

23cm Transistor-Linearverstärker 6W, 16W und 30W HF Ausgangsleistung

Transistorized 23cm Linear PA 6W, 16W and 30W Rf Output

by Claus Neie, DL7QY

D. Seit etwa einem Jahr gibt es die Linear-Transistoren NEL1306 und NEL1308 von NEC. Speziell für das 23cm Amateurfunkband entwickelt und in einem "Low cost" Keramikgehäuse (Type 81) geliefert, bieten sich die beiden Transistoren zum Bau von 23cm Linearverstärkern an. In diesem Artikel werden 3 Einzelverstärker mit den Ausgangsleistungen von 6W, 16W und 30W beschrieben. In Fig. 1, 2, 3, 4, 5 und 6 sind die technischen Daten der Transistoren dargestellt.

E. Since one year now NEC offers two linear 23cm power transistors NEL1306 and NEL1320, developed for amateur radio use, designed in a "low cost" ceramic package type 81. In this article 3 single stage poweramplifiers are described producing 6W, 16W and 30W rf. Fig. 1, 2, 3, 4, 5 and 6 show the performance specifications of the transistors.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS($T_a=25^{\circ}C$)

SYMBOLS	PARAMETERS	UNITS	RATINGS
V _{CB0}	Collector-Base Voltage	V	35
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	V	18
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	V	3
I _C	Collector Current NEL130681-12 NEL132081-12	A	2 6
T _j	Operating Junction Temperature	°C	200
T _{stg}	Storage Temperature	°C	-65~+150

Fig. 1

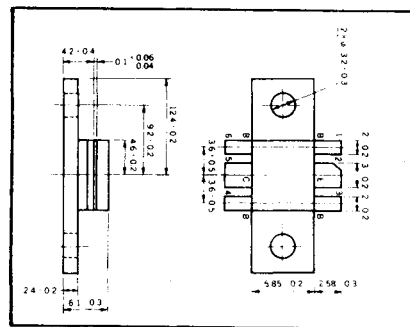


Fig. 2a

PERFORMANCE SPECIFICATIONS($T_a=25^{\circ}C$)

NEL PART NUMBER EIAJ* REGISTERED CODE NUMBER PACKAGE CODE			NEL130681-12 25C3541 81			NEL132081-12 25C3542 81		
SYMBOLS	PARAMETERS AND CONDITIONS	UNITS	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX
P _{out}	Output Power at V _{CC} = 13.5V, f = 1.3GHz, P _{in} = 30dBm, I _C = 30mA P _{in} = 36dBm, I _C = 150mA	dBm dBm	38.5	37.5		41	42	
η _c	Collector Efficiency at V _{CC} = 13.5V, f = 1.3GHz P _{in} = 30dBm, I _C = 30mA P _{in} = 36dBm, I _C = 150mA	% %	45	55		50	60	Fig. 2

*Electronic Industries Association - Japan.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS($T_a=25^{\circ}C$)

NEL PART NUMBER EIAJ* REGISTERED CODE NUMBER PACKAGE CODE			NEL130681-12 25C3541 81			NEL132081-12 25C3542 81		
SYMBOLS	PARAMETERS AND CONDITIONS	UNITS	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX
BV _{CB0}	Collector-Base Breakdown Voltage at I _E = 0, I _C = 1mA, I _C = 2mA	V	35			35		
BV _{CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage at I _B = 0, I _C = 10mA I _C = 20mA	V	18			18		
BV _{EB0}	Emitter-Base Breakdown Voltage at I _C = 0, I _E = 1mA, I _E = 2mA	V	3			3		
I _{CBO}	Collector Cutoff Current at V _{CB} = 20V, I _E = 0	mA			0.15			0.5
I _{EB0}	Emitter Cutoff Current at V _{EB} = 2V, I _C = 0	mA			0.15			0.5
h _{FE}	DC Forward Current Gain at V _{CE} = 10V (pulsed), I _C = 0.3A I _C = 0.5A		20	80	200	20	60	200
C _{ob}	Output Capacitance** at V _{CB} = 10V, I _E = 0, f = 1.0MHz	pF		15	20		50	60
P _T	Total Power Dissipation (T _C = 25°C)	W		19.5			50	
R _{th}	Thermal Resistance (junction - case)	°C/W		10			4	

*Electronic Industries Association of Japan.
** Emitter and flange are grounded.

Fig. 3

PERFORMANCE CHARACTERISTICS ($T_a=25^\circ\text{C}$)

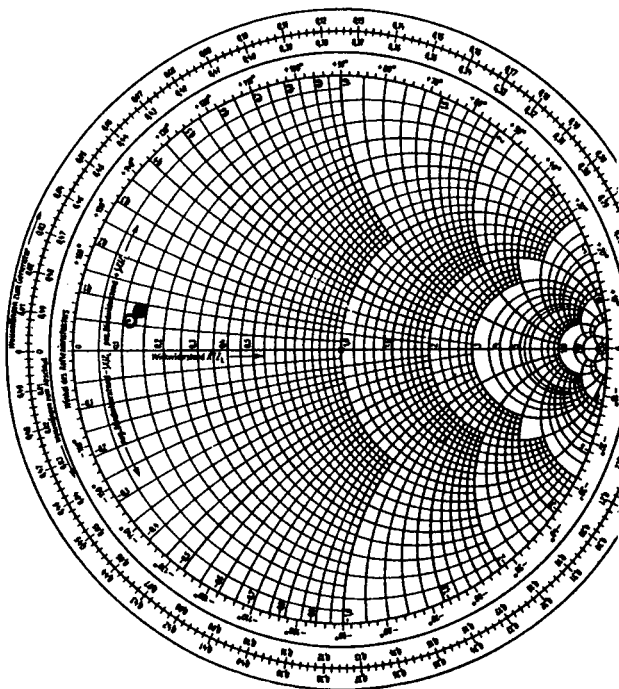
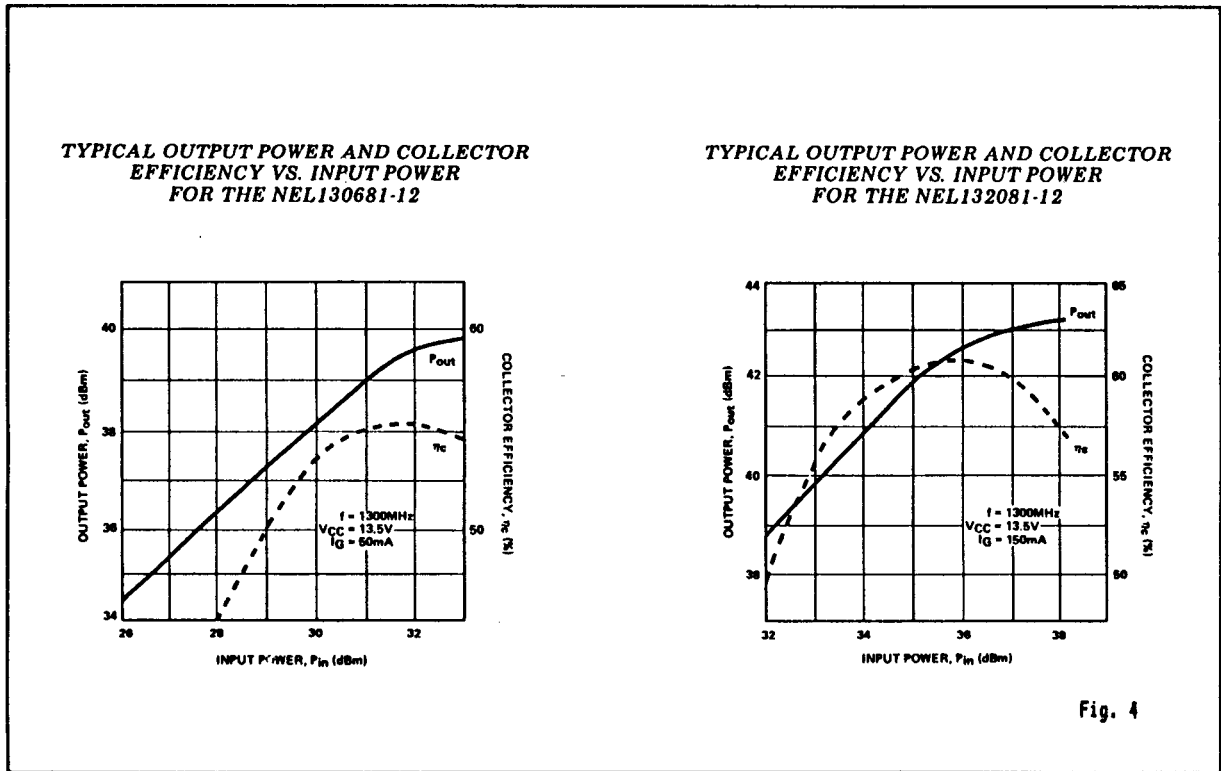


Fig. 5
NEL 130681 Z_{in} / Z_{out} . $f=1300$ MHz, $I_q=50$ mA.
Class AB, P_{in} 38dBm, P_{out} 38dBm. $V_{CC}=13.5$ V.

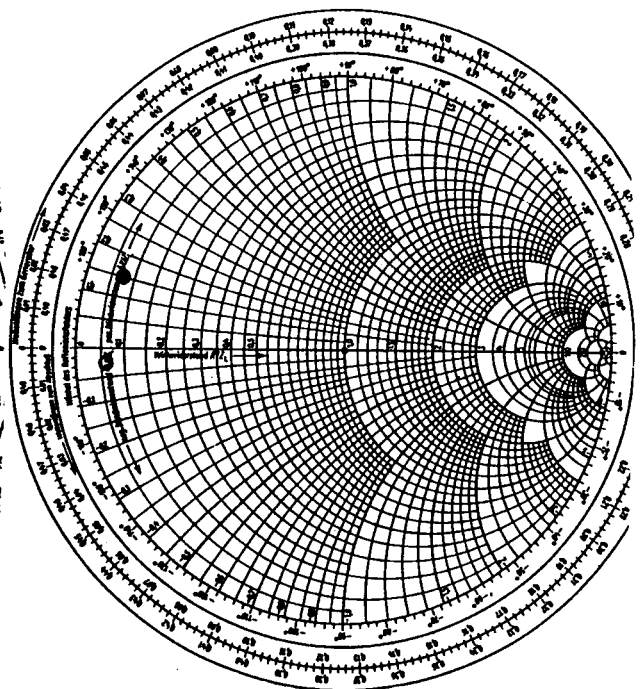


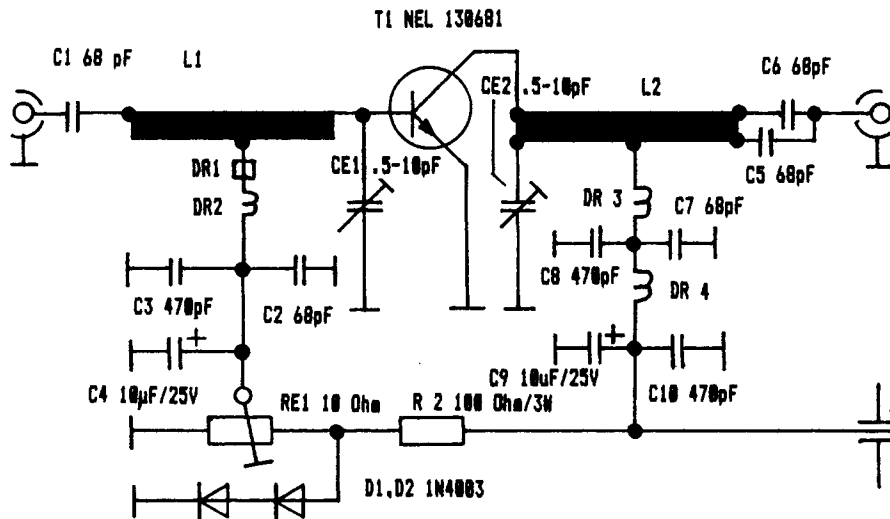
Fig. 6
NEL 132081 Z_{in} / Z_{out} . $f=1300$ MHz, $I_q=150$ mA.
Class AB, P_{in} 36dBm, P_{out} 42dBm. $V_{CC}=13.5$ V.

A.) 6W Linearverstärker mit NEL1306.
 6W Linearamplifier using NEL1306.

D.

A.1) Schaltungsbeschreibung

Fig. 7 zeigt das Schaltbild. Der Transistor arbeitet im AB-Betrieb. L1 und CE1 transformieren auf die erforderliche Eingangsimpedanz für T1. CE2 und L2 transformieren zurück auf 50 Ohm Ausgangsimpedanz. über RE1 wird der erforderliche Ruhestrom von T1 eingestellt. Fig. 8 zeigt die Übertragungseigenschaften der verwendeten Vitramon Chipkoppelkondensatoren.

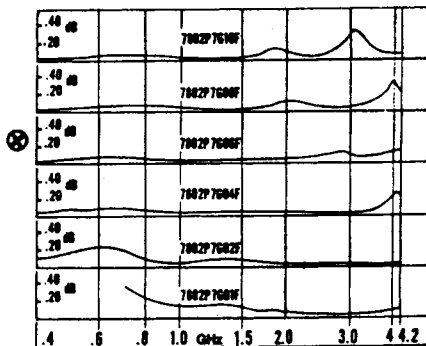


DR1=Ferrit perle/ferrittube
 DR2= 2Wdg D3mm CuAg d 0.5mm
 2turns D3mm CuAg d.5mm
 DR3= 2Wdg D3mm CuAg d 1mm
 2turns D3mm CuAg d1mm
 DR4= DR3
 C1,2,5,6 und7= Chipkondensatoren
 Chipcapacitors
 Vitramon Types:
 7802 P78-06f
 C3,8 und 10= Vielschichtkondensatoren/Multilayercap.
 C4 und C5 Tantalkondensatoren.
 DF= Durchführungsfilter Erie Typ:
 feedthroughfilter Erie 1054
 Versorgungsspannung 13.5V
 supplyvoltage 13.5V

7802 Series

CE 1 und 2=.5-10pF Trimmer Sky Type CDX rf10
 triacapacitors Sky Type CDX rf10 (PTFE)

Fig. 7 Schaltbild / circuit diagram



E.

A.1) Circuitdescription.

Fig.7 shows the circuit diagram. The transistor operates in class AB. L1 and CE2 match to the necessary input impedance of T1. L2 and CE2 transform to the output impedance of the amplifier, 50 Ohm. Iq is to adjust by RE1. Fig. 8 shows the transmission characteristics of the used Vitramon coupling capacitors.

Fig. 8

Durchgangsdämpfung Chipkondensatoren Vitramon
 attenuation of Vitramon chipcapacitors.

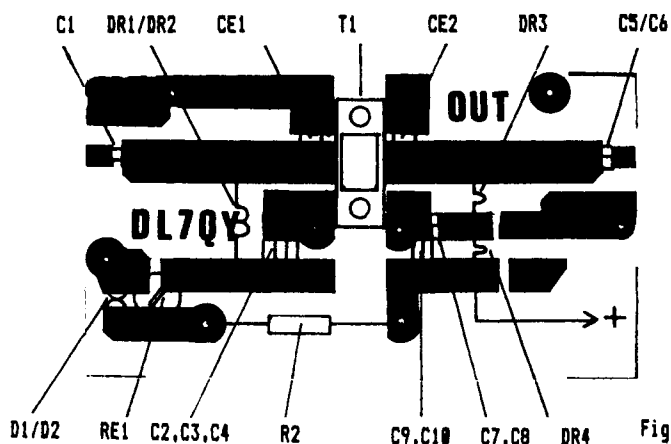


Fig. 9

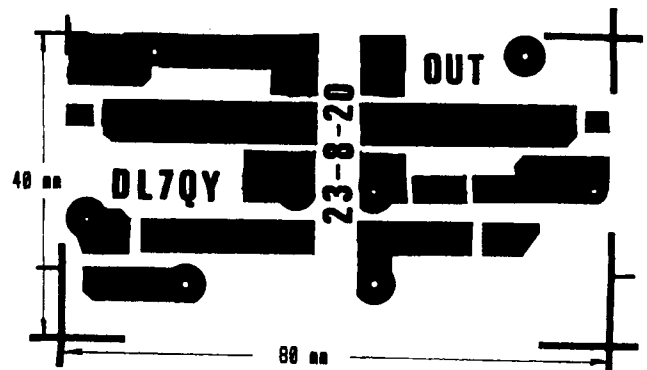


Fig. 9a PCB / Gedruckte Platine

D.

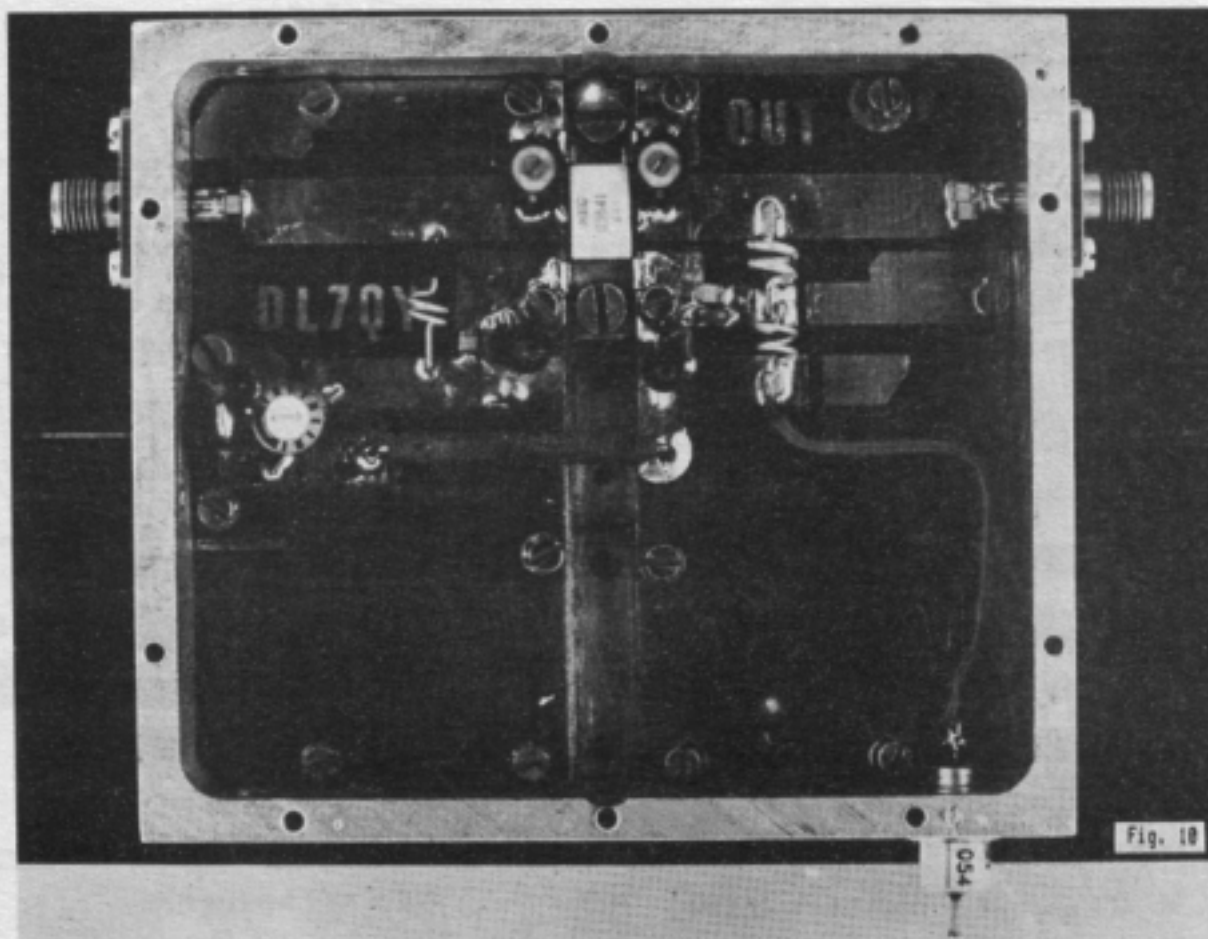
A.2) Der mechanische Aufbau

Fig. 9 zeigt den Lageplan der Bauteile. Der gesamte Verstärker ist in einem gefrästen Aluminiumgehäuse untergebracht (Fig. 10). Die Trimmkondensatoren CE1 und CE2 sind so dicht wie möglich an den Transistoranschlüssen gegen Masse zu löten. Die 4 Emitteranschlüsse des Transistors sind zwischen Platine (Masseseite) und dem Gehäuseboden festgeklemmt. Die Platine selbst besteht aus 1.5mm starkem Epoxy und ist mit M2 Schrauben im Gehäuse befestigt (Fig. 10). Fig. 12 und 12a zeigen die Transistormontage mit den zwei Masseverbindungen der Leiterseite der Platine zum Gehäuse neben dem Transistor. Die Verbindungsstücke bestehen aus versilbertem Kupferband etwa 0.5mm stark und 3mm breit und werden von den Transistorbefestigungsschrauben an Masse gedrückt. Sollte kein gefrästes Gehäuse verwendet werden, ist darauf zu achten, daß die Transistoren ähnlich an der Platine befestigt und direkt auf den Kühlkörper aufgeschraubt werden. Als Kühlkörper wird ein ca. 13cm langes Stück SK08 empfohlen. Als Ein- und Ausgangsbuchsen können BNC, SMA oder N-Norm verwendet werden. Fig. 13 zeigt die Abmessungen des Gehäuses, welches für die 6- und 16W Version auch entsprechend kleiner angefertigt werden kann.

E.

A.2) Construction

Fig. 9 shows the placement of parts. The pcb is mounted within a alumina box as shown in Fig. 10. The trimcapacitors must be soldered as close as possible to the transistor terminations. The 4 emitter terminations are clamped between pcb (ground side) and bottom of the box. The pcb is made of 1.5mm double cladded epoxy. Fig. 12 and 12a show the transistormount and the grounding of the stripline side (pcb) by 2 jumpers made from silverplated .5mm thick and abt. 3mm wide copperstrips which are fixed by the transistor mount screws. As heatsink a SK08 abt. 13cm long is recommended. As input and output terminations BNC, SMA as well as N-types can be used. Fig. 13 shows the dimensions of the alubox; for the 6W and 16W version, a smaller box as shown can be used.



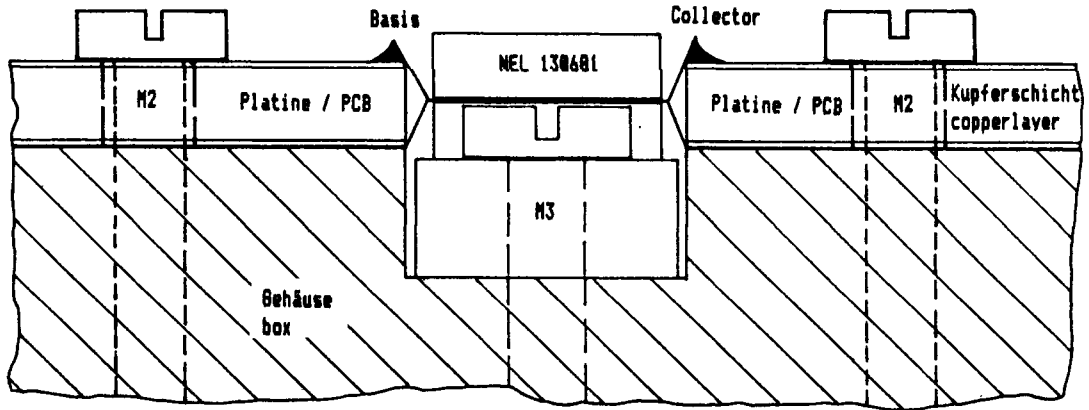
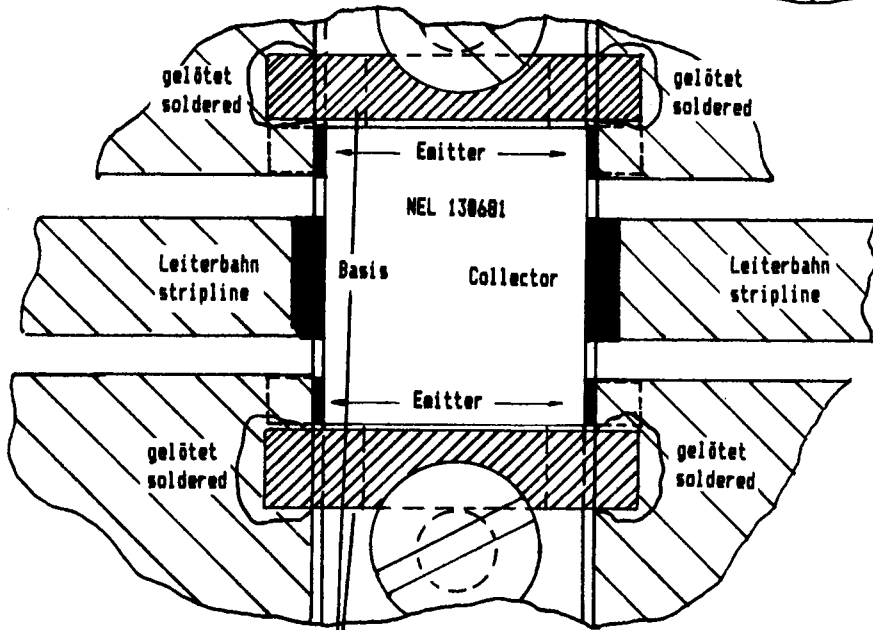
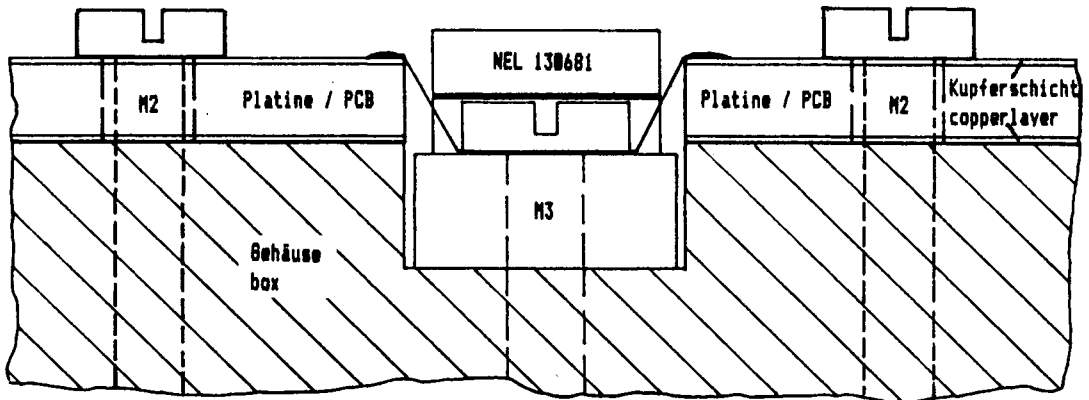


Fig. 12



CuAg Streifen 12x3mm 0.5mm dick
 CuAg strip 12x3mm, .5mm thick

Fig. 12a

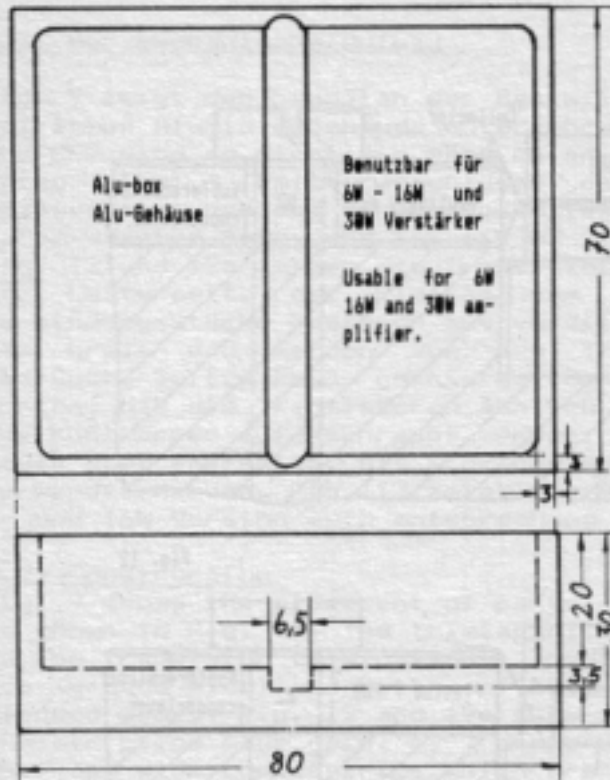


Fig. 13

and R2 amounts already abt. 120 mA. Adjust together with I_q T1 up to 200-250 mA. Put abt. 0.5-1W drive power into the amplifier and adjust with CE1 to max collector current of T1. Now adjust CE2 for maximum rf output. Repeat the procedure until no improvement can be achieved.

D.

A.4) Elektrische Daten

Fig. 14 zeigt die Durchgangsverstärkung im Kleinleistungsbetrieb (Wobbel Eingangsleistung 30mW). Bei dieser Steuerleistung beträgt die Verstärkung etwa 11 dB. Fig. 15 zeigt die Eingangsimpedanz, welche sich im Leistungsbetrieb etwas verändert. Die in Tab. 16 angegebenen Daten wurden im Musteraufbau erreicht.

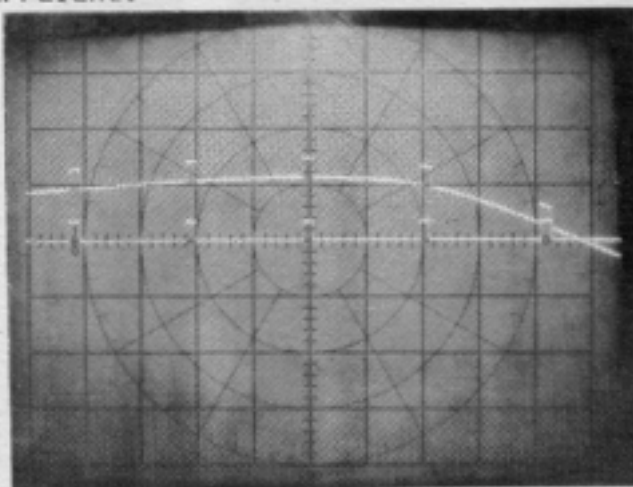


Fig. 14 Durchlaßkurve/frequencyresponse 6W amplifier.
Mittenfrequenz 1300 MHz, Marken 10 MHz, ver. 10dB/div
Centerfrequency 1300 MHz, mark. 10 MHz, ver. 10dB/div
HP8754 Networkanalyzer

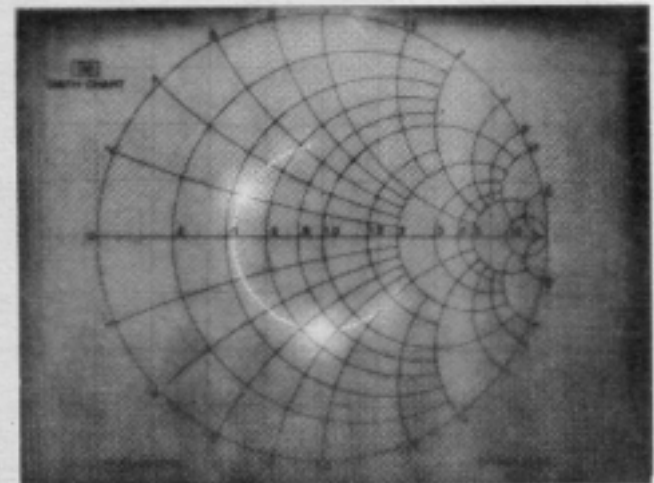


Fig. 15
Eingangsimpedanz obere Marke 1300 MHz, untere 1200 MHz
Inputimpedance upper marker 1300 MHz, lower 1200 MHz
HP8754 Networkanalyzer

D.

A.3) Abgleich und Inbetriebnahme

Der Regler RE1 wird auf Mitte gestellt und die Endstufe wird ausgangsseitig mit 50 Ohm und Leistungsmeßkopf abgeschlossen. Nach Anlegen der Betriebsspannung von 13.5V wird mit RE1 der Ruhestrom von T1 eingestellt. Durch RE1 und R2 fließt ein Querstrom von etwa 120 mA. Der Gesamtstrom wird auf etwa 200 - 250 mA eingestellt. Jetzt wird die Treiberleistung von ca. 0.5-1W eingeschaltet und mit CE1 der größte Kollektorstrom eingestellt. Mit CE2 wird auf höchste Ausgangsleistung abgeglichen. Der Abgleichvorgang wird wechselseitig wiederholt, bis sich keine Verbesserungen mehr ergeben.

E.

A.3) First-time operation

First turn RE1 to center position and terminate at the output of amplifier a 50 Ohm load including a crystal detector for power measurement. Supply with 13.5V and adjust by RE1 the quiescent current of T1. The current through RE1

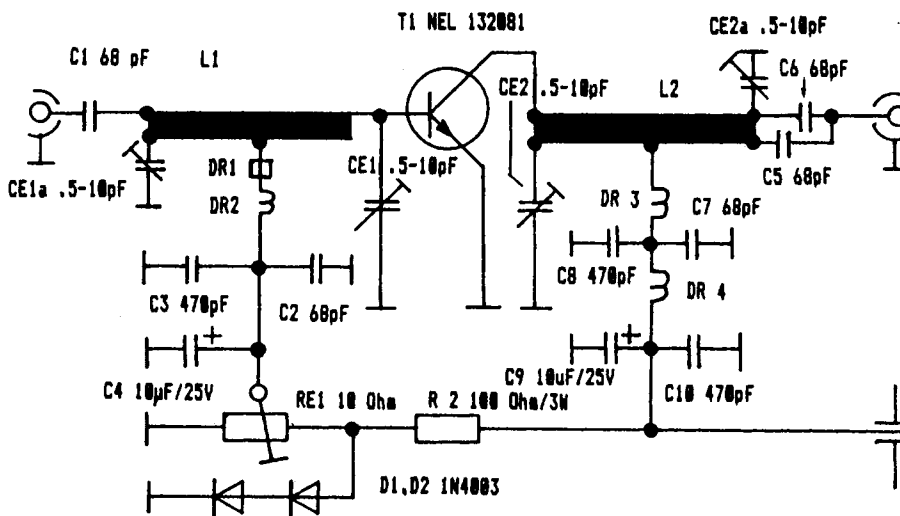
Measurement results. Meßergebnisse PA mit NEL 130681 Class AB 0.1A Iq.					
Ub VCC	Eingangsleistung Input PMR	Ausgangsleistung Output PMR	Verstärkung Gain	Nirkungsgrad Efficiency	Ic Ic
13.5V	0.6 W	5.0 W	9.2 dB	43 %	0.85 A
13.5V	0.8 W	5.8 W	8.6 dB	47 %	0.90 A
13.5V	0.9 W	6.3 W	8.4 dB	50 %	0.93 A
13.5V	1.0 W	6.6 W	8.2 dB	50 %	0.97 A
15.0V	1.0 W	8.8 W	Brenzdaten/absolute maximum rates 1.00 A		

Tab. 16

D.
B) 16W Linearverstärker mit NEL1320
 16W Linearamplifier using NEL1320

B.1) Schaltungsbeschreibung

Die technischen Daten des Transistors NEL1320 zeigen Fig. 1-6. Als Platine wird die gleiche wie bei dem 6W Verstärker verwendet. In Fig. 17 ist das Schaltbild der 16W PA gezeigt. Hinzugekommen sind die Trimmkondensatoren CE1a und CE2a am Ein- und Ausgang der Transformationsleitungen, ansonsten ist die Schaltung identisch mit der 6W Version. Als CE1, CE2 und CE2a können nicht die in der 6W PA verwendeten Sky Teflontrimmer eingesetzt werden! Diese Trimmkondensatoren müssen Keramiktypen mit Luftdielektrikum sein. Fig. 18 zeigt den 16W Verstärker mit der Anordnung der hinzugekommenen Trimmkondensatoren.



DR1=Ferrit perle/ferrittube
 DR2= 2Wdg D3mm CuAg d 0.5mm
 2turns D3mm CuAg d.5mm
 DR3= 2Wdg D3mm CuAg d 1mm
 2turns D3mm CuAg d1mm
 DR4= DR3
 C1,2,5,6 und7= Chipkondensatoren
 Chipcapacitors
 Vitramon Types
 7802 P78-06f
 C3,8 und 10= Vielschichtkondensatoren/Multilayercap.
 C4 und C5 Tantalkondensatoren.
 DF= Durchführungsfilter Erie Typ:
 feedthroughfilter Erie Typ:
 1054
 Versorgungsspannung 13.5V
 supplyvoltage 13.5V

CE1a 0.5-10pF Trimmkondensator/capacitor Sky Type CDX r10
 CE1, CE1a Ker. Trimmkondensator mit Luftdielektrikum. Cer. air dielectric trim capacitor type: electronics MAV 02E10 1-10pF oder TA 5750 0.0-10pF.
 CE2a Ker. Trimmkondensator mit Luftdielektrikum wie o.g. oder Tronser, Cer. air dielectric trim capacitor a.a. or Tronser 1.7-11pF type 1011720.

Fig. 17 Schaltbild / Circuit diagram

E.
B.1) Circuitdescription

Performance characteristics of the transistor NEL1320 are shown in Fig. 1-6. Pcb is the same as used for the 6W version. Fig. 17 shows the circuit diagram. The 16W version is quite similar to the 6W, except the additional two trim capacitors CE1a and CE2a which are placed at the end of transmissionlines. The trim capacitors CE1, CE2 and CE2a must be ceramic-airdielectric types because the high power! Fig. 18 shows the placement of the additional capacitors.

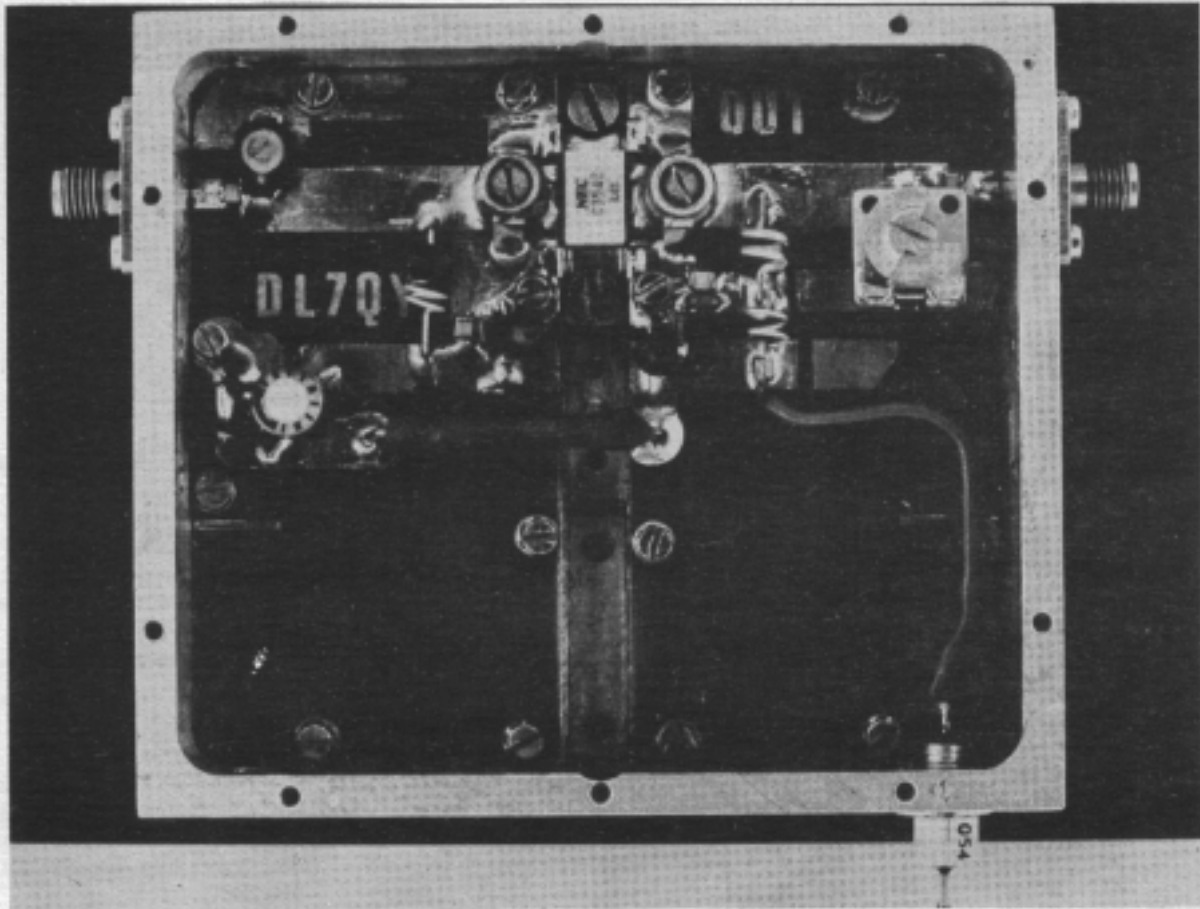


Fig. 18

D.
B.2) Der mechanische Aufbau

Der mechanische Aufbau entspricht weitgehend Punkt A.2. (Fig. 18). Fig. 18a zeigt den Aufbau der Kondensatoren C1 und C2.

E.
B.2) Construction

The construction is similar to paragraph A.2. (Fig. 18). Fig. 18a shows the placement of C1 and C2.

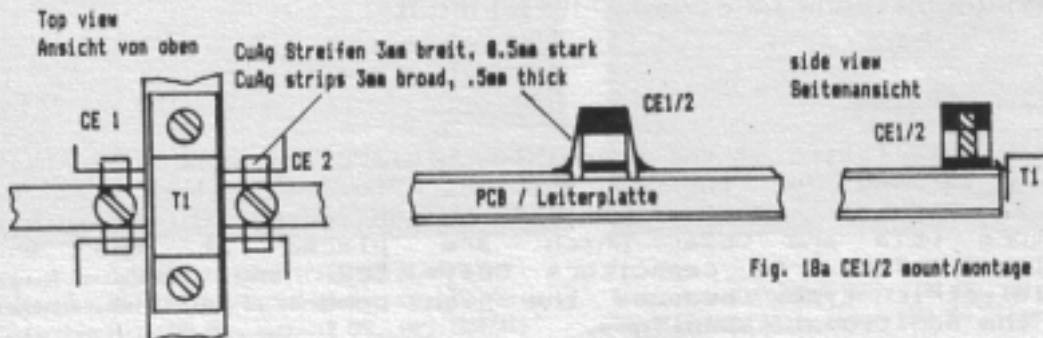


Fig. 18a CE1/2 mount/montage

Measurement results. Meßergebnisse PA mit NEL 132001 Class AB 0.2A Iq.					
Ub VCC	Eingangsleistung Input PWR	Ausgangsleistung Output PWR	Verstärkung Gain	Nirkungsgrad Efficiency	Ic Ic
13.5V	1.0 W	12.5 W	11.0 dB	44 %	2.10 A
13.5V	2.0 W	15.2 W	8.8 dB	45 %	2.30 A
13.5V	3.0 W	16.9 W	7.5 dB	45 %	2.80 A
13.5V	4.0 W	18.2 W	6.6 dB	45 %	3.00 A
12.0V	1.0 W	9.0 W	9.5 dB	44 %	1.70 A
12.0V	2.0 W	12.5 W	8.0 dB	45 %	2.30 A
12.0V	3.0 W	13.4 W	6.5 dB	43 %	2.60 A
12.0V	4.0 W	14.6 W	5.6 dB	42 %	2.80 A
15.0V	4.0 W	20.1 W Grenzdaten/absolute maximum rates 3.30 A			

Tab. 19

the additional trim-capacitors have to be adjusted in the same manner as described in A.3.

D.

B.4 Elektrische Daten

Die in Tab. 19 angegebenen Daten wurden im Musteraufbau erreicht.

E.

Performance characteristics

Fig. 19 shows the measurement results of the prototype.

D.

C.) 30W Linearverstärker mit 2xNEL1320
30W Linearamplifier using 2xNEL1320C.1) Schaltungsbeschreibung

In Fig. 20 ist das Schaltbild dargestellt. Die Schaltung der einzelnen Transistoren entspricht etwa der in B.1. Die Transistoren sind parallel geschaltet, werden aber einzeln gleichstrommäßig versorgt. Alle Trimm-Kondensatoren sind Keramik-Luft Typen wegen der großen HF Leistung. Eingangs- und ausgangsseitig werden die Transistoren mit einer Doppel-Lambda/4 Transformation angepaßt. Fig. 21 zeigt den Bestückungsplan der Platine und Fig. 21a die Platine selber. Fig. 22 zeigt die fertige Endstufe.

E.

C.1 Circuit description

Fig. 20 shows the circuit diagram. The circuit of single transistor stages is similar to paragraph B.1. The transistors operate in parallel circuit but are separately DC supplied. All trim-capacitors are ceramic-air dielectric types because of the high rf power level. In- and outputmatching is realized by a quartwave double transmissionline. Fig. 21 shows the part placement on pcb and Fig. 21a the pcb itself. Fig. 22 shows the finished PA.

D.

C.2) Der mechanische Aufbau

Der mechanische Aufbau geht aus dem Foto Fig. 22 hervor. Das Gehäuse (beschrieben in Punkt A.2) ist bereits für diese Endstufe konzipiert worden. Die Montage der Trimm Kondensatoren geht aus Punkt B.2 und Fig. 18a hervor.

D.

B.3) Abgleich und Inbetriebnahme

Der Abgleich und die Inbetriebnahme entsprechen weitgehend dem Punkt A.3 mit der Ausnahme, daß der Gesamtruhestrom auf etwa 350 mA eingestellt wird, und die hinzugekommenen Trimm Kondensatoren CE1a und CE2a wechselseitig mit abgeglichen werden.

E.

B.3) First time operation

The alignment procedure is similar to paragraph A.3 except the Iq of T1 is adjusted to abt. 350 mA and

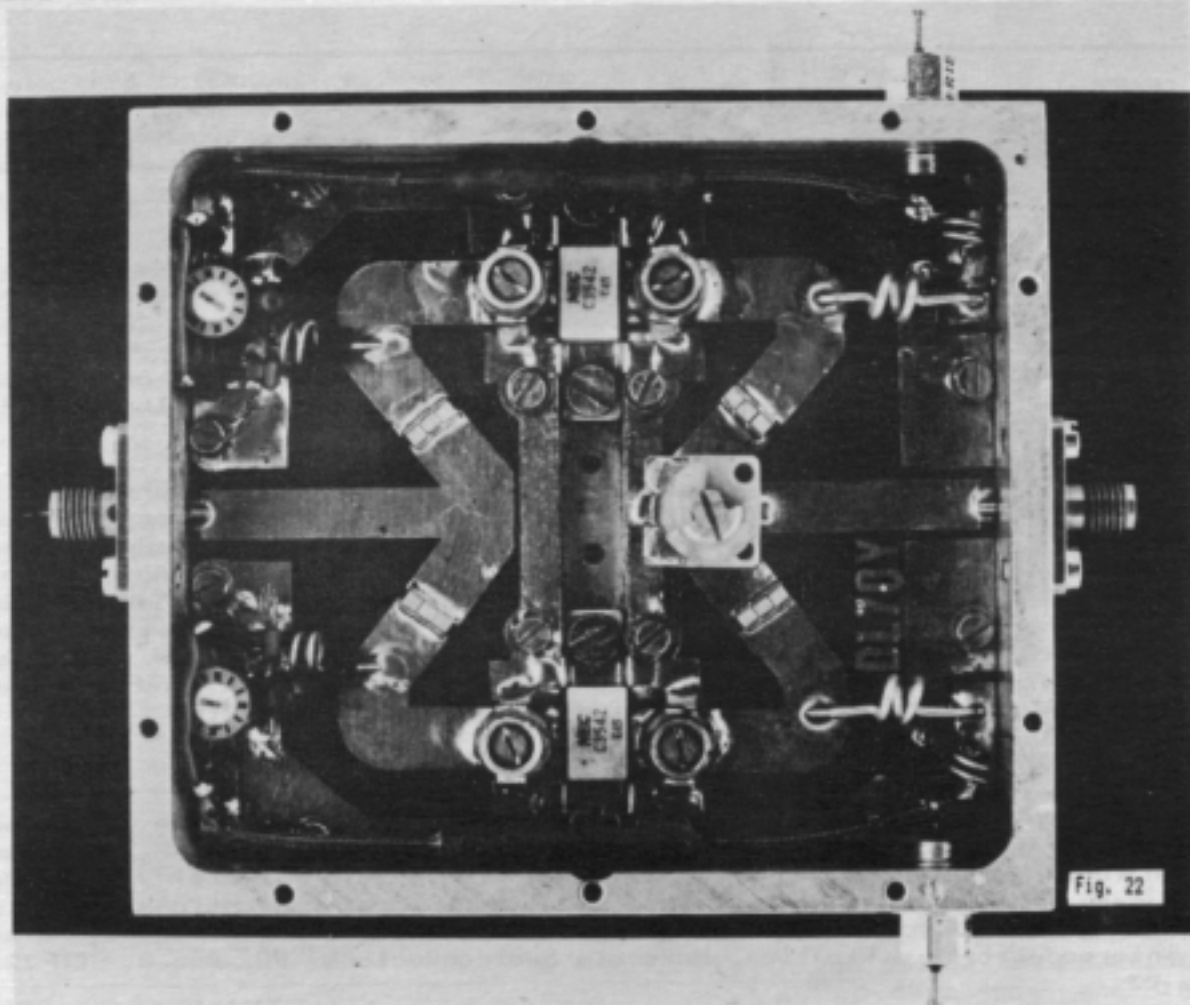


Fig. 22

C.3) Inbetriebnahme und Abgleich

Zuerst wird der Verstärker koaxial im Ein- und Ausgang abgeschlossen. Dann werden die Ruhestrome getrennt eingestellt. Jeder Transistor etwa auf 350mA (inkl. Querstrom durch RE1 und R2). Treiberleistung von 4-8W einschalten und mit CE1 und CE2 auf größten Kollektorstrom einstellen, anschließend mit CE3, CE4 und CE5 auf maximale Ausgangsleistung abgleichen.

C.3) First-time operation

Measurement results. Meßergebnisse PA 2x NEL 132001 Class AB 0.5A Iq.					
U _B VCC	Eingangsleistung Input PWR	Ausgangsleistung Output PWR	Verstärkung Gain	Wirkungsgrad Efficiency	I _c Ic
13.5V	5.0 W	25.0 W	7.0 dB	37 %	5.00 A
13.5V	8.0 W	30.2 W	5.0 dB	36 %	6.20 A
15.0V	8.0 W	34.5 W	Grenzdaten/absolute maximum rates 7.50 A		

First terminate 50 Ohm at in- and output. Adjust the I_q's separately at each transistor to 350 mA (incl. the current through RE1 and R2). Connect drive power of 4-8W rf and adjust CE1 and CE2 for max Collector current, then optimize for max rf output by adjusting CE1, CE4 and CE5.

Tab. 23

Bezugsquellen/components references:

Sky PTFE Trikos a DM 1,70. 1-10pF Ker./Luft Trikos a DM 20,50. DF-filter Erie a DM 9,90. BNC, SMA oder N Flanschbuchse a DM 12,50. PCB's/Platinen pro Stück DM 11,40 each, NEL1306 =DM 119.90, NEL1320 =DM 190.40, milled alubox drilled and tapped/gefrästes Alugehäuse gebohrt + alle Gewinde DM 80,00; undrilled DM 45,60. Kühlkörper/heatsink SK08 130mm DM 11,40. Alle Preise incl Mehrwertsteuer + Porto u. Versandkosten. All prices inclu. tax (14% in DL)+ package and postage. Fa. R. Metzger, Stettiner Str. 8, D-7180 Crailsheim.