

Amplificatore VHF di potenza a due stadi per trasmettitori mobili realizzato con i transistori BFQ 42 e BLW 29

- Banda di lavoro: 146/174 MHz
- Potenza d'uscita: 22,5 W

Viene presentato il progetto di un amplificatore VHF per trasmettitori mobili. La banda di lavoro è compresa tra 146 e 174 MHz. La tensione di alimentazione è 13,5 V. La potenza e il rendimento sono rispettivamente $22,5 \text{ W} \pm 1 \text{ dB}$ e 60%.

1. - INTRODUZIONE

I transistori BFQ 42 e BLW 29 sono stati studiati per essere impiegati in amplificatori di potenza a due stadi da usare per la realizzazione di apparecchiature mobili o fisse per telecomunicazioni.

La potenza d'ingresso è circa 100 mW, quella di uscita 14 W. La tensione di alimentazione è 13,5 V.

Il progetto e la struttura di questo amplificatore sono in tutto simili a quelli impiegati per la realizzazione di un analogo amplificatore impiegante i transistori BFQ 43 e BLW 31 (N.A. 94). La potenza d'uscita era in questo caso 28 W.

Il BFQ 42 (fig. 1) è montato in un contenitore metallico TO-39; il collettore è collegato al contenitore. Il BLW 29 (fig. 2) è invece incapsulato in un contenitore ceramico (SOT-120) con vite di fissaggio da 3/8".

L'amplificatore che descriveremo è un semi-larga banda ed è accordabile tra 146 e 174 MHz. E' stabile anche con un rapporto di onda stazionaria (VSWR) di 4,4 all'uscita ($0^\circ - 360^\circ$) e con variazione della potenza di pilotaggio d'ingresso.

2. - DESCRIZIONE DEL CIRCUITO

Cominceremo con l'analisi del circuito d'uscita (BLW 29); indi esamineremo le condizioni e i parametri in gioco del circuito di accoppiamento dei due transistori, ed infine analizzeremo le condizioni di funzionamento del circuito d'ingresso.

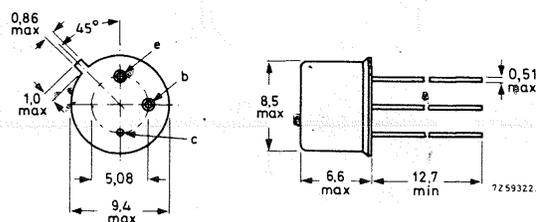


Fig. 1. - Dimensioni d'ingombro in mm del transistor BFQ 42.

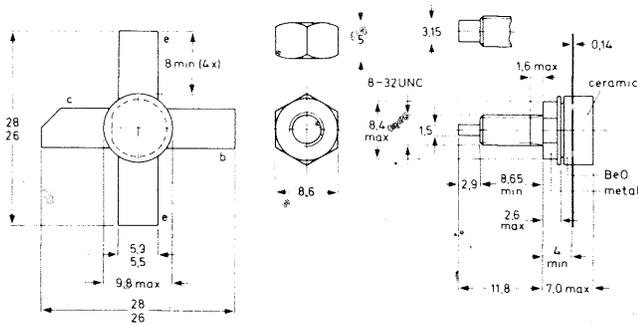


Fig. 2 - Dimensioni di ingombro in mm del transistore BLW 29.

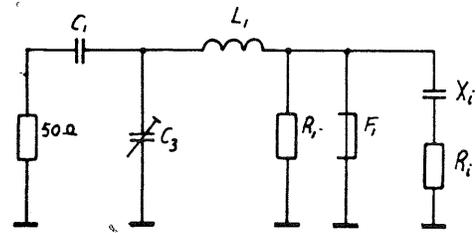


Fig. 5 - Circuito equivalente d'ingresso del BFQ 42.

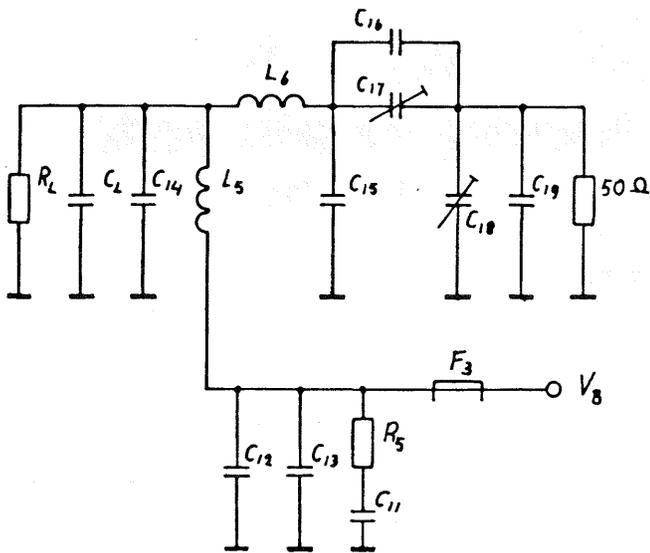


Fig. 3 - Circuito equivalente d'uscita (BLW 29).

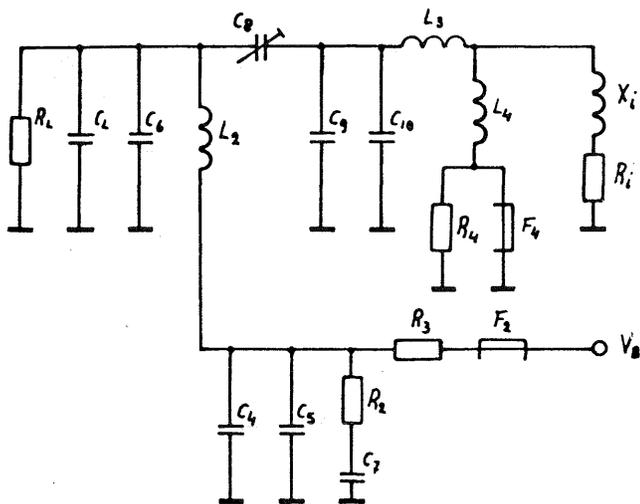


Fig. 4 - Circuito equivalente d'accoppiamento del BFQ 42 con il BLW 29.

2.1 - IL CIRCUITO D'USCITA DEL BLW 29

Per il dimensionamento del circuito d'uscita occorre innanzitutto conoscere il valore ottimo dell'impedenza di carico del BLW 29 (fig. 3), valore quest'ultimo calcolato per $P_0 = 14 \text{ W}$, $V_b = 13,5 \text{ V}$ a determinati valori di frequenza.

Avremo pertanto che il valore medio di R_L e C_L alla frequenza di 160 MHz sarà:

$$R_L = 5,5 \Omega$$

$$C_L = 60,6 \text{ pF} \quad X_L = 16,4 \Omega$$

Questo valore d'impedenza viene trasformato, in due passaggi, al valore di 50Ω come appunto indicato in fig. 3. La prima idea fu quella di tralasciare C_{15} ; ma prove pratiche di laboratorio dimostrarono che si poteva ottenere migliori risultati suddividendo la corrente alternata dopo l'induttanza L_6 .

L_5 è una bobina di arresto (choke) r.f. la cui reattanza è dalle 5 alle 7 volte superiore alla resistenza di carico del collettore. La bobina di arresto L_5 , insieme ai condensatori C_{12} , C_{13} e C_{11} con in serie R_5 , formano un carico di collettore a larga banda che contribuisce a migliorare la stabilità in caso di disadattamento del carico esterno. Anche il condensatore C_{14} serve a migliorare la stabilità.

2.2 - IL CIRCUITO D'ACCOPIAMENTO TRA IL BFQ 42 E IL BLW 29

In fig. 4 è riportato il circuito equivalente. Per il dimensionamento del circuito d'accoppiamento occorrerà conoscere il valore medio dell'impedenza d'uscita del BFQ 42 e quello dell'impedenza d'ingresso del BLW 29. Entrambi questi valori vennero calcolati con il computer. I risultati furono:

$$R_i = 1,2 \Omega$$

$$R_L = 41,8 \Omega$$

$$X_i = 0,4 \Omega$$

$$C_L = -18,6 \text{ pF} \quad X_L = 53,5 \Omega$$

Il collettore del BFQ 42 viene collegato all'alimentazione a 13,5 V tramite un resistore da 10 Ω . Ciò per il fatto che, in questo caso, il BFQ 42 deve fornire solo

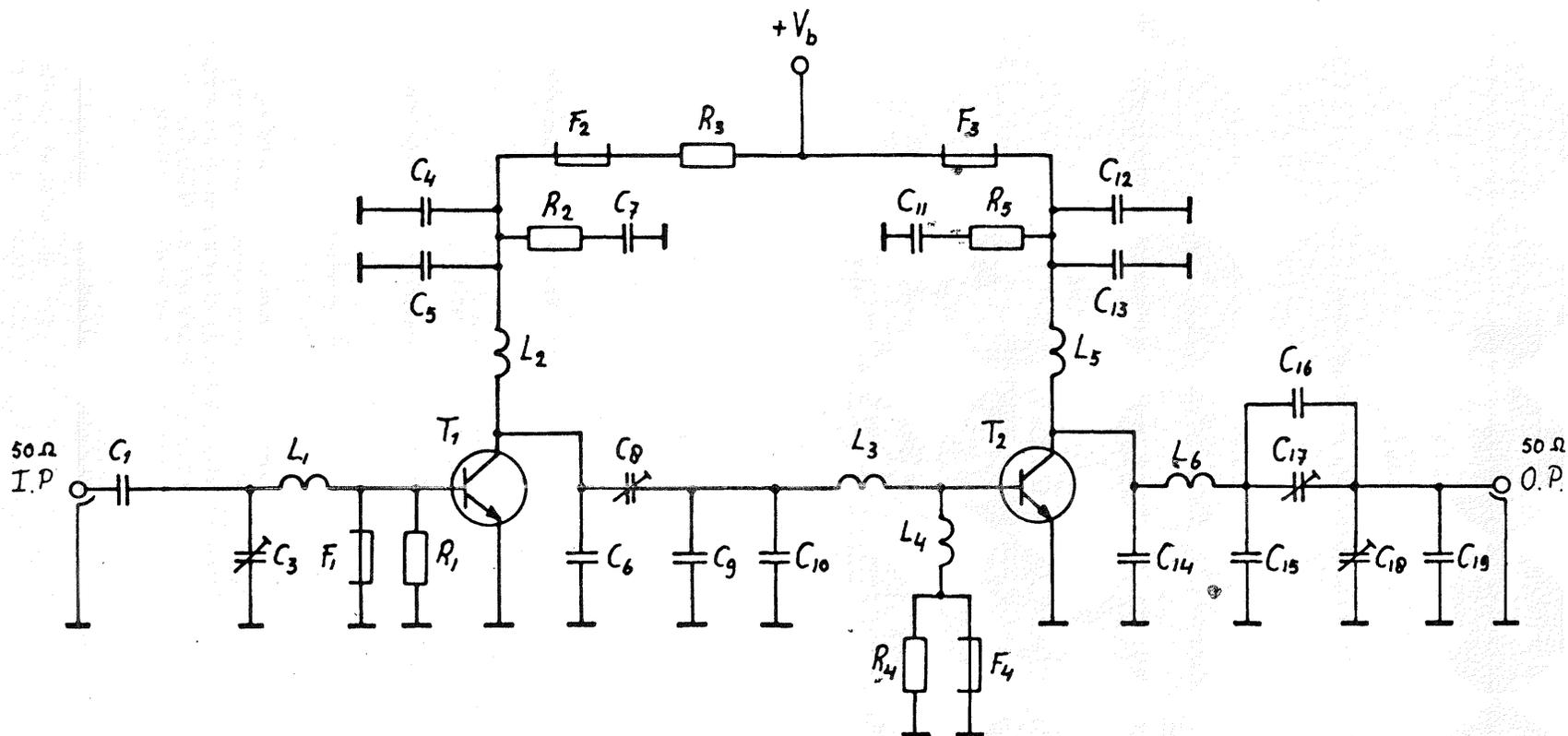


Fig. 6 - Schema elettrico dell'amplificatore VHF di potenza lavorante con i transistori BFQ 42 (pilota) e BLW 29 (finale di potenza).

- R1 = 39 Ω , a carbone \pm 5%, CR25
- R2, R4, R5 = 100 Ω , a carbone \pm 5%, CR25
- R3 = 10 Ω , a carbone \pm 5%, PR37
- C1, C5, C13 = 180 pF, 100 V_{cc}, ceramico
- C2 = omesso
- C6 = 2,2 pF, 500 V_{cc}, ceramico
- C3, C8, C17, C18 = 5/60 pF, trimmer con dielettrico a film (cat. n. 2222 809 08003)
- C4, C12 = 1 nF, 100 V_{cc}, ceramico
- C7, C11 = 100 nF, poliestere \pm 10%
- C9 = 56 pF, 500 V_{cc}, ceramico
- C10 = 27 pF, 500 V_{cc}, ceramico
- C14, C16 = 18 pF, 500 V_{cc}, ceramico
- C15 = 6,8 pF, 500 V_{cc}, ceramico
- C19 = 10 pF, 500 V_{cc}, ceramico
- F1, F2, F3, F4 = perlina FXB (4313 020 15172) con 3 spire di filo rame smaltato da 0,6 mm.
- L1 = 3 spire $D_{int} = 3,5$ mm., filo rame smaltato da 1,1 mm.; spaziatura = 0,2 mm., terminali 2 \times 5 mm.
- L2 = 1 spira, $D_{int} = 6,1$ mm, filo rame smaltato da 1,1 mm.; terminali 2 \times 5 mm.
- L3 = rame circuito stampato
- L4 = 7 spire, $D_{int} = 4,0$ mm., filo rame smaltato da 0,6 mm., avvolgimento serrato, terminali 2 \times 5 mm.
- L5 = 3 spire, $D_{int} = 3,0$ mm., filo rame smaltato da 1,1 mm., spaziatura = 0,2 mm., terminali 2 \times 5 mm.
- L6 = 3 spire, $D_{int} = 4,0$ mm., filo rame smaltato da 1,1 mm., spaziatura = 0,2 mm., terminali 2 \times 5 mm.
- T1 = BFQ 42
- T2 = BLW 29

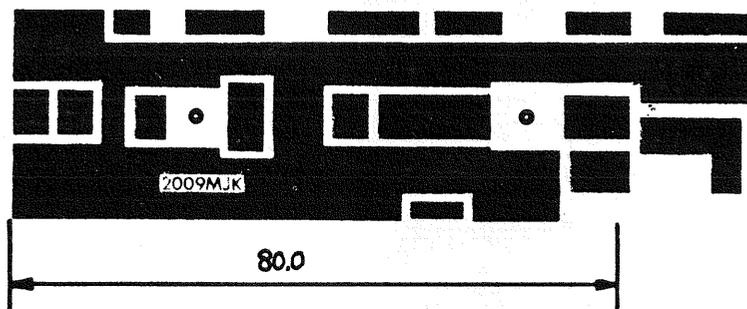


Fig. 7 - Circuito stampato dell'amplificatore visto dalla parte del rame.

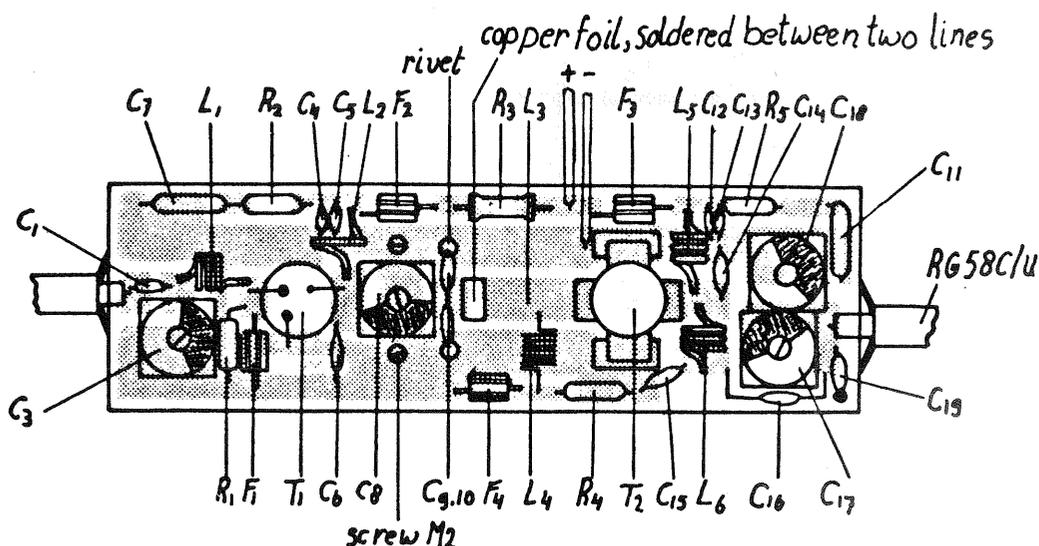


Fig. 8 - Circuito stampato visto dalla parte dei componenti

1 W, mentre sarebbe in grado di dare 2 W. Evidentemente, ciò contribuisce a migliorare la sua stabilità.

La bobina di arresto di collettore L2 fa parte del circuito d'accoppiamento interstadiale; infatti, il rapporto della sua reattanza con la resistenza di collettore è più piccolo dell'analogo rapporto nel circuito d'uscita. I condensatori C4 e C5 e C7 con in serie R2 hanno qui la stessa funzione degli analoghi componenti nel circuito d'uscita. Anche in questo caso, il condensatore C6 è stato aggiunto per migliorare la stabilità dello stadio pilota. La reattanza di C6 deve avere il valore approssimativo di $-j 22 \Omega$; il che si ottiene con l'aggiunta del trimmer da 60 pF. L'induttanza di L3 è così bassa che potrà essere realizzata con il rame del circuito stampato (vedi le figure 6, 7 e 8). C9 e C10 dovranno essere collegati a 17 mm circa dal transistor BLW 29. I loro terminali dovranno essere più corti possibile.

L'impedenza della combinazione di L4, R4 e F4 non influisce sul funzionamento r.f. del circuito. Si tratta infatti di una studiata combinazione tendente ad evitare l'insorgere di oscillazioni parassite in condizioni di forte disadattamento del carico all'uscita.

Il choke F4 (perlina di ferrocubo) posto in parallelo a R4 impedisce che la corrente di base possa

assumere valori tali da far lavorare il transistor in "classe C".

2.3 - CIRCUITO D'INGRESSO DEL BFQ 42

Il valore medio dell'impedenza d'ingresso del BFQ 42 è (fig. 5):

$$R_i = 6,7 \Omega$$

$$X_i = -4,0 \Omega$$

Questo valore d'impedenza dovrà essere adattato al valore di 50 Ω , e ciò dovrà essere fatto con un solo elemento variabile. Anche in questo caso, R1 e il choke F1 hanno il compito di eliminare le oscillazioni parassite. C1 è un condensatore di blocco da 180 pF.

3. - REALIZZAZIONE PRATICA

La configurazione del rame del circuito stampato si può vedere in fig. 7. L'interruzione esistente nella pista della base di T2 (L3) dovrà essere messa in corto mediante una striscetta di rame (vedi le figure 7 e 8). La pista che porta la tensione di alimentazione al BFQ 42 dovrà essere interrotta per consentire l'inserimento del resistore-serie R3.

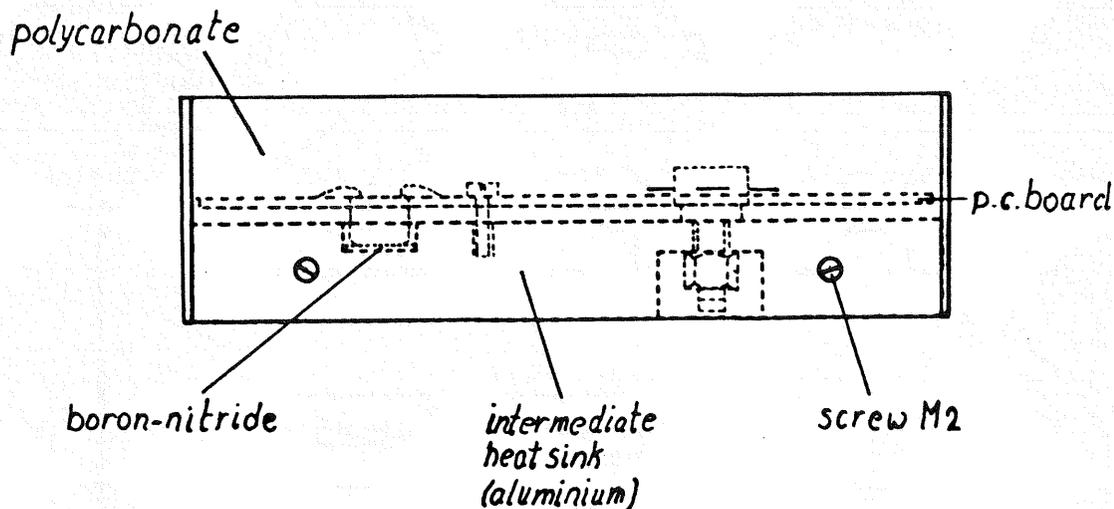


Fig. 9 - Sezione indicante la posizione dei transistori rispetto al circuito stampato e al radiatore di calore.

Il circuito stampato è di fibra di vetro epossidica, spessa 1,5 mm (1/16"), rivestita di rame da entrambe le facciate. Lo spessore del rame è 35 μm circa. Per collegamenti a massa dallo strato di rame superiore, verranno impiegati rivetti saldati.

Il radiatore di calore intermedio di alluminio (figura 9 e 13) ha dimensioni troppo ridotte per poter smaltire tutto il calore prodotto dalla dissipazione in gioco. Per questo motivo dovrà essere avvitato ad un secondo radiatore capace di dissipare tutta la potenza in gioco in condizioni di adattamento perfetto (14 W).

Il circuito stampato verrà fissato al dissipatore di alluminio mediante due viti M2 e la vite di fissaggio del BLW 29.

Il BFQ 42 è montato capovolto. Il suo contenitore non dovrà essere in contatto elettrico con il radiatore; è per questo motivo che tra la testa del contenitore e il radiatore conviene inserire un dischetto di nitrato di boro, materiale quest'ultimo che consente di abbassare la resistenza termica. Anche un po' di grasso al silicone non farà male (vedi fig. 9).

Per il BLW 29 è previsto un foro quadrato nello stampato; ciò consentirà di mettere comodamente a massa i terminali degli emettitori sfruttando una superficie di rame maggiore (vedi fig. 10).

4. - MISURE E STRUMENTI IMPIEGATI

Come già sottolineato, la caratteristica principale di questo amplificatore deve essere la *stabilità di funzionamento* che dovrà essere mantenuta anche in condizioni di forte disadattamento del carico.

Le prove di stabilità dovranno essere effettuate nelle seguenti condizioni:

- frequenze di misura: 146 - 153 - 160 - 167 - 174 MHz
- tensione di alimentazione: $V_b = 13,5 \text{ V}$
- potenza d'uscita $P_o = 14 \text{ W}$
- potenza di pilotaggio: fino a 100 mW su impedenza di 50 Ω
- rapporto onda stazionaria all'uscita (VSWR) 1:4,4 ($0^\circ - 360^\circ$)
- temperatura del radiatore: $\approx 20^\circ \text{C}$

Per le prove di stabilità, i vari strumenti dovranno essere collegati come indicato in fig. 11: tra questi, quello più importante è l'analizzatore di spettro HP8558B. Il generatore di segnale da usare sarà il tipo SMLU della Rhode-Schwartz. Il contatore di frequenza è il tipo PM6615 (Philips). La potenza diretta e riflessa all'ingresso verrà misurata con un wattmetro (Rhode-Schwartz) ed un indicatore di adattamento tipo NAU.

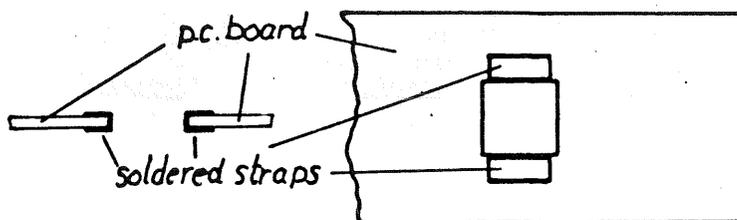


Fig. 10 - Particolare del fissaggio del transistore di potenza sul rame del circuito stampato.

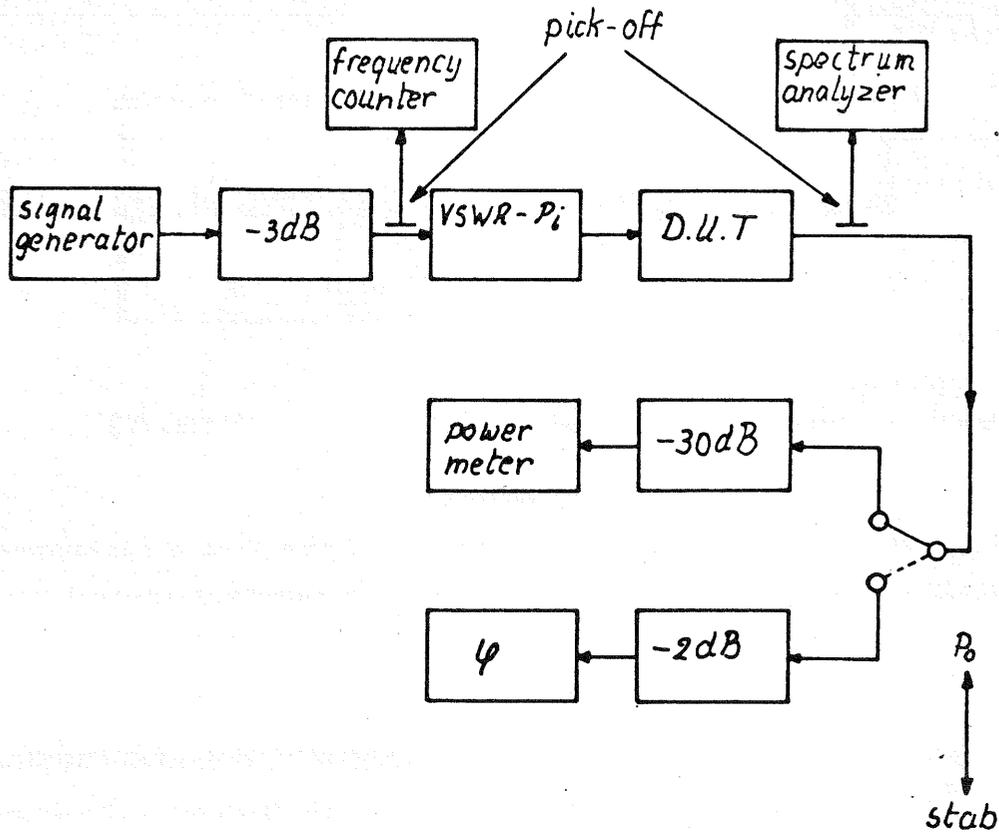


Fig. 11 - Disposizione degli strumenti impiegati durante le prove di stabilità dell'amplificatore.

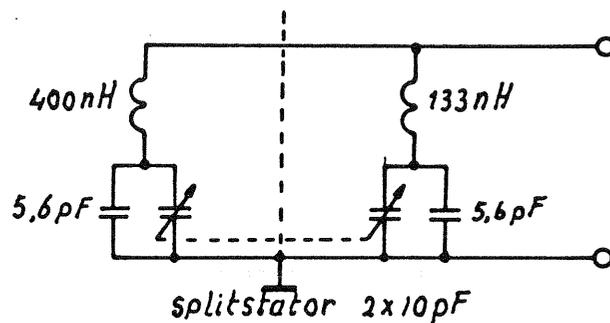
La potenza d'uscita verrà attenuata di 30 dB mediante un attenuatore tipo *Bird*, e verrà misurata mediante il misuratore di potenza 435A della Hewlett-Packard. Le misure di disadattamento vennero effettuate mediante un convenzionale attenuatore di potenza di 2 dB ed una unità-reattanza, il cui schema interno è riportato in fig. 12. La corrente venne misurata con lo strumento 428 B Hewlett-Packard.

5. - RISULTATI DELLE MISURE

Il circuito interstadiale e quello d'uscita vennero accordati di volta in volta per la massima potenza di uscita, su ciascuno dei 5 valori delle frequenze di misura, e corrispondentemente, il circuito d'ingresso per il valore di riflessione più basso.

Si ottennero i seguenti risultati:

reactance (φ) unit



0-360°

VSWR ≥ 50

Fig. 12 - Schema elettrico interno dell'unità di reattanza (Q).

$P_o = 14 \text{ W}$

$V_B = 13,5 \text{ V}$

f (MHz)	P_i (mW)	P_r (mW)	I_{tot} (A)	I_{T1} (mA)	$\eta\%$	guadagno (dB)
146	63	0	1,76	76	58,9	23,5
153	99	0	1,64	115	63,2	21,5
160	79	0	1,85	81	56,1	22,5
167	66	0	1,73	72	59,9	23,3
174	74	0	1,82	72	57,0	22,8

Una riduzione del 20% della tensione della batteria potrà produrre una diminuzione del 37.1% nella potenza d'uscita. L'amplificatore è stato riscontrato sta-

bile per disadattamento fino a VSWR di 4,4 (con qualsiasi fase) e con potenza d'uscita fino a 14 W.

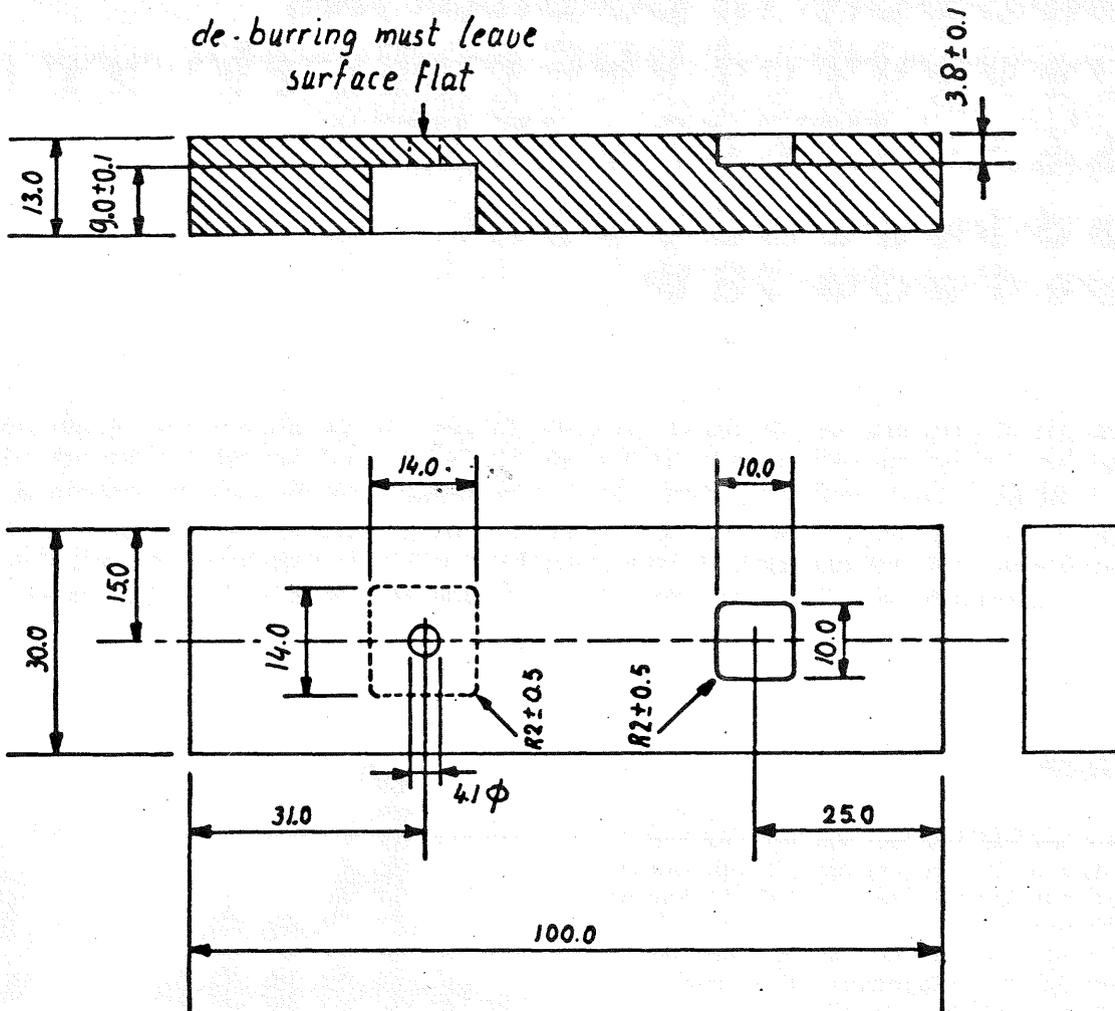


Fig. 13 - Configurazione e dimensioni (in mm) del dissipatore di alluminio.