

Amplificatore di potenza per i 70 cm

di Riccardo Bozzi - IK5CON

La maggior parte degli amplificatori a valvola ad uso amatoriale per la banda dei 432 MHz è realizzata utilizzando dei tetrodi ed in particolare la CX 250 B e suoi derivati.

La scelta di questo tipo di tubo è generalmente dettata da due fattori: il guadagno in potenza abbastanza elevato e la notevole potenza r.f. ottenibile. Tuttavia i problemi di realizzazione di un amplificatore che utilizzi la 4 CX 250 sono molteplici, sia dal punto di vista meccanico che elettrico.

Infatti occorre realizzare la meccanica relativa alla parte r.f. di potenza, solitamente a linea risonante o in cavità, ed approntare il complesso alimentatore multitemensione. Deve anche essere considerato il fatto che la 4 CX 250B, alla frequenza di 432 MHz, è al limite superiore di utilizzazione e, per disporre della massima potenza r.f., occorre già un discreto pilotaggio. In fig. 1 è mostrato il guadagno e la potenza a radio frequenza in uscita, in funzione della frequenza, del tubo 4 CX 150/250B.

Da queste premesse, è da esaminare con attenzione la possibilità di utilizzare un triodo ad alto guadagno; nel caso particolare, all'uso in UHF, è conveniente la scelta della valvola 2C 39 e derivati.

Un sistema valido per costruire, in modo economico e con eccellenti risultati, un amplificatore per i 70 centimetri, è descritto in (1). Essenzialmente si tratta di un amplificatore a triodo in cavità che, a seconda della valvola utilizzata e del pilotaggio disponibile, è in grado di fornire una potenza r.f. da 45 a 85 W.

Caratteristiche dei triodi planari

I triodi planari sono stati concepiti per superare i limiti dei tubi convenzionali alle altissime frequenze.

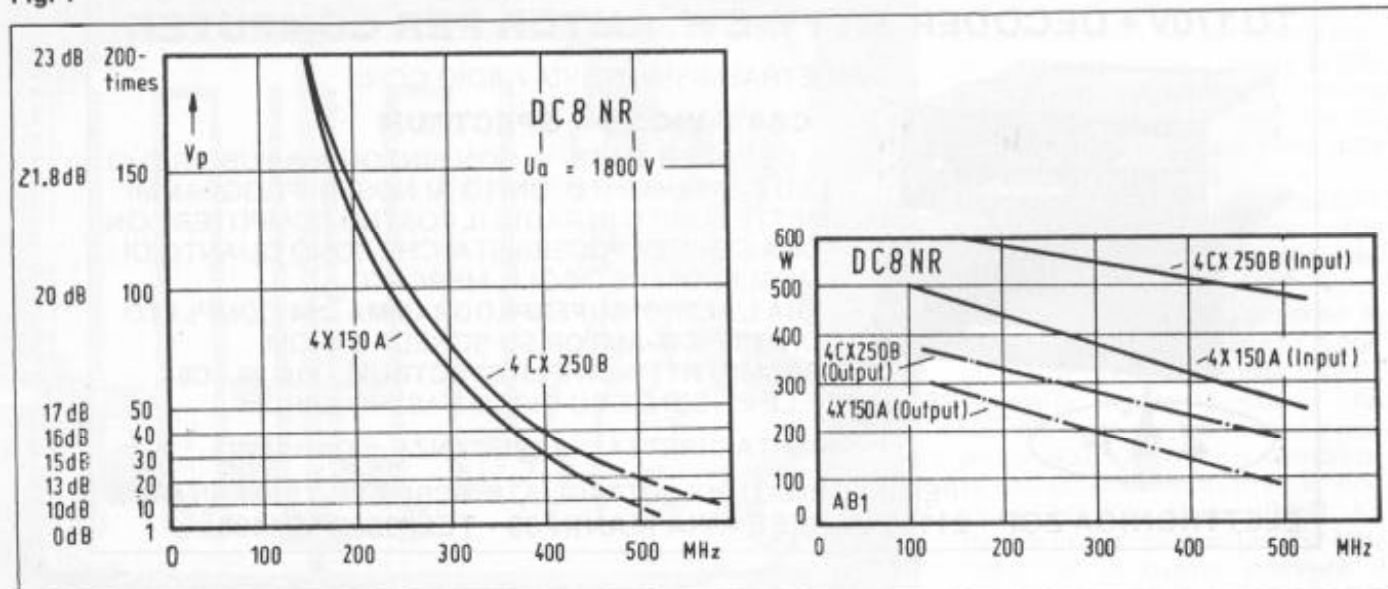
Infatti nei tubi tradizionali le induttanze dei collegamenti di griglia, catodo ed anodo, rendono impossibile il funzionamento di questi alle alte frequenze; inoltre, il tempo di transito degli elettroni a frequenze elevate è paragonabile al periodo del segnale d'ingresso.

A ciò è possibile ovviare in parte, o aumentando la tensione di placca per aumentare la velocità di transito del flusso di elettroni fra placca e catodo, o diminuendo la distanza tra questi due elementi. Comunque ad un certo livello non è più possibile giocare su questi due parametri, ovviamente per l'insorgere di capacità interne indesiderate e per limiti d'isolamento tra gli elettrodi. La modifica strutturale meccanica della valvola è dunque l'unico mezzo per poter raggiungere l'obiettivo di un triodo di potenza utilizzabile al limite di vari GHz.

In effetti il triodo planare ha questa denominazione per il semplice fatto di avere anodo, griglia e catodo a struttura piana. Le strutture fisiche degli elettrodi sono ridotte al minimo per ridurre il fenomeno di capacità interne parassite e la struttura esterna del tubo è del tipo coassiale; anche questo per permettere un assemblaggio con induttanza parassita minima.

Nella tabella n. 1 è mostrata la lista dei triodi planari più diffusi. Nelle figg. 2, 3 e 4 sono visibili i grafici di resa dei triodi

Fig. 1



AIR-COOLED POWER TRIODES FOR MICROWAVES UP TO 3 GHz

Type	U _f ¹⁾ V	I _f A	Prelim. heating	Limit values U _a ²⁾			Limit values					t max. 3)	Sl. mA/V	U _g V	C _{g/p} pF	C _{g/c} pF	C _{p/c} pF
				unmod.	mod.	P (W)	U _{gp} ⁺ V	U _{gp} ⁻ V	P _g W	I _g mA	I _c mA						
2 C 39 A	6.3	1	1 min.	1000	600	100	+25	-400	2	50	125	175°C	25	-150	2	6	0.035
2 C 39 BA	6	1	1 min.	1000	600	100	+30	-400	2	50	125	200°C	25	-150	2	6	0.035
3 CX 100 A5	6	1	1 min.	1000	600	100	+30	-400	2	50	125	250°C	25	-150	2	6	0.035
YD 1050	6	1	1 min.	800	600	100	+25	-400	2	50	125	200°C	27	-150	2	6	0.045
YD 1051	6	1	1 min.	1000		100	+30	-400	2	50	190	250°C	30	-150			
YD 1053	6	1	1 min.	800		100	+25	-400	2	50	125	250°C	27	-150			
7211	6.3	1	1 min.	1000		100	+30	-400	2	45	190	250°C	30	-150			
7289	6	1	1 min.	1000	600	100	+30	-400	2	50	125	300°C	25	-150	2	6	0.035

- 1) It may be necessary to reduce the heater voltage U_f at frequencies over 400 MHz (see manufacturers instructions). Normally, a heater voltage fluctuation of ± 10% is permissible. However, a limitation to ± 5% will increase tube life.
- 2) Tube life is greatly dependent on the loading of the tube, especially on the plate voltage at higher frequencies. It is therefore better to obtain the required output power at the lowest possible plate voltage.
- 3) The permissible maximum temperature (t_{max}) may not be exceeded at any part of the tubes surface. It is important to always remain below this temperature in order to obtain a long tube life. Approximate air volumes for sufficient tube cooling should be taken from the instructions of the manufacturers.

Tabella 2

planari usati come amplificatori con griglia a massa, duplicatori e triplicatori.

Tutti i dati sono desunti dalla nota Eimac AS 12. Nella tabella n. 2 sono elencati i dati di utilizzo per i vari triodi planari.

2C39A	Eimac, Machlett	Glass or ceramic construction
2C39BA	"	"
6857	General Electric	Not interchangeable electrically in most high frequency sockets with 3CX100A5 or 7289
2C41	Machlett	Not interchangeable physically with 3CX100A5 or 7289
381	Eimac, Machlett	3CX100A5 type, rated for pulse service (Eimac-glass or ceramic)
3CX100A5	Eimac, Machlett General Electric	All ceramic construction
7289	Eimac, Machlett, General Electric	Identical to 3CX100A5
3CX100F5	Eimac	Identical to 3CX100A5 except heater voltage is 20.5 volts

Tabella 1 - Triodi Planari

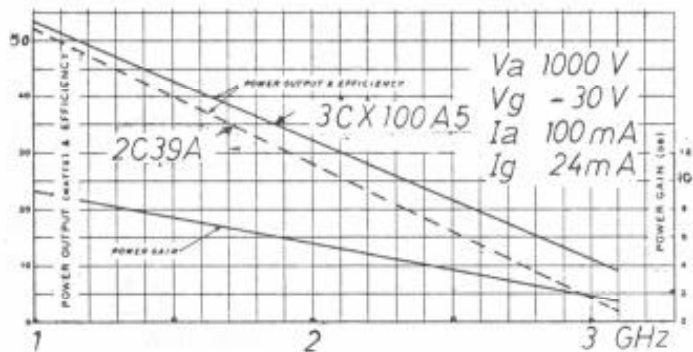


Fig. 2 - 3CX 100A5, usata come amplif. griglia a massa (potenza tipica uscita, guadagno ed efficienza); in tratteggio le caratteristiche della 2C 39A).

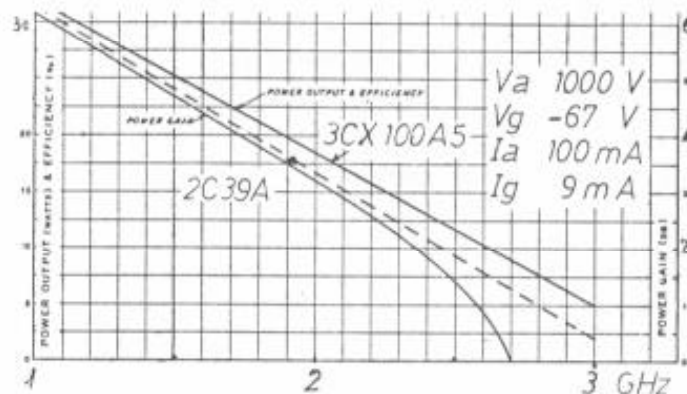


Fig. 3 - 3CX 100A5, duplicatrice griglia a massa. In tratteggio: la potenza di uscita della 2C39A.

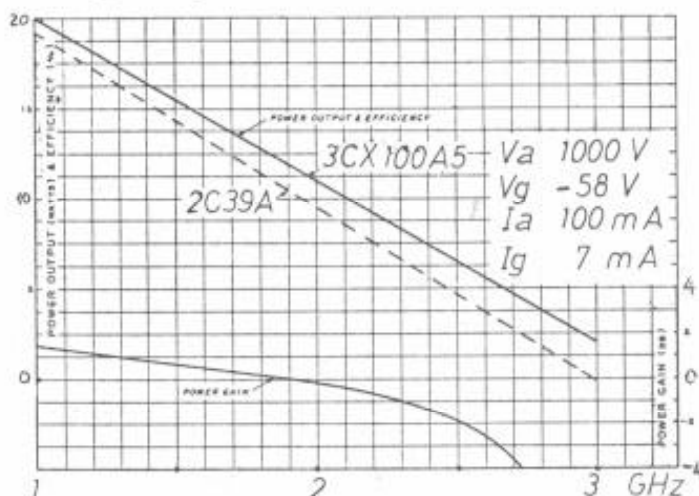


Fig. 4 - 3CX 100A5, triplicatrice griglia a massa. In tratteggio: la potenza di uscita della 2C39A.

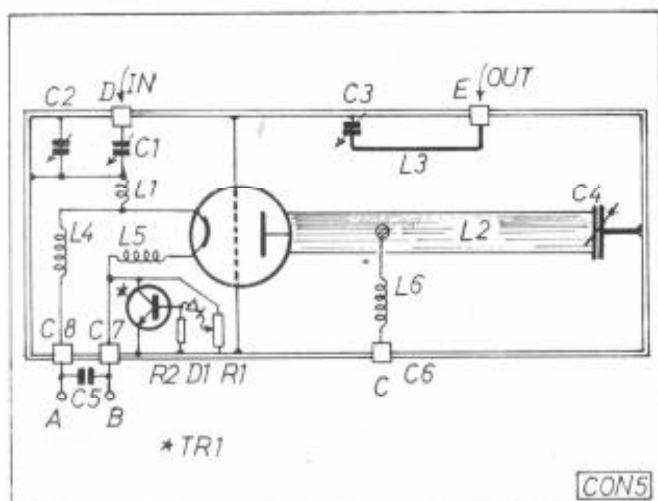


Fig. 5 - Schema elettrico completo dell'amplificatore.

- R1: trimmer 1000 ohm; R2: 10000 ohm 1/2 W
- C2, C3: compens. var. 10 pF max; C1 compens. var. 8 pF
- C4: v.testo; C5 cond. 1000 pF 50 V lav.;
- C6: cond. passante 3 kV più cond. ceram. 1000 pF 3 kV lav.
- L1: una spira filo rame arg. 2mm su diam. 6 mm aria
- L2: linea di placca formata da tubo di rame lungo 175 mm e diam. interno 32 mm (come anodo della 2C39)
- L3: 40 mm filo rame arg. 2 mm posto a circa 5 mm dal bordo della cavità
- L4, L5: 11 spire filo rame 1,2 mm su diam. 5 mm
- L6: 10 spire filo rame 0,4 mm avvolte su diam. 5 mm
- C7, C8: passanti 1000 pF, 500 V lav.
- D1: 1N 4148; Tr1: 2N 1711
- Connettori r.f.: BNC

Il circuito elettrico

In figura 5 è visibile il circuito completo dell'amplificatore: la configurazione è quella classica con griglia a massa. Il circuito d'ingresso è di tipo a L. Le impedenze L4 ed L5 impediscono alla radiofrequenza di fluire nella linea d'alimentazione del filamento. Il transistor unitamente a R1, R2 e D1 provvedono alla corretta polarizzazione della valvola. La linea di placca costituisce un risonatore $\lambda/2$ in cavità, quindi ad alto fattore di merito. La risonanza ottimale è ottenuta regolando il condensatore C4 ed il prelievo in uscita della r.f. è realizzato dal link composto da L3 e C3 funzionanti come circuito risonante in serie. L'alimentazione della linea di placca avviene tramite L4.

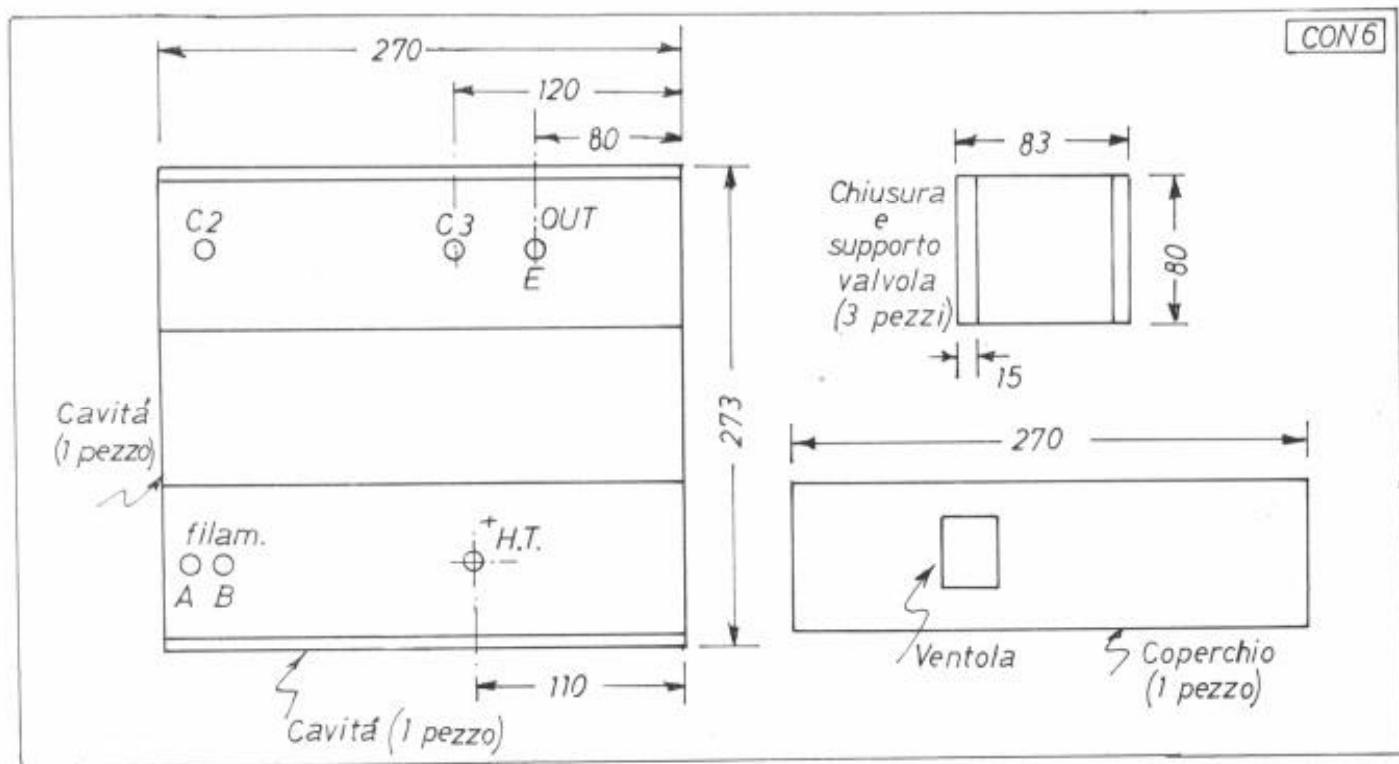
La realizzazione meccanica

La parte che più disarma ogni radioamatore è certamente la costruzione della parte meccanica di un qualsiasi appa-

to. In questo progetto si è voluto semplificare al massimo ogni lavorazione meccanica.

L'amplificatore è costruito con un foglio di rame o ottone od anche alluminio, di un millimetro di spessore. La lunghezza totale dell'amplificatore è di 270 mm e la profondità e l'altezza di 80 mm. Tutto lo sviluppo della costruzione è ben visibile in figura 6. Il tubo che costituisce la linea di placca è in rame o in ottone, e deve essere inciso con una serie di tagli ad una estremità per renderlo elastico e permettere alla fascetta (visibile in figura 8) di serrare il tutto all'anodo della valvola. L'altra estremità del tubo deve essere chiusa con un disco di rame (o di ottone) saldandolo perfettamente lungo tutto il perimetro. Il condensatore di placca C4 è realizzato con un disco di spessore 4 mm; al centro è l'albero filettato 5 MA con dado e contro-dado.

Una serie di fori del diametro di 4 mm, fatti nella parete



dove alloggia C4, permetteranno all'aria calda di uscire dal comparto di placca.

Il tubo della linea di placca è tenuto in sede da una colonetta di ceramica o di teflon. La separazione fra comparto di placca e quello di griglia accoglie lo zoccolo, fatto con pochi centimetri di 'finger-stock' saldato direttamente lungo il bordo del foro dove, appunto, alloggerà la valvola. Una soluzione alternativa, ma molto brutale, è quella di saldare senza troppi riguardi la valvola direttamente 'in loco'.

Nel comparto di griglia sono sistemati i componenti relativi al circuito d'ingresso, a quello di polarizzazione e d'alimentazione del filamento. I passanti per la tensione del filamento sono da 1000 pF 500 V lav.; le bobine sono in filo di rame da 1 mm, avvolte in aria su un diametro di 6 mm. I particolari relativi ai collegamenti del filamento (parte interna del terminale della valvola) e del catodo più filamento (colletto esterno), possono essere ricavati da ritagli di rame o di ottone e non sono critici. Il transistor è bene che sia munito di una piccola aletta di raffreddamento.

Il coperchio che chiude tutta la cavità, accoglie il ventilatore a chiocciola da 93 metri cubi all'ora. Occorre praticare un foro adeguato alle dimensioni della bocca del ventilatore in corrispondenza dell'anodo della valvola. Comunque nulla vieta di porre il ventilatore su un fianco della scatola, invece che sul coperchio, l'importante è porre davanti alla bocca del ventilatore una sottile reticella metallica per evitare fughe indesiderate di radiofrequenza. Per ogni altro particolare costruttivo, fare riferimento alle fotografie 8 e 9.

L'alimentatore

In figura 7 è descritto tutto l'alimentatore. Come è possibile notare la circuitazione è delle più semplici. Un unico trasformatore provvede a fornire tutte le tensioni necessarie. L'alta tensione è duplicata e filtrata dai diodi 1N4007 e dai condensatori da 400 microfarad, 385 V lav. cadauno. Il circuito, così dimensionato, permette di avere una tensione di 950 V con un carico di 200 mA. Le resistenze poste in parallelo ai diodi assieme ai condensatori in poliestere, pro-

teggono questi da transienti indesiderati. Le resistenze poste, invece, in parallelo ai condensatori di filtro, servono per equalizzare la tensione ai capi degli stessi ed a scaricare l'alta tensione nel giro di un minuto.

La temporizzazione, circa 100 secondi, per dare tempo al filamento di raggiungere le condizioni ottimali di riscaldamento, è ottenuta con un relè termico. Ho volutamente scartato temporizzatori a transistori o simili, per non complicare inutilmente la circuitazione. Oltretutto il relè termico utilizzato è più economico, funziona sempre ed offre ampie garanzie di costanza di prestazioni nel tempo. Personalmente ho avuto il dispiacere di deteriorare un paio di 2C 39 per aver fatto funzionare l'amplificatore prima che il filamento fosse ben a regime di temperatura.

Lo stand-by in ricezione è ottenuto sollevando il negativo H.T. dalla massa.

Il resto dell'alimentatore è convenzionale; l'alimentazione del relè termico è fatta direttamente a 24 V in alternata. Per tutti coloro che avranno l'occasione di utilizzare il relè termico, ricordo che il contatto interno sopporta una corrente dell'ordine di un paio di amperes e che, tolto il coperchio della parte superiore, è possibile accedere alla vite che regola il tempo d'intervento del contatto termico, quindi anche nel caso di aver per le mani uno di questi relè con tempo di ritardo anche molto differente, ricordo che il campo di regolazione è estremamente ampio. In ultimo, consiglio di lasciare il resistore a filo posto in serie al filamento della valvola: questo serve a proteggere il filamento stesso dallo shock elettrotermico nei primi istanti d'accensione.

La resistenza a filo, posta in serie all'alimentazione dell'anodo, serve a dissipare energia in caso di scarica accidentale nel comparto di placca, proteggendo la valvola dalla distruzione.

Del circuito d'alimentazione non fornisco dati per la realizzazione su circuito stampato semplicemente perchè nel prototipo da me realizzato, pur utilizzando una base in vetronite, ho collegato i vari componenti con degli spezzone di filo di rame, utilizzando dei rivetti in ottone come punti d'appoggio. Comunque l'estrema semplicità del circuito non credo che ponga problemi anche ai meno esperti.

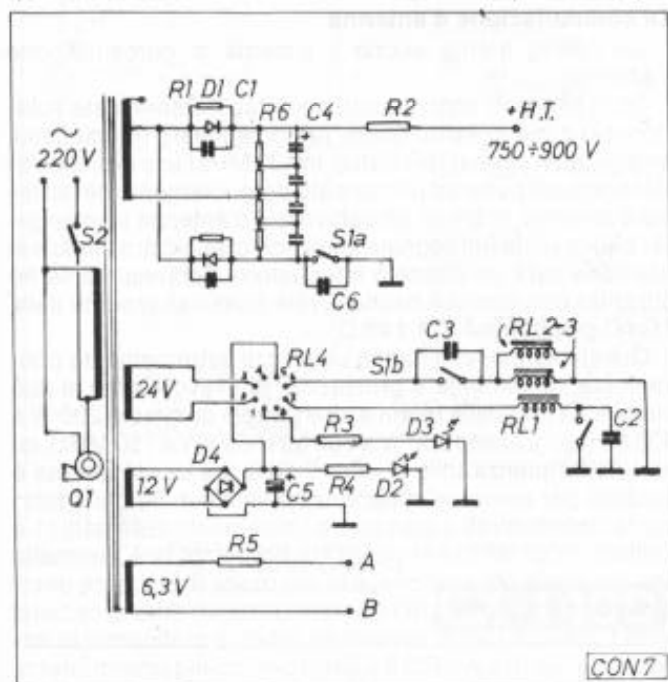


Fig. 7 - Schema elettrico dell'alimentatore

- T1: trasform. prim. 220 V, sec. 300 V/400 V 400 mA; 24 V 200 mA; 12 V 1,2 A; 6,3 V 1,5 A
 Q1: ventola a chiocciola 93 metri cubi/ora (es. VC 70Q EL.PI.)
 C1: 4 condens. ceram. 10000 pF 500 V lav.
 C2, C3: condens. ceram. 10000 pF 100 V lav.
 C4: 4 cond. elettr. 200 uF 350 V lav.
 C5: condens. elettr. 2200 uF 25 V lav.
 C6: cond. ceram. 1000 pF, 630 V lav.
 D1: 4 diodi 1N 4007
 D2, D3: diodi LED;
 D4: ponte raddrizz. 3A, 50 V
 D5, D6: 1N 4001
 R1: 4 resist. 470000 ohm 1 W
 R2: resist. 10 ohm 7W a filo;
 R3, R4: resistenze 1000 ohm 1/4 W
 R5: resist. 0,56 ohm 7 W a filo
 R6: 4 resistenze 82000 ohm 1 W
 RL1: relè FEME 12 V, due vie 5 A
 RL2, RL3: relè coax Toyo CX 140D
 RL4: relè termico C400 o simili (24 V a.c. 100 sec.)
 N.B.: la sequenza della zoccolatura è vista dal basso.

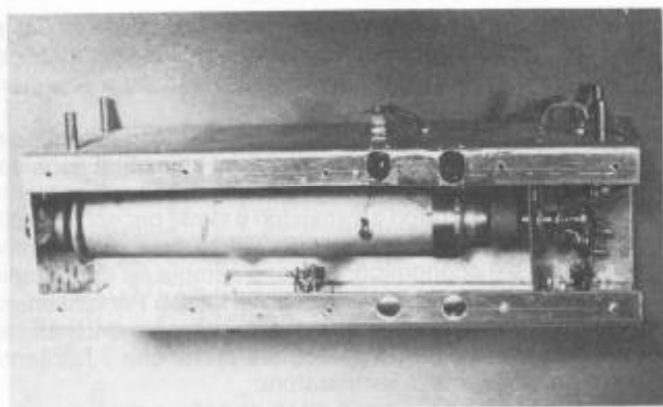


Fig. 8 - La cavità definitivamente assemblata. Si notino la fascetta serratubi che blocca la linea L2 all'anodo della 2C39, il piattello di C4 e la disposizione del link di uscita.

La messa a punto

Dopo aver piegato la lastra di ottone, ed alloggiati nel comparto di griglia tutti i componenti, sistemare la valvola e la linea relativa nel comparto di placca. Porre il link d'uscita parallelamente al tubo ed a una distanza di circa 7 - 8 mm. Il disco del condensatore d'accordo C4 deve essere posto a circa 3 - 4 mm dal tubo. Tutti gli altri condensatori variabili a metà corsa. Regolare il trimmer R2 con il cursore tutto verso massa. Dare tensione e controllare che dopo 100 secondi si abiliti il relè termico. Quindi verificare l'assorbimento del filamento, che dovrà essere non superiore a 1,03 A; la tensione d'alimentazione è bene che non superi i 5,8 V. Regolare il trimmer R2 per una I_p di 45 mA. Controllare la tensione dell'alimentatore di placca che, per le prime prove, sarebbe bene mantenere su valori relativamente bassi, da 400 a 500 V.

Ricordarsi di non applicare la tensione di placca prima che il filamento abbia raggiunto la giusta temperatura di lavoro, vale a dire non meno di un minuto. Durante la fase di preparazione, la ventola deve essere sempre in funzione.

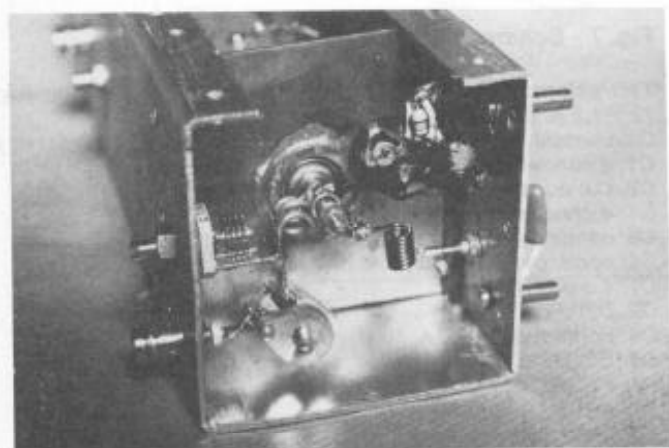


Fig. 9 - Nel comparto di griglia sono alloggiati i componenti per la polarizzazione della valvola: Tr1, R1, R2 e D1. Il transistor deve essere provvisto di una piccola aletta di raffreddamento.

Dopo questi controlli preliminari, è possibile iniziare a verificare il funzionamento dell'amplificatore. Inizialmente eccitare con 1 - 2 W, accordare C4 per la massima lettura sul wattmetro, poi regolare i condensatori del circuito di griglia ed il link d'uscita. Aumentare il pilotaggio fino ad un massimo di 5 W e la tensione anodica fino a 1000 V. Tuttavia è bene sottolineare che da un triodo come la 2C39, non è possibile pretendere il «kilowatt». Generalmente con questo tipo di valvola, reperibile agevolmente sul mercato surplus, ci si può attendere una potenza effettiva di 40 - 50 W massimi nei casi migliori. Non è assolutamente conveniente «spremere» qualche W in più, superando i limiti stabiliti dalla Casa costruttrice: nessuno si accorgerà se stiamo trasmettendo con 40 W oppure con 60 W.

Potenze più elevate, nell'ordine di 70 - 80 W e più, possono essere raggiunte adoperando tubi planari ad alta corrente come le 7211 e le YD 1051.

La tabella riassuntiva delle prestazioni dell'amplificatore è visibile di seguito:

V anod.	W in	W out
750	1 W	9 W
750	2 W	24 W
750	3 W	38 W
750	4 W	45 W
950	1 W	16 W
950	2 W	31 W
950	3 W	47 W
950	4 W	62 W

Corrente di riposo a 750 V 20 mA; a 950 V 35 mA
Larghezza di banda a - 1,5 dB 1,2; a - 3 dB 3,6 MHz
ROS in ingresso max 1,6 : 1. Prestazioni rilevate con wattmetro Bird 43 e relative sonde, terminazioni r.f. Astrolab 8055
C.T.C. 250 CT. Gener. H.P. 608 C. Filtro cavità Bero WX7N.

La commutazione d'antenna

Un cenno merita anche il sistema di commutazione d'antenna.

Se in 144 MHz sono ancora accettabili determinate soluzioni più o meno «arrangiate» per commutare trasmettitori, amplificatori e preamplificatori, in 432 MHz l'uso di dispositivi inadeguati porta ad un marcato deterioramento del sistema d'antenna. In breve, un cattivo relè d'antenna si «mangerà» buona parte del segnale amplificato dal nostro triodo e in ricezione sarà un discreto attenuatore. Personalmente ho utilizzato con notevoli risultati i relè coassiali prodotti dalla TOYO giapponese, CX 140 D.

Questi componenti hanno un prezzo estremamente conveniente, unitamente a prestazioni di rilievo. Come si può rilevare dalla tabella relativa, questo relè commuta 200 W a 500 MHz (di transito 500 W a 500 MHz e 1 kW a 150 MHz), ed ha una frequenza utile di oltre 2 GHz. La cavità interna è studiata per avere un'impedenza ottimale di 50 ohm, tutti i contatti sono dorati a spessore e l'isolamento delle parti r.f. è in teflon. Il connettore N posto sul corpo del relè, permette una razionale utilizzazione, e la soluzione di utilizzare direttamente del cavo tipo RG 58 per il collegamento al circuito, evita l'ulteriore uso di connettori. Infatti è praticamente impossibile usare cavo RG 8 e simili per i collegamenti interni,

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Max. input power:
200W PEP (at 500MHz)

Max. Frequency:
Upto 2.5GHz (Less than 1:1.2VSWR)

Insertion loss:
Less than 0.2dB at 2.5GHz.

Isolation:
More than 40dB at 1,000MHz.

Circuit impedance: 50 ohms.

Standing Wave Ratio:
Less than 1:1.2 at DC to 2.5GHz

Contact resistance:
Less than 15 milliohms at DC 1A

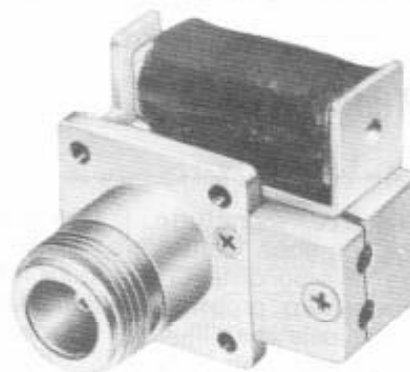
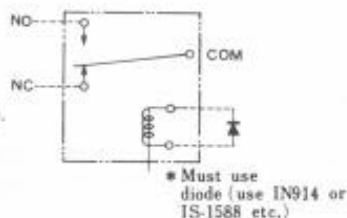
Supply voltage:
DC11-16V (DC 13.8V nominal).

Current consumption:
120mA at DC 13.8V

Insulation:
More than 250M ohms at DC 500V

Operational temperature:
-55°C to +70°C degree.

CIRCUIT



MECHANICAL CHARACTERISTICS

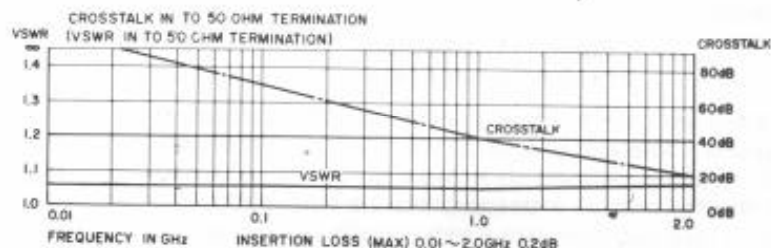
Switching time:
Less than 15millisecond.

Dimension:
32w x 36.5d x 17h millimeters.

Weight:
Approx. 100g

Mounting:
Four screws.

Cable connection:
Input "N" type,
Output RG-58 A/U core soldering



Tab. 3 - Specifiche del relé Toyo CX 110D

data la scarsa flessibilità e il grosso diametro; d'altra parte, pochi centimetri di RG 58 di buona qualità, avranno un'attenuazione pari, o addirittura minore, di una connessione fatta tramite connettore, senza considerare il costo del medesimo. Per i più raffinati, consiglio di sostituire il cavo tipo RG 58 con il corrispondente cavo RG 142, in teflon.

Conclusioni

L'amplificatore è operativo da molti mesi, con cicli di utilizzo «tipo contest». Non ho riscontrato nessun problema: data l'alta selettività del circuito e l'uso di una circuiteria con griglia a massa, il contenuto d'armoniche di III e V ordine è trascurabile, tanto che è possibile operare a piena potenza senza notare fenomeni d'intermodulazione avendo a pochi metri un televisore sintonizzato in V banda, ed usato come monitor. Per la salute della valvola e per la cotanza delle prestazioni nel tempo, è necessario non superare i 1000 V di placca e i 7 W di pilotaggio e comunque è bene non superare in modo continuativo il valore massimo di dissipazione anodica indicato dalla Casa costruttrice. Personalmente uso come driver un modesto IC 402 che con i suoi 3,5 W d'uscita, mi permette di avere circa 70 W r.f. con una 7211 e poco meno di 50 W con una 2C 39.

Sono a disposizione di tutti coloro che desiderino intraprendere la costruzione di questo amplificatore.

Bibliografia

- 1-Compendium UHF pat. 1 e 2.
- 2-VHF Communications 4/1972
- 3-VHF Communications 2/1975
- 4-EIMAC nota tecnica AS 12
- 5-VHF Manual RSGB V ed. cap. 9.19

