

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- μ	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
5. RETTIFICAZIONE-RIVELAZIONE.....	371
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
6. TRANSISTORI.....	417
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
6. TUBI RETTIFICATORI, REGOLATORI, ECC.....	445
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
8. TUBI FOTOELETRICI	485
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
9. TUBI A RAGGI CATODICI	515
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
10. ALTRI TIPI DI TUBI	541
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 <i>n</i> -elettrodi	583
F. Transconduttanza griglia-anodo	584
G. Transconduttanza di conversione	585
H. Fattore di amplificazione in un tubo con <i>n</i> -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
11. BIBLIOGRAFIA	605
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 transistoro	687
Misure su valvole	688
Varie	688
Rilievo delle caratteristiche	689
Ammetenza 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
12. DATI TABELLARI	
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