

PRESENTAZIONE

Questo piccolo lavoro scaturisce, in parte, dalla rivisitazione e riunione di vecchi appunti sparsi presi alle lezioni del corso di elettronica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma, nei lontani anni 1959/60, in parte, dalla scelta meditata e dalla rielaborazione di molti miei scritti a mano, nati dall'esperienza quotidiana in classe, stesi inizialmente per essere distribuiti agli alunni, utilizzati ed aggiornati man mano nell'arco dei primi anni di insegnamento che vanno dal 1962 al 1970, nelle classi finali degli Istituti Tecnici Nautici e Professionali, quando l'elettronica era prevalentemente cresciuta intorno ai tubi a vuoto.

Sperimentando e osservando sul campo come fosse difficile per gli studenti afferrare e comprendere gli argomenti quando erano troppo sviluppati e approfonditi, ma quanto fosse più facile per loro l'apprendimento quando venivano spiegati per gradi, magari con esempi e realizzazioni in laboratorio, senza indugio ho deciso di separare la parte informativa, semplice ma utilizzabile subito, da quella approfondita che veniva svolta successivamente, richiesta addirittura sovente dagli stessi alunni quando avevano acuito il loro interesse.

Così, seguendo la mia esperienza di allora ma avendo ancora la certezza che pure oggi a molti interessa l'applicazione senza tanti fronzoli, ho tentato anche qui di impostare queste pagine per poter essere lette, per quanto possibile, in modo differenziato su due livelli d'apprendimento: "informativo" se pur rigoroso, e "approfondito" ma chiarificatore.

Ho tentato, inoltre, di fare in modo che la comprensione a livello "informativo" non dovesse risentire molto della mancanza d'approccio al livello "approfondito". Perciò ritengo che il lettore che non trovi necessità nel veder giustificate a tutti i costi le relazioni matematiche e fondamentali ma abbia intenzione solo di utilizzarle per i suoi lavori o per i suoi passatempi, potrebbe tralasciare a suo piacimento la maggior parte degli "Approfondimenti", che sono posti sempre alla fine di ogni capitolo, per rivederli magari poi, quando ne abbia il gusto o l'interesse o la curiosità.

Buona parte dei grafici è stata prodotta con giusta strumentazione o con programmi su elaboratore, alcuni dei quali realizzati personalmente in Borland Pascal o Delphi. I disegni sono stati eseguiti con l'aiuto di un adatto e semplice programma C.A.D.

Gli esempi di progettazione, quasi tutti realizzati e collaudati nel mio piccolo laboratorio, e gli esercizi, tutti svolti, sono proposti essenzialmente con lo scopo di chiarire i punti più importanti del capitolo cui si riferiscono, ma spesso, per la discrepanza che risulta tra i valori pratici ottenuti e quelli teorici calcolati, possono fornire lo spunto per nuove riflessioni e fruttuose precisazioni.

Tale lavoro, che assume a volte l'aspetto del racconto storico, non intende essere un libro accademico né un libro di testo ma quasi una raccolta ordinata di argomenti o un semplice vademecum sui tubi a vuoto, ossia cerca di fornire una guida concreta allo studio e alla comprensione di particolari e specifici temi da molti ormai considerati obsoleti.

Potrebbe quindi essere un libretto sperimentale, poco o molto impegnativo a seconda dei desideri, possibilmente scorrevole, essenziale e applicativo, con molte realizzazioni effettive e idee progettuali, adatto per chi vuole ancora dedicarsi alla vecchia, cara e appassionante elettronica del vuoto spinto.

NOTA DELL'AUTORE

Queste pagine trattano argomenti che riguardano solo i tubi elettronici e i circuiti a loro connessi, con l'obiettivo di raggiungere, alla fine, una sufficiente padronanza dell'elettronica del vuoto, sia a livello teorico, sia a livello pratico e applicativo.

Ciò porta alla necessità di possedere già una buona conoscenza dei principi e delle leggi fondamentali dell'Elettricità, ma anche, purtroppo quando si vuole approfondire, di avere una indispensabile e sufficiente cultura matematica.

Come è accennato nella presentazione, per i più esigenti e quando lo riteniamo utile o necessario, diamo una giustificazione matematica delle espressioni più importanti, scritte ed utilizzate ma non dimostrate nel capitolo per non appesantirne la lettura, mediante gli opportuni sviluppi inseriti sempre all'interno di riquadri posti nella parte finale del capitolo stesso.

Per la comprensione di questi sviluppi è necessario, comunque, un discreto possesso dei principi fondamentali dell'analisi matematica e di alcuni concetti basilari della fisica.

Nel testo, i riferimenti che riguardano questa sezione e che chiameremo sempre "Approfondimenti", sono scritti alla sinistra delle formule o degli argomenti coinvolti, con un numero con asterisco chiuso tra parentesi, che rimanda allo stesso numero con asterisco riportato nei riquadri.

BIBLIOGRAFIA

Principali libri consultati sulla teoria e sulla tecnica dei tubi a vuoto:

- E. MONTU' – Radio - 8ª Ed. – U. Hoepli – Milano – 1932
- G. DILDA – Radiotecnica - Vol.1°/2° – Levrotto e Bella – Torino - 1945
- A.V. EASTMAN – Fundamentals of vacuum tubes - McGraw Hill – N.Y. - 1949
- D.E. RAVALICO – Il Radiolibro -12ª Ed. – U. Hoepli – Milano - 1951
- E. MONTU' – Radiotecnica – Vol.1°/2°/3° - U. Hoepli – Milano – 1958
- S. MALATESTA – Elettronica – C. Corsi – Pisa – 1961
- S. MALATESTA – Radiotecnica generale – C. Corsi – Pisa - 1961
- QUARANTA-RIGHINI-RISPOLI – Elementi di Elettronica generale – Zanichelli – Bologna -1963
- MASSAROTTI – PUGLISI – Elementi di Radiotecnica – Zanichelli – Bologna – 1964
- CAVAZZUTI-NOBILI-PASSERINI- Corso di Radiotecnica-Vol.1°/2°/3° – Calderini – Bologna – 1968
- F.MONDANI – Radioelettronica - Vol.1°/2°/3° - Trevisini - Milano
- F. TERMAN – Radiotecnica ed Elettronica - Vol.1°/2° - C.E.L.I. – Bologna.

----*----

Sono stati ampiamente utilizzati gli appunti presi al Corso di Elettronica del Prof. Umberto Pellegrini. (Univ. Roma A.A. 1959/60).

RINGRAZIAMENTO

Ringrazio di vero cuore Leonardo Mureddu, che mi ha proposto a suo tempo la pubblicazione di queste righe, che mi ha sostenuto poi e mi ha incoraggiato durante tutto l'arco del lavoro con i suoi consigli e i suoi apprezzamenti.

INDICE

Presentazione	Pag.	4
Capitolo 1° Il diodo	Pag.	7
Generalità		7
Tipi di emettitori		7
Tipi di anodi		7
Tubi a vuoto		7
Il diodo		9
Parametri differenziali		12
Esercizio		14
Approfondimenti		16
Capitolo 2° Il diodo con bassi segnali	Pag.	18
Misura di piccole tensioni		18
Voltmetri di cresta		19
Rivelatori AM		21
Traslazione di frequenza		22
Approfondimenti		24
Capitolo 3° Il diodo come raddrizzatore	Pag.	30
Generalità		30
Raddrizzatore a semionda		31
Raddrizzatore ad onda intera		32
Esercizio		34
Filtro di livellamento		36
Esercizio		38
Calcolo di un alimentatore		41
Approfondimenti		44
Capitolo 4° Il triodo	Pag.	50
Generalità		50
Parametri differenziali		55
Circuiti equivalenti		56
Metodo grafico		57
Approfondimenti		63
Capitolo 5° Il tetrodo e il pentodo	Pag.	65
Generalità		65
Caratteristiche anodiche		68
Circuito equivalente		72
Tetrodo bigriglia		73
Tubi a doppio comando		73
Tubi multipli		75
Trasconduttanze negative		76
Approfondimenti		77

Capitolo 6°	Polarizzazione e Amplificazione	Pag.	79
	Punto di funzionamento e retta di carico		79
	Amplificatori con resistenza di carico		80
	Amplificatori con impedenza di carico		83
	Espressioni dell'amplificazione		85
	Polarizzazione		85
	Esercizio riassuntivo		87
	Polarizzazione automatica di griglia		88
Capitolo 7°	Amplificatori a Banda Larga RC	Pag.	91
	Generalità		91
	Amplificatori a larga banda		91
	Osservazioni		97
	Funzione generale dell'amplificazione		99
	Un'osservazione importante		101
	Esercizio di progettazione		103
	Una riprova interessante		106
	Approfondimenti		108
Capitolo 8°	Amplificatori a Banda Larga TR	Pag.	113
	Generalità		113
	Amplificazione		115
	Approfondimenti		117
Capitolo 9°	Particolari Amplificatori a Banda Larga	Pag.	120
	Inseguitore catodico		120
	Esercizio		122
	Amplificatore con griglia a massa		124
	Esempio numerico		125
	Invertitore di fase		126
	Studio di un caso reale		127
	Amplificatore con ingressi su griglia e catodo		128
	Amplificatori in continua		128
	Amplificatore differenziale		129
	Progetto di amplificatore differenziale		132
	Approfondimenti		135
Capitolo 10°	Amplificazione a Banda Stretta	Pag.	139
	Amplificatore LRC antirisonante		139
	Considerazioni sul coefficiente Q		142
	Esercizio		144
	Amplificatore a filtro di banda		146
	Realizzazione di un filtro di banda		152
	Approfondimenti		156
Capitolo 11°	Amplificazione di potenza	Pag.	160
	Amplificatori in generale		160
	Amplificatori di potenza		160

Utilizzo delle Classi	162
Classe "A" con carico resistivo	162
Classe "A" con carico a trasformatore	165
Classe "A" in controfase	166
Studio di un caso reale	168
Classe "B" in controfase	170
Considerazioni importanti	171
Classe "AB"	171
Classe "C"	172
Approfondimenti	174
Capitolo 12° Amplificatori di potenza	Pag. 180
Piccolo Amplificatore di potenza	180
Realizzazione dell'amplificatore	185
Progetto di Amplificatore B.F. a tubi termoionici	187
Distorsione	198
Studio grafico-matematico della distorsione	200
Capitolo 13° Amplificatori di potenza particolari	Pag. 206
Tubi elettronici subminiatura	206
Amplificatore con i tubi 9502 e 5718	207
Tubi "Compactron"	211
Amplificatore con il tubo 6AL11	213
Il tubo ECLL800	218
Amplificatore con il tubo ECLL800	219
Capitolo 14° Retroazione Negativa	Pag. 224
Generalità sulla retroazione	224
La controeazione in generale	225
Studio della controeazione negli amplificatori	226
Caratteristiche della controeazione	226
Tipi di amplificatori	229
Tipi di controeazione	230
Chiarimenti sulla "A _v "	233
Esercizi applicativi	234
Approfondimenti	241
Capitolo 15° Retroazione Positiva	Pag. 249
Generalità	249
Generatori	250
Oscillatori R.F.	251
Oscillatori a circuito accordato	251
Esercizio	252
Oscillatori a tre punti	255
Oscillatori Hartley	256
Oscillatori Colpitts	257
Esempio	257
Trasmettitore AM con circuito Colpitts	258

Oscillatori B.F.	262
Oscillatore a Ponte di Wien	262
Esercizio	263
Oscillatore a sfasamento	264
Esercizio	265
Approfondimenti	266
Capitolo 16° Radioricevitori	Pag. 273
Generalità	273
Ricevitori ad amplificazione diretta	273
Rivelatori a triodo	274
Rivelatore per caratteristica di placca	274
Esercizio	275
Rivelatore per caratteristica di griglia	276
Esercizio	277
Ricevitori a reazione	278
Ricevitori in superreazione	279
Esercizio	282
Ricevitori Reflex	284
Capitolo 17° Esempi di ricevitori	Pag. 286
Ricevitore ad amplificazione diretta	286
Esemplari di radio a reazione	288
Ricevitore FM superreattivo	291
Sintonizzatore AM reflex	300
Capitolo 18° Tubi a catodo freddo	Pag. 305
Generalità	305
Tubi stabilizzatori	306
Esercizio	309
Alimentatore stabilizzato	310
Approfondimenti	311

-----*