatrice .....	636
Stabilità della frequenza (Generazione) .....	639
Generazione di onde ultracorte e microonde .....	640
Oscillatori magnetron .....	643
Oscillatori a campo frenante .....	646
Oscillatori klystron .....	648
Oscillatori con accoppiamento catodico .....	648
Oscillatori piezoelettrici .....	648
Oscillatori a magnetrostrizione .....	650
Oscillatori dinatron .....	650
Oscillatori con tubi ad atmosfera gassosa .....	651
Oscillatori a controreazione e sfasamento .....	651
Oscillatori a diodo .....	652
Generatori di impulsi .....	652
Generatori di oscillazioni rilassate .....	653
Azione amplificatrice .....	654
Amplificazione AF .....	655
Amplificazione UHF .....	656
Amplificatori a ampia banda .....	657
Neutralizzazione .....	658
Distorsione (Amplificazione AF) .....	658

Stabilità e Reazione (Amplificazione AF) .....	659
Amplificazione AF di classe B .....	660
Amplificazione AF di classe C .....	661
Amplificazione BF .....	662
Stadio finale (Amplificazione BF) .....	662
Amplificazione BF di classe A e AB .....	663
Amplificazione BF di classe B .....	663
Controreazione (Amplificazione BF) .....	664
Amplificazione c.c. ....	667
Amplificatori con valvole per microonde .....	668
Amplificazione di transistori .....	668
Amplificazione distribuita .....	668
Accoppiamento intervalvolare .....	669
Accoppiamento per trasformatore .....	669
Accoppiamento per resistenza-capacità .....	669
Accoppiamento diretto .....	671
Accoppiamento di catodo .....	671
Accoppiamento elettronico .....	672
Inversione di fase .....	672
Rettificatori a vuoto spinto .....	672
Rettificatori ad atmosfera gassosa .....	673
Rettificatori ad arco di mercurio .....	674
Tiratron .....	674
Ignitron e Permatron .....	676
Tubi fotoelettrici .....	676
Tubi a raggi catodici .....	678
Moltiplicatori elettronici .....	682
Tubi analizzatori per televisione .....	683
Tubi riceventi per televisione .....	683
Ciclotrone .....	683
Transistori .....	684
Proprietà dei semiconduttori .....	687
Oscillatori a transistori .....	687
Misure su valvole .....	688
Varie .....	688
Rilievo delle caratteristiche .....	689
Ammettenza di griglia .....	690
Resistenza interna .....	690
Coefficiente di amplificazione .....	690
Conduttanza mutua .....	691
Capacità interelettrode .....	691
Potenza di uscita .....	691
Rumore .....	692
Verifica. Prove di produzione .....	692
Distorsione .....	693
Misure su transistori .....	693
Elenco delle Riviste menzionate nella Bibliografia e sigle di riferimento .....	694
<b>12. DATI TABELLARI .....</b>	
TABELLA I — Valvole metalliche .....	698
TABELLA II — Valvole 6,3 volt a bulbo di vetro con zoccoli Octal .....	702
TABELLA III — Valvole 7 volt con zoccoli Loktal .....	706
TABELLA IV — Valvole di ricezione a bulbo di vetro per 6,3 volt ..	708
TABELLA V — Valvole di ricezione per 2,5 volt .....	712
TABELLA VI — Valvole riceventi per batteria 2,0 volt .....	714
TABELLA VII — Valvole riceventi per batteria 2,0 V. con zoccoli octal .....	714

TABELLA	VIII — Valvole a filamento di 1,5 V. per batteria a secco..	716
TABELLA	IX — Valvole con riscaldatore a tensione elevata .....	718
TABELLA	X — Valvole riceventi speciali .....	722
TABELLA	XI — Valvole riceventi miniatura .....	726
TABELLA	XII — Valvole subminiatura .....	734
TABELLA	XIII — Valvole F.I.V.R.E. Serie G. T. ....	736
TABELLA	XIV — Valvole di trasmissione F.I.V.R.E. ....	738
TABELLA	XV — Triodi trasmettenti americani .....	740
TABELLA	XVI — Tetrodi e pentodi di trasmissione americani.....	748
TABELLA	XVII — Valvole rettificatrici per ricezione e trasmissione..	752
TABELLA	XVIII — Dati su modulatori di classe B .....	754
TABELLA	XIX — Rettificatori al selenio .....	757
TABELLA	XX — Tubi fotoelettrici RCA .....	758
TABELLA	XXI — Tubi a raggi catodici per oscilloscopia .....	760
TABELLA	XXII — Klystron .....	762
TABELLA	XXIII — Magnetron a cavità .....	762
TABELLA	XXIV — Transistori .....	764
TABELLA	XXV — Diodi a cristallo di germanio .....	766
TABELLA	XXVI — Tiratron RCA .....	768
TABELLA	XXVII — Ignitron RCA .....	770
	Zoccoli per valvole di ricezione americane .....	772
	Valvole Philips .....	781
TABELLA	XXVIII — Valvole Philips .....	782
TABELLA	XXIX — Tubi a raggi catodici per oscilloscopia Philips ....	790
TABELLA	XXX — Tubi regolatori di corrente Philips .....	793
TABELLA	XXXI — Tubi stabilizzatori Philips al neon .....	793
	Schema di montaggio degli zoccoli delle valvole Philips « Miniwatt » .....	794
TABELLA	XXXII — Pentodi (P) Philips per trasmissione con raffreddamento naturale in aria .....	796
TABELLA	XXXIII — Modulatori (M) e triodi (T) Philips per trasmissione con raffreddamento naturale in aria .....	797
TABELLA	XXXIV — Diodi Philips (PH) e Zenith (Z) per alta tensione e raffreddamento naturale in aria .....	798
TABELLA	XXXV — Diodi (D), modulatori (M), triodi (T), pentodi (P) Philips per trasmissione con anodo raffreddato ad acqua	799
TABELLA	XXXVI — Valvole riceventi Telefunken tipo « Wehrmacht »..	800
TABELLA	XXXVII — Triodi trasmettenti Telefunken .....	802
TABELLA	XXXVIII — Pentodi trasmettenti Telefunken .....	804
13. TERMINOLOGIA RIGUARDANTE I TUBI ELETTRONICI IN CINQUE LINGUE .....		807