

Amplificatori R.F. di potenza per ripetitori/trasmittitori TV, (bande I e III), apparecchiature professionali (VHF/UHF) e sistemi di trasmissione S.S.B. (Single-Side-Band)

Vengono presentati alcuni schemi elettrici di amplificatori R.F. per ripetitori/trasmittitori TV, per apparecchiature professionali operanti nelle bande UHF/VHF e per sistemi S.S.B. (Single-Side-Band)

1. INTRODUZIONE

In questo articolo illustreremo brevemente alcuni circuiti R.F. impiegati più largamente nei campi della televisione (banda I e III), delle apparecchiature professionali (VHF/UHF) e dei sistemi di trasmissione S.S.B. (Single Side Band).

2. AMPLIFICATORI PER RIPETITORI/TRASMETTITORI TV IN BANDA I E III

E' noto che nei **ripetitori** per televisione, la banda di frequenze da ritrasmettere deve comprendere la informazione audio e video le quali complessivamente occupano un canale largo 6/7 MHz circa. Questa banda di frequenze deve essere amplificata in maniera *lineare*, e per questo motivo dovranno essere impiegati esclusivamente amplificatori lavoranti in *classe A*.

Al contrario, nei **trasmittitori** le due informazioni audio e video vengono trasmesse *separatamente* per cui le esigenze di linearità non sono così « imperative » come nel caso dei ripetitori. E' per questo motivo che in questi casi potranno essere impiegati amplifi-

catori lavoranti *in classe A-B*, i quali, com'è noto, consentono di ottenere potenze e rendimenti maggiori.

Qui di seguito descriveremo brevemente amplificatori di potenza impieganti il transistor di potenza BLY93A di cui in fig.1 diamo le dimensioni e l'indicazione dei terminali.

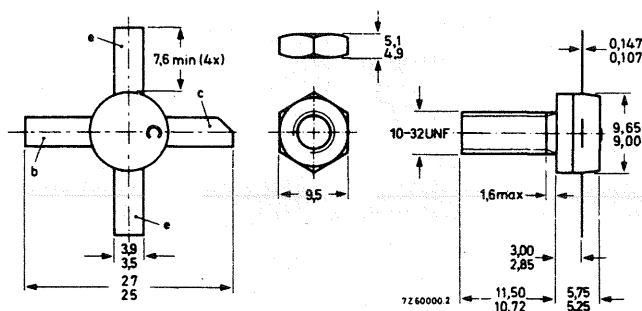


Fig. 1 - Dimensioni d'ingombro del contenitore e terminali di collegamento del BLY93A (SOT-56).

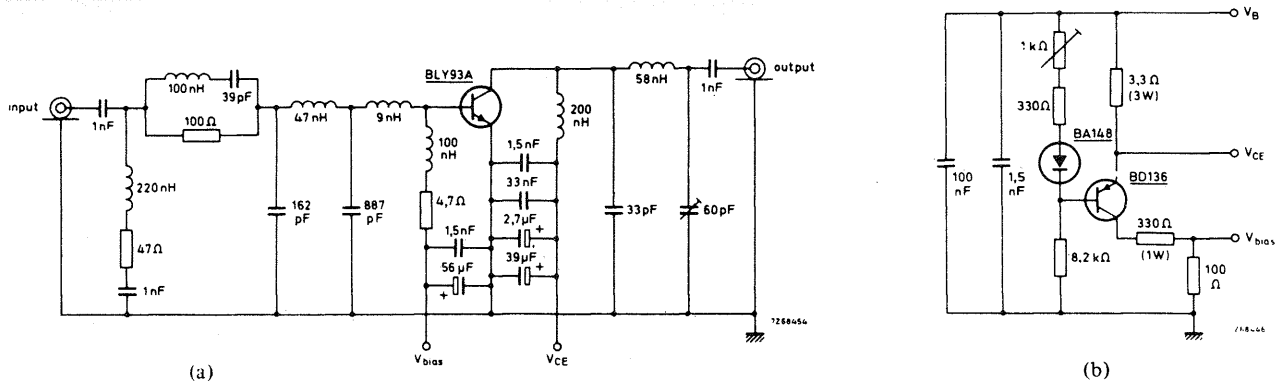


Fig. 2 - (a) Amplificatore con BLY93A, banda I TV; (b) circuito di polarizzazione per farlo lavorare in classe A.

2.1. Amplificatore per TV in banda I (canale europeo E3-54/61 MHz)

E' riportato in fig. 2. Lavora in *classe A*. Il circuito di polarizzazione è riportato in fig. 2b. Le condizioni di funzionamento del transistor sono:

$$V_{CE} = 28 \text{ V} \quad I_C = 1 \text{ A.}$$

Le prestazioni più caratteristiche di questo amplificatore sono le seguenti:

Rapporto onda stazionaria all'ingresso (VSWR)	< 1,1
Guadagno in potenza	19 dB
Larghezza di banda a -1 dB	15 MHz

Se questo amplificatore viene impiegato come pi-

lota di stadi finali di trasmettitori TV, esso potrà fornire una potenza d'uscita di 12 W (picco sincronismo) nelle seguenti condizioni di lavoro:

Compressione sincronismo	26/25%
Guadagno differenziale	95%
Fase differenziale	1°

Questo stesso amplificatore può essere impiegato in ripetitori TV come stadio finale: in questo caso, esso è in grado di fornire 10 W (picco sincronismo) con un livello di intermodulazione di -52 dB (misurata col sistema delle 3 frequenze); nel caso venisse impiegato, sempre in ripetitori TV, come pilota, la potenza di uscita sarebbe di 4,5 W (picco sincronismo) con un livello di intermodulazione di -60 dB.

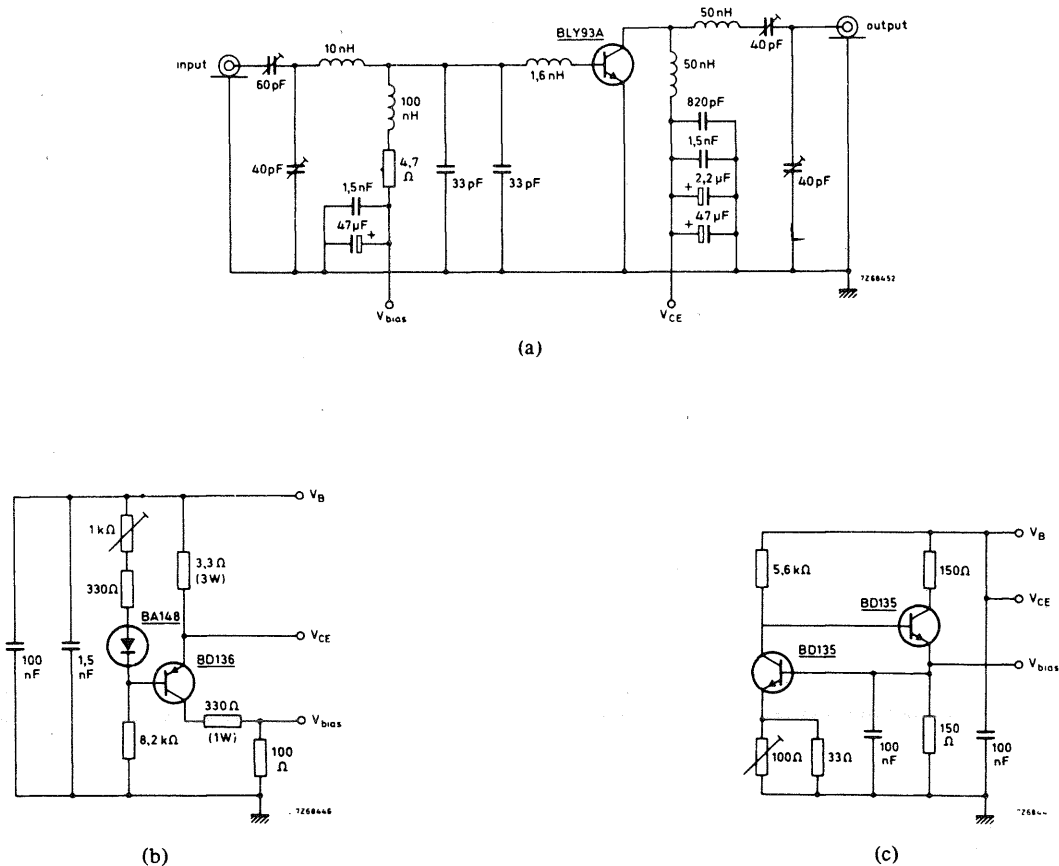


Fig. 3 - a) Amplificatore, banda III TV; circuiti di polarizzazione per funzionamento in classe A (b), in classe AB (c).

2.2. Amplificatore per TV in banda III

Questo amplificatore (fig. 3a) può essere accordato su qualsiasi canale della banda III TV (174-230 MHz); può essere inoltre polarizzato in maniera da lavorare sia in classe A che in classe AB.

Qualora si decidesse di farlo lavorare in classe A, le condizioni di lavoro del transistor dovrebbero essere le seguenti:

$$V_{CE} = 28 \text{ V} \quad I_C = 1 \text{ A.}$$

Le principali prestazioni di questo amplificatore sono le seguenti:

Guadagno in potenza	11,75 dB (accordato sul canale E12)
Larghezza di banda (a -1 dB)	30 MHz
Rapporto onda stazionaria ingresso (VSWR)	< 1,1 oltre i 6 MHz.

Se questo amplificatore viene impiegato come *pilota* di stadi finali di trasmettitori TV, potrà fornire, nelle condizioni qui sotto specificate, una potenza di uscita di 12 W (picco sincronismo).

Compressione sincronismo	27/25%
Guadagno differenziale	98%
Fase differenziale	< 1°

Questo amplificatore può però essere impiegato anche in ripetitori per televisione; qualora fosse usato come *stadio finale*, esso potrebbe fornire una potenza di uscita di 8,25 W (picco sincronismo) con un livello di intermodulazione di -52 dB (misurata con il sistema delle 3 frequenze); sempre in ripetitori per televisione, questo amplificatore può essere impiegato come *pilota* dello stadio finale; nel qual caso sarebbe sufficiente una potenza di uscita di 4,75 W (picco sincronismo) ma il livello di intermodulazione aumenterebbe fino a -60 dB.

Se l'amplificatore di fig. 3a viene polarizzato in maniera da lavorare in classe AB, le condizioni di funzionamento del transistor dovranno essere le seguenti:

$$V_{CE} = 28 \text{ V} \quad I_C I_{CZS} \approx 40 \text{ mA.}$$

(I_{CZS} = corrente di collettore in assenza di segnale).

Nelle suddette condizioni di lavoro, le prestazioni di questo amplificatore sono le seguenti:

Guadagno in potenza	9,25 dB (accordato sul canale E12)
Larghezza di banda (a -1 dB)	19 MHz
Rapporto onda stazionaria ingresso (VSWR)	< 1.1 oltre i 5 MHz.

Nel caso questo amplificatore dovesse essere impiegato come *pilota* di stadi finali di trasmettitori per TV, potrebbe fornire una potenza di uscita di 16 W (picco sincronismo) nelle seguenti condizioni di lavoro:

Compressione sincronismo	27/25%
Guadagno differenziale	98%
Fase differenziale	3°

3. AMPLIFICATORI PER APPARECCHIATURE VHF-UHF

3.1. Commutatore elettronico di antenna operante nella banda dei 160 MHz realizzato con i diodi BA 182

Si tratta di un commutatore elettronico di antenna *aperiodico*, a larga banda, che può lavorare entro il campo di frequenze compreso fra 132-174 MHz. Il circuito consta di due diodi BA182 e un diodo BAX13.

Il sistema di commutazione è analogo a quello impiegato nelle celle T-R impiegate nei sistemi radar; con la differenza che, in questo caso, le linee in $\lambda/4$ sono sostituite con circuiti equivalenti e al posto delle celle T-R vengono posti dei diodi.

Essenzialmente, questi *commutatori di antenna* sono stati progettati per poter « trattare » livelli di potenza dell'ordine dei 12 W; le prove di laboratorio sono state però effettuate con livelli di potenza *doppia* di quella indicata, e ciò per essere sicuri che questi commutatori lavorino egregiamente alla potenza nominale per cui sono stati progettati. La perdita di inserzione di questo commutatore si aggira su 0,5 dB, sia in condizioni di *ricezione* che in condizioni di *trasmissione*; il fattore d'isolamento del ricevitore, in condizioni di trasmissione, ha un livello di circa 26 dB.

Di questo commutatore vengono presentate due versioni: la prima (fig. 4) non prevede alcun sistema di polarizzazione, e di conseguenza, il commutatore è completamente automatico. Evidentemente, siccome questo circuito può essere usato soltanto in trasmettitori con portante ad *ampiezza costante*, non potrà essere impiegato nei sistemi di trasmissione a modulazione di ampiezza. Per questi casi va bene il circuito di fig. 5 realizzato per essere impiegato in rice-trasmettitori AM: ad eccezione di una tensione esterna di 13,5 V, quest'ultimo commutatore non richiede altri componenti.

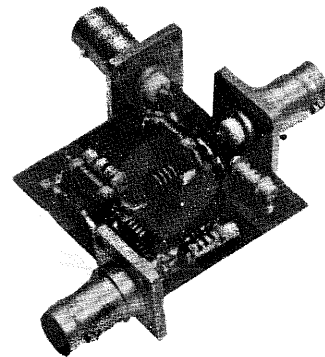
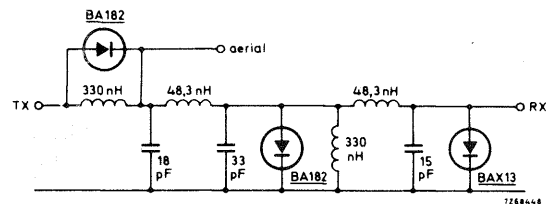


Fig. 4 - Commutatore elettronico d'antenna non polarizzato, e pertanto completamente automatico.

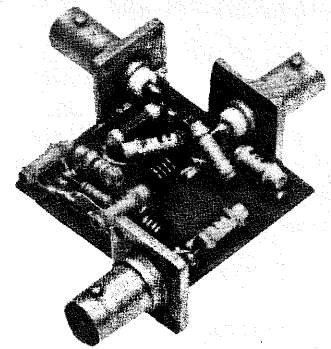
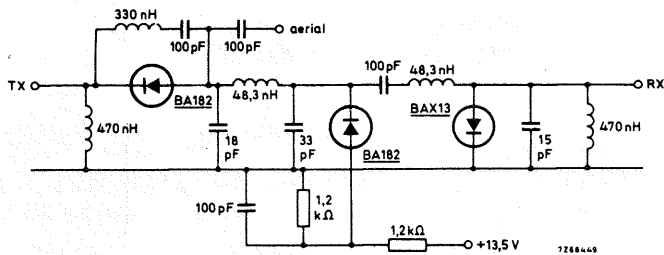


Fig. 5 - Commutatore elettronico d'antenna adatto per trasmettitori AM: ha bisogno di una tensione esterna.

3.2. Amplificatore UHF di potenza a tre stadi con potenza di uscita di 15 W

Questo amplificatore (fig. 6a) può essere impiegato in trasmettitori mobili R/T con potenza in antenna di 15 W (onda continua); può essere accordato entro la banda di frequenze compresa tra 430 e 470 MHz, e lavora con una tensione di alimentazione di 12 V.

I tre stadi sono costituiti: da un pre-pilota (BLX67), un pilota (BLX68), ed uno stadio finale (BLX69A).

Le prestazioni di questo amplificatore di potenza sono le seguenti:

$f = 470 \text{ MHz}$. Impedenza di carico e della sorgente = 50Ω .

V_b (V)	P_i (mW)	P_o (W)	Guadagno (dB)	I_T (A)	Rendim. compless. (%)	B a -1 dB
12,5	166	15	18,55	2,68	45	21 MHz
13,8	106	15	21,5	2,41	45	15,5 MHz

$$V_b = 12,5 \text{ V} \quad P_o = 15 \text{ W}$$

- V_b = tensione di alimentazione;
- P_i = potenza della sorgente;
- P_o = Potenza di uscita;
- I_T = assorbimento complessivo di corrente dall'alimentatore;
- B = larghezza di banda.

f (MHz)	P_i (mW)	Guadagno (dB)	I_T (A)	Rendimento complessivo (%)
450	152	19,95	2,60	46
460	160	19,72	2,65	45,5
470	166	18,55	2,68	45

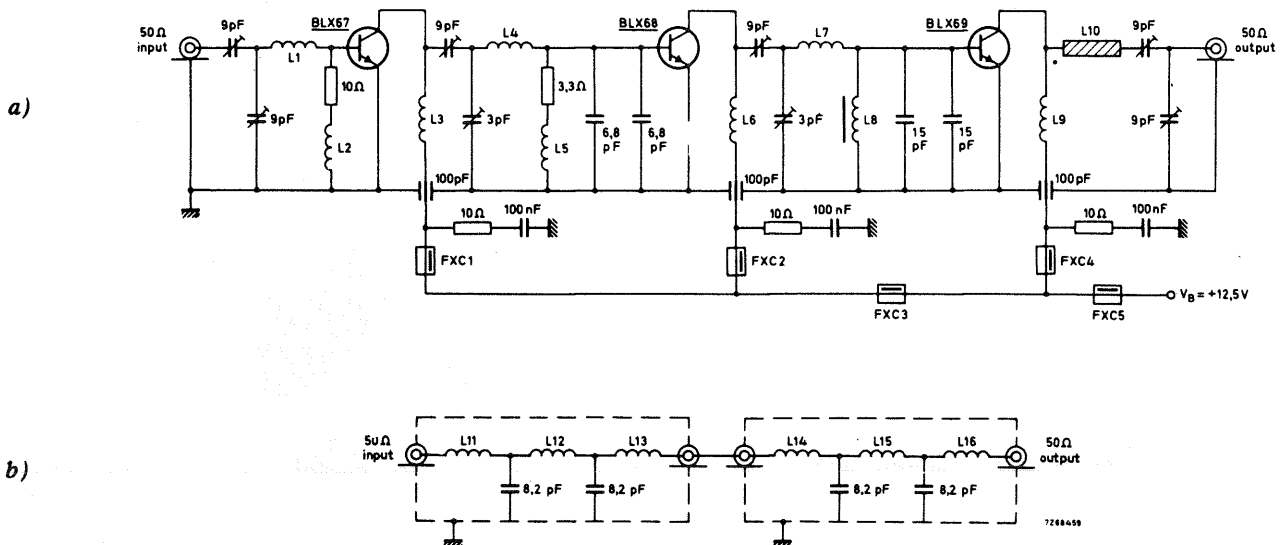


Fig. 6 - (a) Amplificatore UHF di potenza: 15 W a 470 MHz; (b) filtro passa-basso d'antenna: attenuazione della seconda armonica = 7,5 dB (BLX 69 leggi BLX 69A).

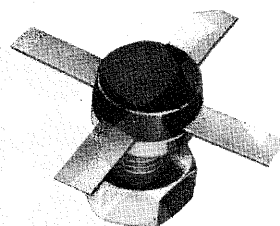
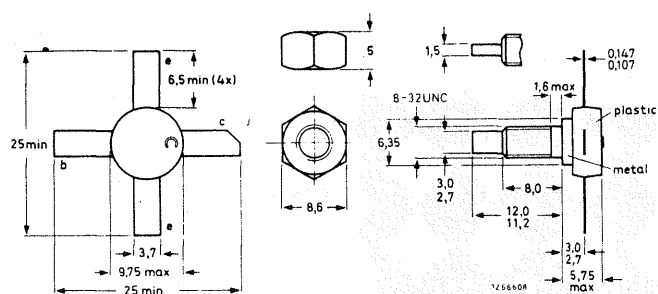
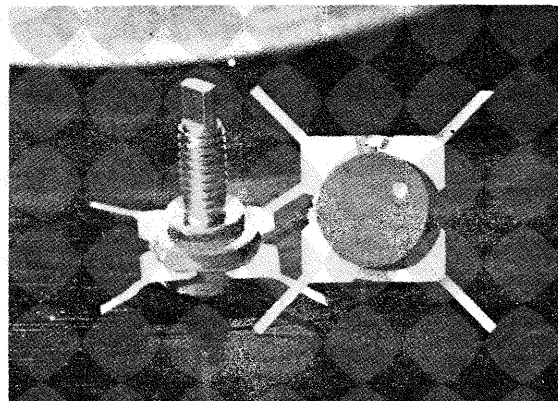
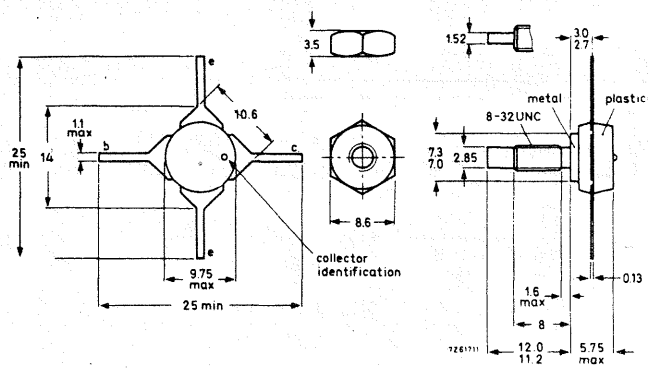


Fig. 7 - Dimensioni d'ingombro del contenitore e terminali di collegamento. (in alto) del BLX67 e BLX68 (SOT-48); (in basso) del BLX69A.

3.3. Amplificatore UHF di potenza da 40 W

Il circuito è riportato in fig. 8 (in alto), la realizzazione pratica è riportata in basso nella stessa figura. Si tratta di un amplificatore per ricetrasmittitori mobili. E' alimentato con 13,5 V, e può dare, in antenna, una potenza di 40 W. Se invece l'alimentazione fosse 12,5 V, la potenza in antenna scenderebbe a 34 W. Qualora si desiderasse inserire in antenna un filtro passa-basso capace di fornire una attenuazione di 65 dB della seconda armonica, si potrebbe impiegare quello riportato in fig. 6b.

Come indicato nella fotografia della realizzazione pratica sia all'ingresso che all'uscita vengono impiegate linee di trasmissione a strisce (strip).

Le prestazioni di questo amplificatore di potenza a 470 MHz sono le seguenti:

V_b (V)	P_i (W)	P_o (W)	P_{rif} (W)	VSWR	Guadagno (dB)	I_T (A)	Rendim. compless. (%)
13,5	13,5	40	0,02	1,06	4,72	4,3	69
12,5	12,0	34	0,025	1,1	4,53	4,0	68

Questo amplificatore, come del resto quello riportato in fig. 7, hanno una grande stabilità, e pertanto non producono oscillazioni parassite per un VSWR di uscita fino a 10 (fase variabile da 0 a 360°).

VSWR = rapporto tensione onda stazionaria;

P_{rif} = potenza riflessa dall'amplificatore sotto misura;

I_T = corrente complessiva assorbita dall'alimentatore.

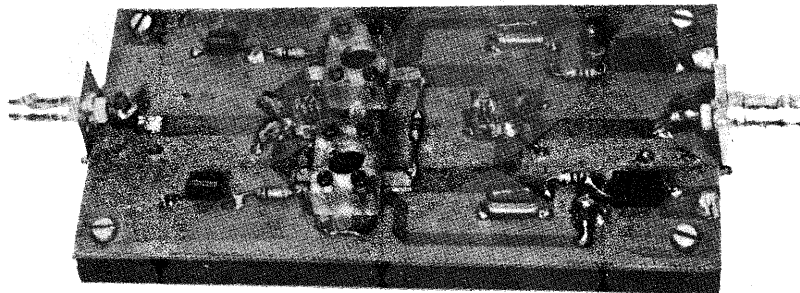
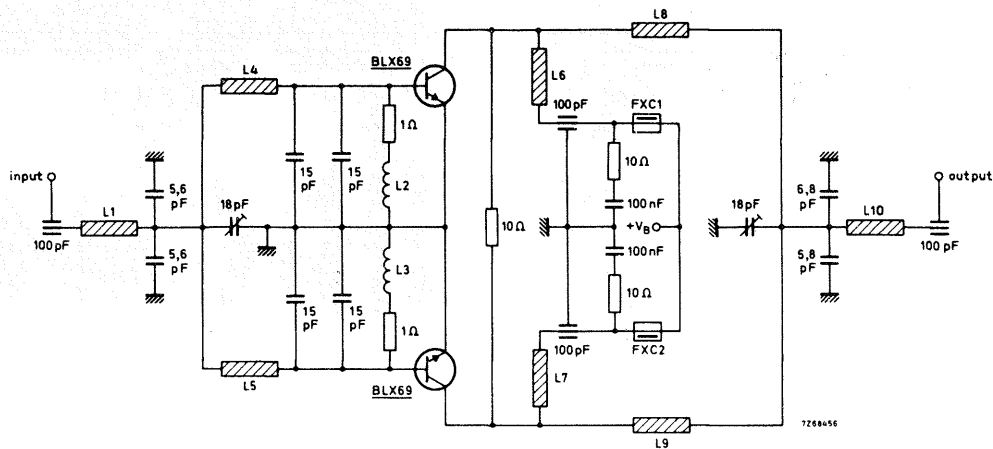


Fig. 8 - Amplificatore di potenza (40 W) ad un solo stadio. (in alto): schema elettrico; in basso: fotografia di un prototipo.

3.4. Amplificatore VHF a due stadi con potenza di uscita di 100 W alla frequenza di 175 MHz

Questo amplificatore (fig. 9) impiega nello stadio pilota un BLY90 e altri due BLY90 collegati in parallelo nello stadio finale.

Le prestazioni caratteristiche alla frequenza di 175 MHz, alla temperatura del dissipatore di 25 °C, e per una resistenza d'ingresso di 50 Ω sono le seguenti:

V_b (V)	$P_i = 10$ W	$P_i = 15$ W
	P_o (W)	P_o (W)
12,5	103	107
13,0	108	120
13,5	113	127

La potenza di uscita P_o viene misurata un minuto dopo la messa in funzione dell'amplificatore.

3.5. Amplificatore VHF a larga banda a due stadi con potenza d'uscita di 12 W operante nella banda dei 160 MHz

Questo amplificatore (fig. 11) può operare nella banda compresa tra 132 e 174 MHz; la variazione di guadagno entro questa banda è inferiore a 0,5 dB. L'amplificatore impiega nello stadio pilota un BLY87 e un BLY88 nello stadio finale.

Le prestazioni principali sono le seguenti:

Campo di frequenza	132-174 MHz
Tensione di alimentazione	13,8 V
Potenza di uscita	$13,5 \pm 1,5$ W
Potenza di ingresso	250 mW
Potenza di pilotaggio riflessa	≤ 5 mW ($\leq 2\%$)
Rendimento complessivo	$\geq 50\%$

Le reti di adattamento non sono altro che sezioni di filtri passa-basso Chebychev.

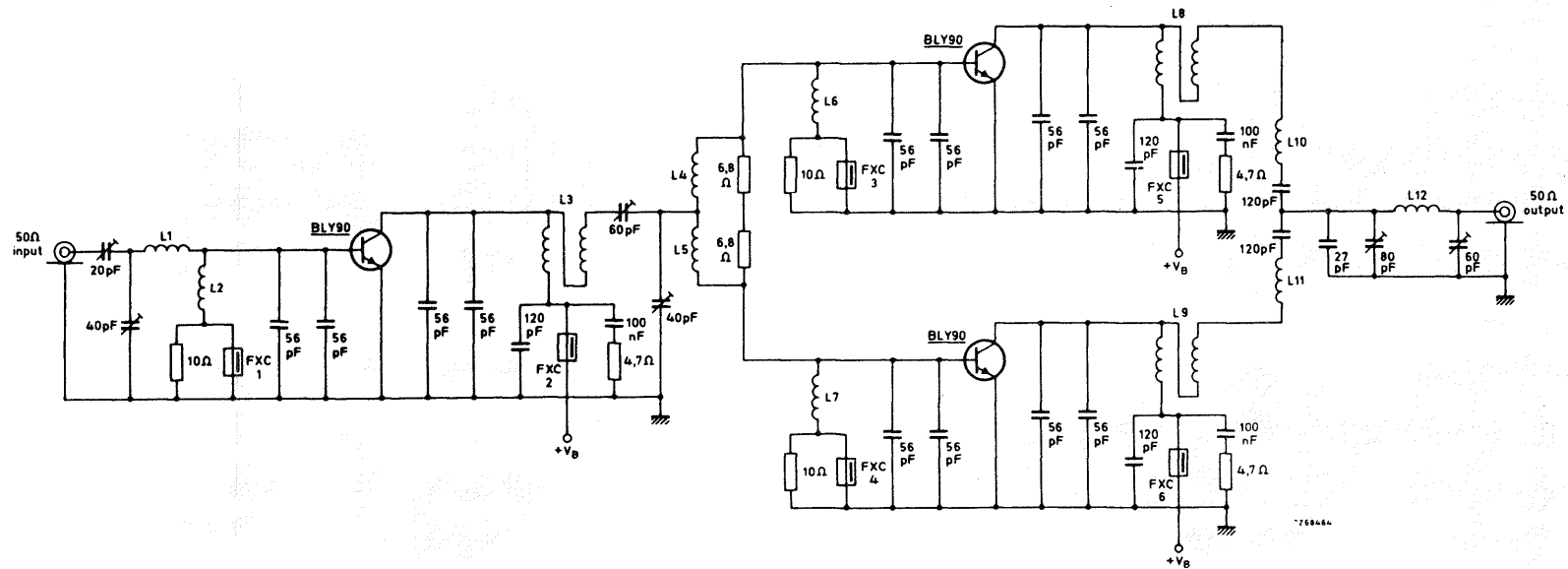


Fig. 9 - Amplificatore a due stadi ($2 \times$ BLY90); potenza di uscita = 100 W a 175 MHz.

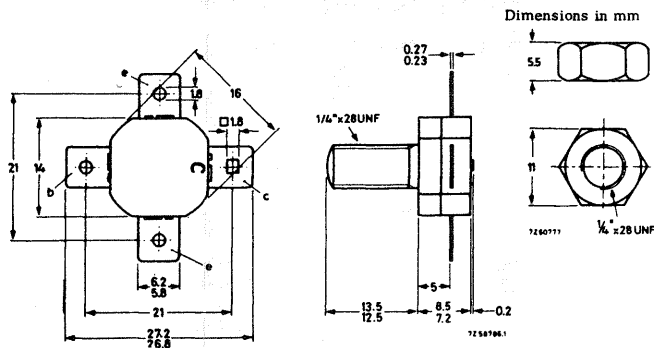


Fig. 10 - Dimensioni d'ingombro del contenitore e terminali di collegamento del BLY90 (SOT-55).

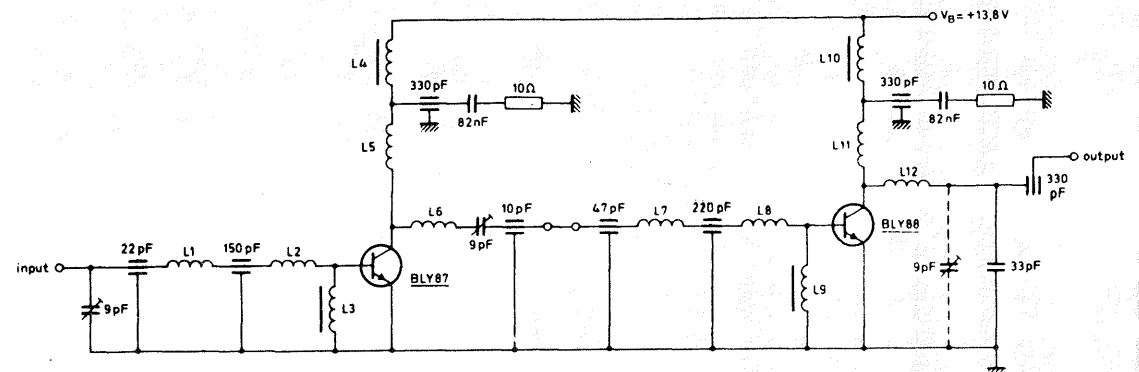


Fig. 11 - Amplificatore a larga banda (132-174 MHz) a due stadi: potenza d'uscita = 12 W.

4. AMPLIFICATORI PER SISTEMI DI TRASMISSIONE SINGLE-SIDE-BAND (S.S.B.)

4.1. Amplificatore lineare di potenza lavorante a 10 MHz con 25 W P.E.P.

Questo amplificatore (fig. 12) impiega un BDY92 e viene alimentato con 20 V. Originariamente, questo amplificatore non era destinato per impieghi S.S.B.; per questo scopo venne modificato in quanto vennero aggiunti nel circuito di polarizzazione due transistori.

Prestazioni tipiche con $V_B = 20$ V.

P_o (W PEP)	I_T (A)	Rendimento a due frequenze (%)	d3 (dB)	d5 (dB)
20	1,4	35,5	-31	-56
25	1,6	39,2	-28	-56
30	1,76	42,5	-24	-55

PEP = Peak Electric Power:

d3 e d5 = armoniche di terzo e di quinto ordine misurate con il sistema di misura della intermodulazione a due frequenze.

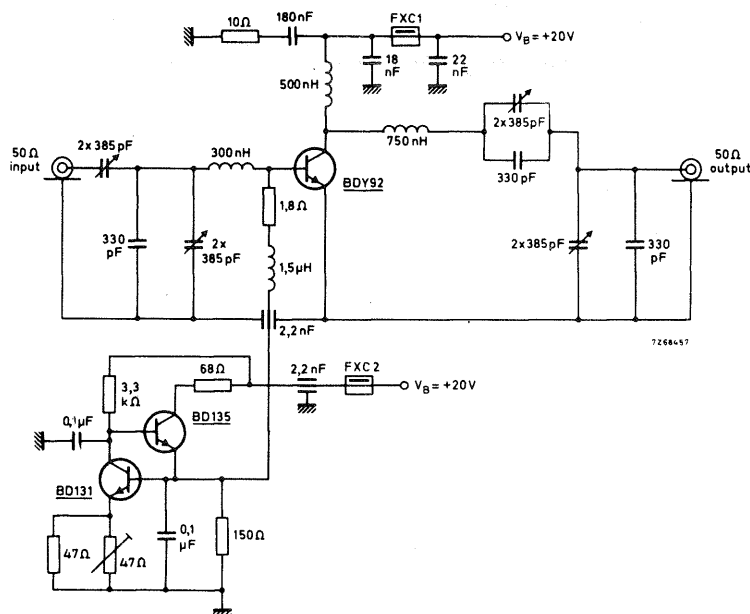


Fig. 12 - Amplificatore lineare di potenza per impieghi S.S.B.

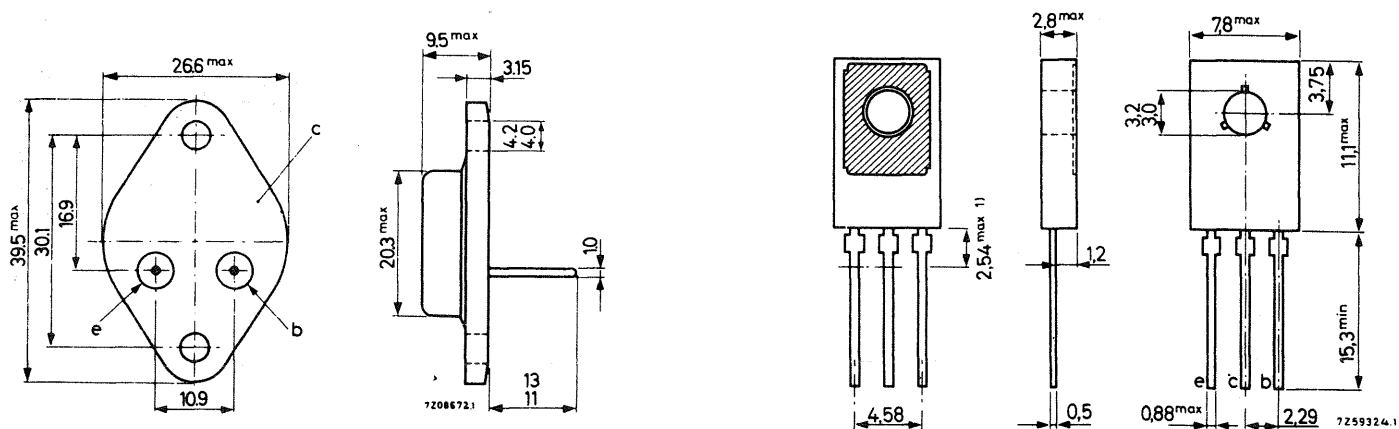


Fig. 13 - Dimensioni d'ingombro del contenitore e terminali del BDY92 (a sinistra); e dei BD131/135 (a destra).

4.2. Moduli pilota monostadi realizzati con il BLY92A e il BLX13

Premettiamo che tutti gli amplificatori lineari che descriveremo qui di seguito operano nella banda di frequenza compresa tra 1,6 e 28 MHz. Si tratta di amplificatori lavoranti in classe A qualora questi vengano impiegati come *pilota*, e di amplificatori lavoranti in classe AB nel caso vengano impiegati come *stadi finali*. Inizialmente, accenneremo a due moduli-pilota a stadio singolo realizzati con il BLY92A e il BLX13.

Si tratta di due amplificatori destinati ad essere impiegati come pilota in sistemi S.S.B. Il primo (fig.

14) impiega un BLY92A ed è in grado di dare 3 W PEP con un livello di intermodulazione inferiore a -40 dB; il guadagno di questo amplificatore è 18 dB entro tutta la banda amplificata; il VSWR all'ingresso è inferiore a 1,3.

Il secondo amplificatore (fig. 15) impiega un BLX13, ed è in grado di dare 8 W PEP con un livello di intermodulazione superiore a -40 dB; il guadagno complessivo è 17 dB entro tutta la banda e il VSWR di ingresso è $\leq 1,5$.

Entrambi questi amplificatori vengono alimentati da una tensione a 28 V.

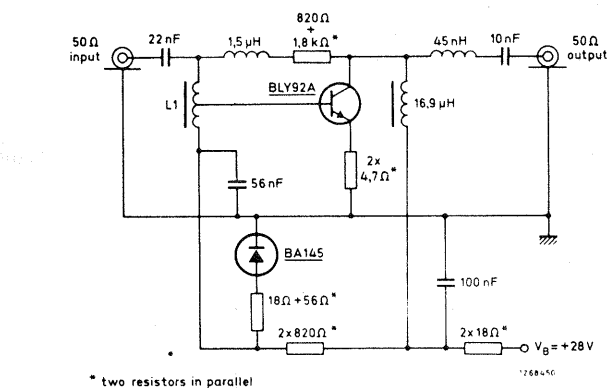


Fig. 14 - Amplificatore pilota per applicazioni S.S.B. (3 W PEP).

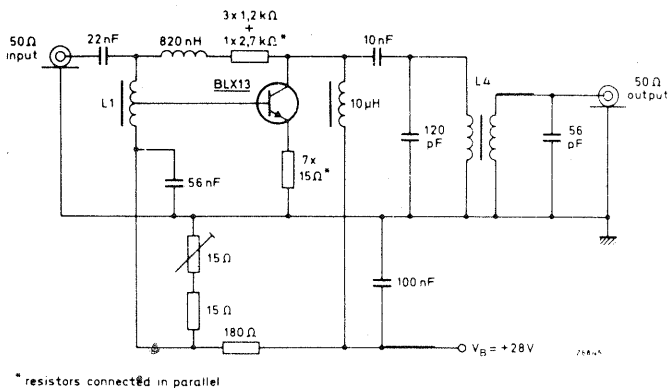
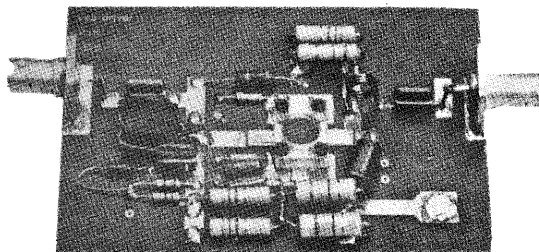


Fig. 15 - Amplificatore pilota per applicazioni S.S.B. (8 W PEP).



4.3. Amplificatore di potenza ad uno stadio con potenza di uscita di 25 ÷ 30 W (PEP)

Questo amplificatore (fig. 16) lavora con due BLY89A, ed è alimentato con una tensione V_B compresa tra 12,5 e 13,5 V. Può essere impiegato per trasmettitori portatili. I due BLY89A lavorano in un circuito **push-pull classe AB**. La tensione di polarizzazione dei transistori dello stadio finale è ricavata da un circuito controllato nei confronti delle variazioni della temperatura; la sua resistenza interna è molto bassa. I transistori impiegati sono due BD135.

Le prestazioni principali di questo amplificatore sono le seguenti:

Distorsione per intermodulazione fino alla massima potenza di uscita	≤ -30 dB
Rendimento complessivo misurato col sistema a 2 frequenze	$\geq 38\%$
Guadagno entro la banda amplificata	$17,8 \pm 0,6$ dB
VSWR all'ingresso	$< 1,25$

4.4. Amplificatore di potenza ad uno stadio con potenza di uscita compresa tra 80 e 100 W (PEP)

Si tratta di un amplificatore lineare a larga banda (fig. 17). A destra in fig. 17 riportiamo la fotografia di un prototipo di questo amplificatore.

Le caratteristiche principali sono:

Tensione di alimentazione V_B	28 V
Distorsione per intermodulazione fino alla massima uscita	≤ -30 dB
Rendimento complessivo misurato col sistema delle due frequenze	$\geq 40\%$
Guadagno entro tutta la banda amplificata	$16,8 \pm 0,7$ dB
VSWR all'ingresso	$< 1,4$

La tensione di polarizzazione necessaria per far funzionare in classe AB i due transistori finali BLX14 è ottenuta, in linea di principio, con un circuito simile a quello impiegato per la polarizzazione dei transistori finali dell'amplificatore riportato in figura 16.

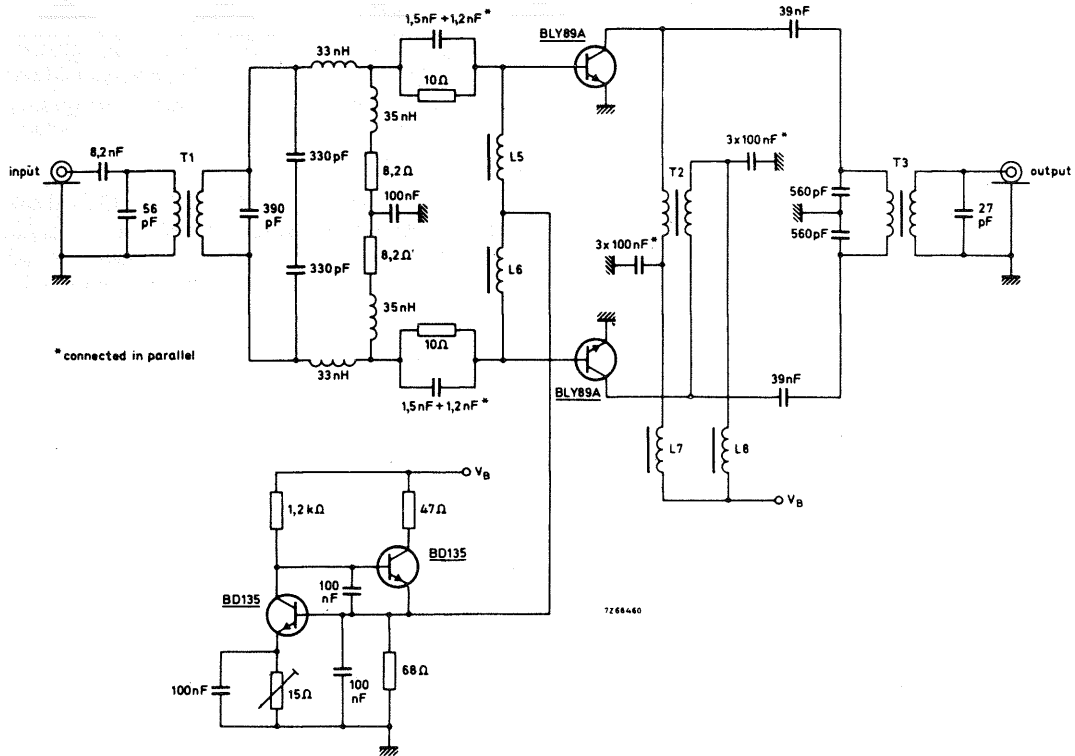


Fig. 16 - Amplificatore per trasmettitori S.S.B. fissi o mobili (25-30 W PEP $V_B = 12,5 \div 13,5 V$).

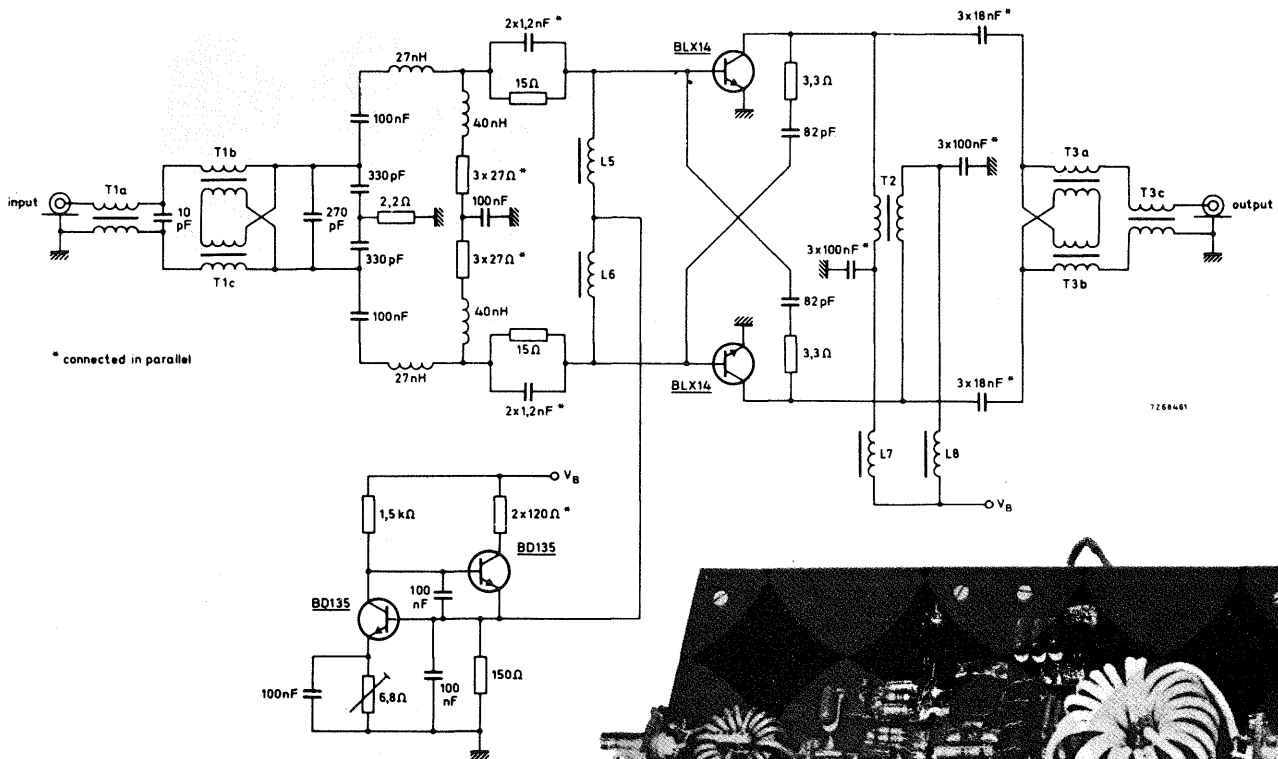


Fig. 17 - (a sinistra) Amplificatore S.S.B. con $2 \times BLX14$; potenza d'uscita $80 \div 100 W$ (PEP); (a destra) realizzazione pratica.

4.5. Amplificatore di potenza ad un solo stadio per 300 W (PEP) di uscita

Questo amplificatore (fig. 18) impiega due BLX15 in un circuito push-pull lavorante in classe AB. L'alimentazione è $V_B = 50$ V.

Le caratteristiche principali di questo amplificatore sono le seguenti:

Distorsione per intermodulazione fino alla potenza di uscita massima ≤ -30 dB

Guadagno entro tutta la banda $16,8 \pm 0,5$ dB

VSWR all'ingresso $< 1,2$

In fig. 18a è riportata ingrandita una fotografia del prototipo di laboratorio di questo amplificatore.

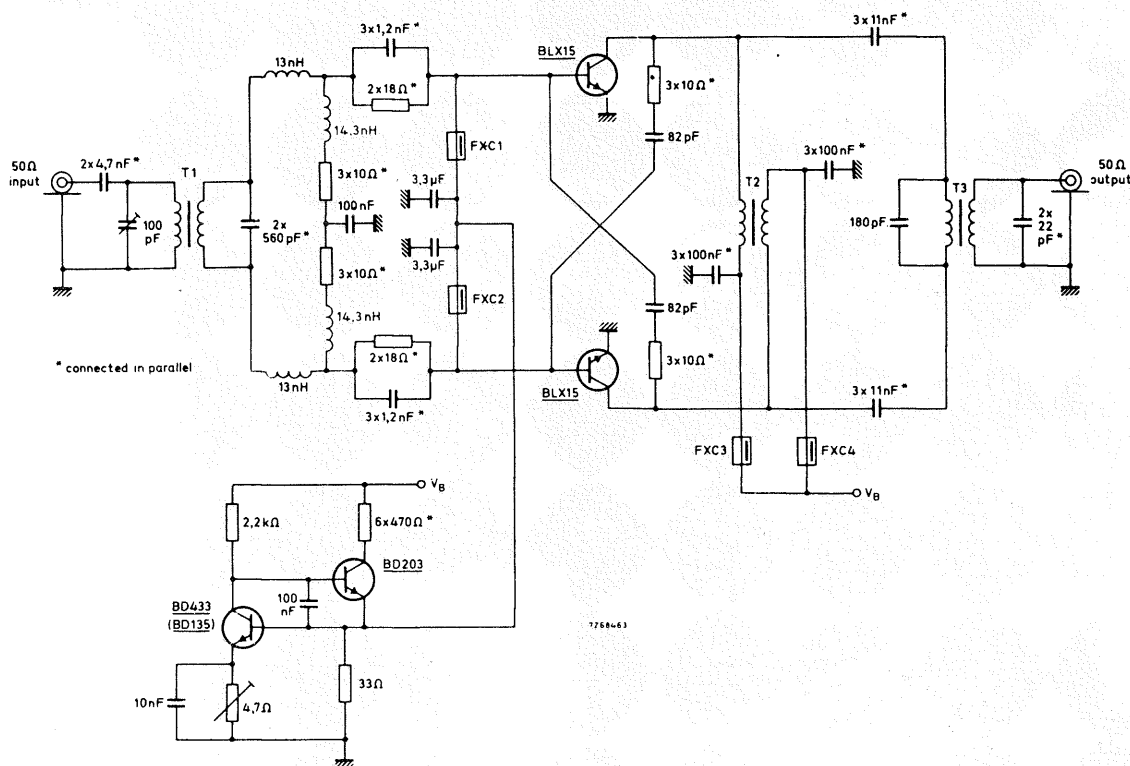


Fig. 18 - Amplificatore S.S.B. con $2 \times$ BLX15; potenza d'uscita = 300 W.

4.6. Circuito per il pilotaggio del tubo S.S.B. YL1230

Questo amplificatore è stato realizzato per pilotare il tubo S.S.B. YL1230 capace di fornire una potenza di uscita di 1 kW (PEP) entro la banda di frequenze compresa tra 1,6 e 28 MHz. I due transistori BLX13 lavorano in classe A e sono alimentati da una tensione di 28 V. Lo schema riportato in fig. 19 presenta due versioni del circuito di uscita: uno con un filtro passa-basso, l'altro senza detto filtro. Il filtro passa-basso è richiesto quando questo amplificatore viene impiegato come pilota per il tubo di potenza YL1230; in questo caso, il filtro serve ad adattare la capacità d'ingresso del tubo,

Sprovvisto del filtro, questo amplificatore può essere impiegato come stadio pilota per un trasmettitore con 300 W (PEP). Senza il filtro, l'impedenza di uscita è 50 Ω.

Nel caso che il circuito di fig. 19, munito di filtro,

venga impiegato per il pilotaggio del tubo YL1230, la potenza di pilotaggio richiesta dai due BLX13 è 142 mW (PEP) $\pm 0,7$ dB e il VSWR di ingresso si deve mantenere al disotto di 1,66. La tensione di ingresso applicata al tubo finale deve avere una distorsione per intermodulazione ≤ -45 dB.

Se l'amplificatore viene impiegato con una uscita a 50 Ω, esso è in grado di fornire 14 W (PEP) ad un livello di intermodulazione ≤ -41 dB. In questo caso, il guadagno sarebbe $18,7 \pm 0,15$ dB e il VSWR di ingresso inferiore a 1,5.

Nella pagina seguente è riportata la fotografia di un prototipo di laboratorio dell'amplificatore di fig. 18

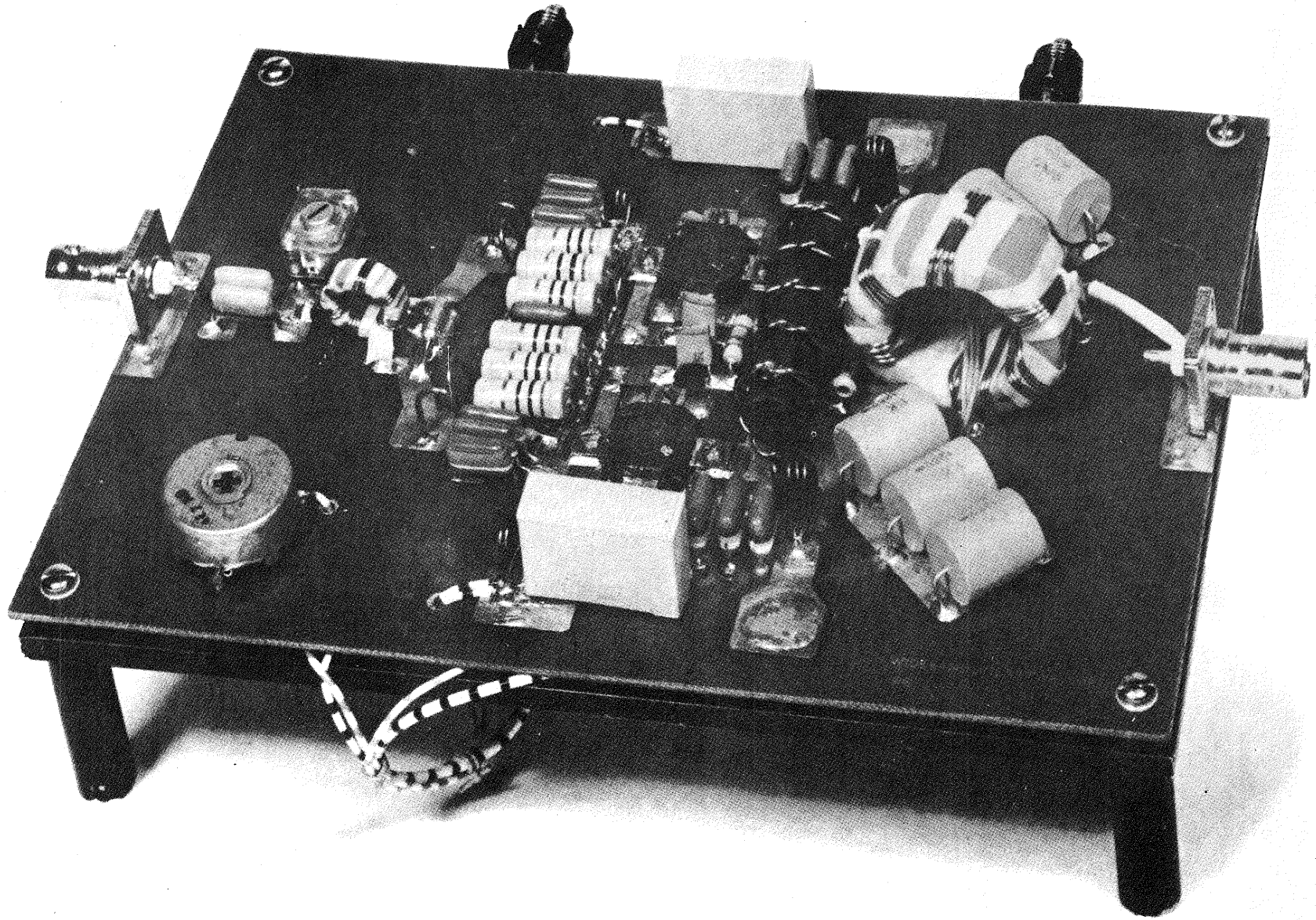


Fig. 18a

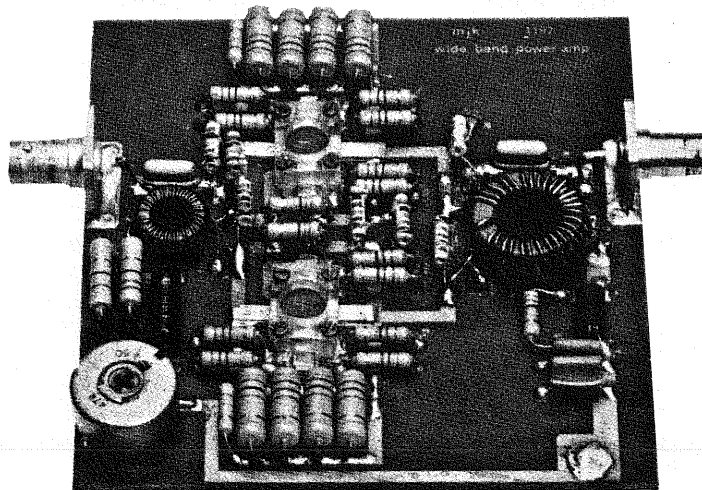
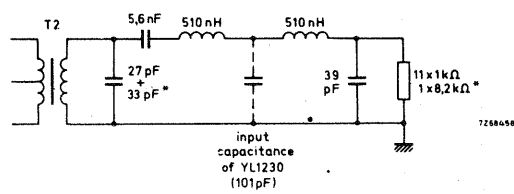
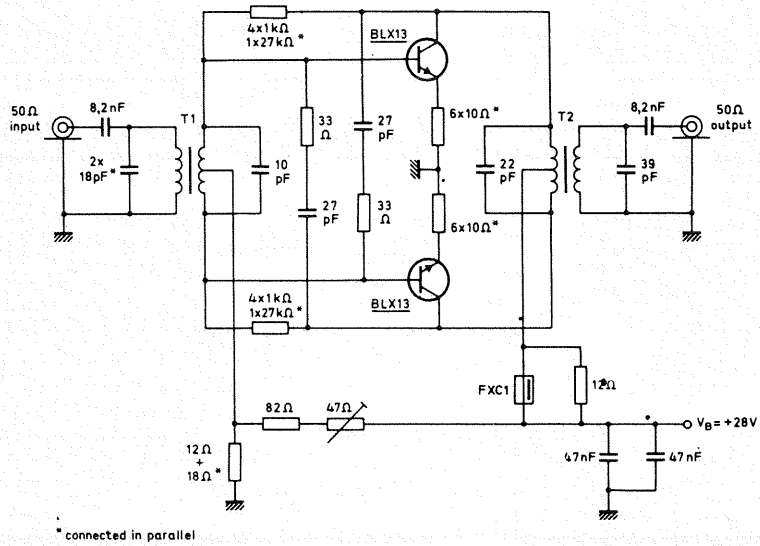


Fig. 19 - (in alto): Stadio pilota per il tubo S.S.B. YL1230; (in basso): realizzazione pratica.