

Zwei-Platinentransverter für das 9cm Band
Two PCBoard Transverter for the 9cm Band

von W. Schneider, DD2EK, Brachtstr. 17, D-4000 Düsseldorf.

D.: 1.) Einführung:

D.: Nachfolgend ist ein einfaches und kompaktes Transverterkonzept für das 9cm-Band beschrieben. Anhand verschiedener Veröffentlichungen in der Amateurfunkliteratur wurde ein Transverter entwickelt, der ein 144 MHz-Signal auf 3456 MHz umsetzt.

Der Transverter ist in zwei Baugruppen realisiert. Die erste bildet die Frequenzaufbereitung, desweiteren sind Mischer, Filter und Verstärkerstufen zu einer weiteren Einheit zusammengefaßt. Das Blockschaltbild Abb.1 gibt einen Systemüberblick.

E.: 1.) Introduction:

In this article a simple and compact transverter concept for 3456 MHz (144 MHz IF) is described. The TRV contains two units, once the LO and twice the mixer, filter and amplifier (TX and RX) section. Below the block circuit diagram is shown in Fig. 1.

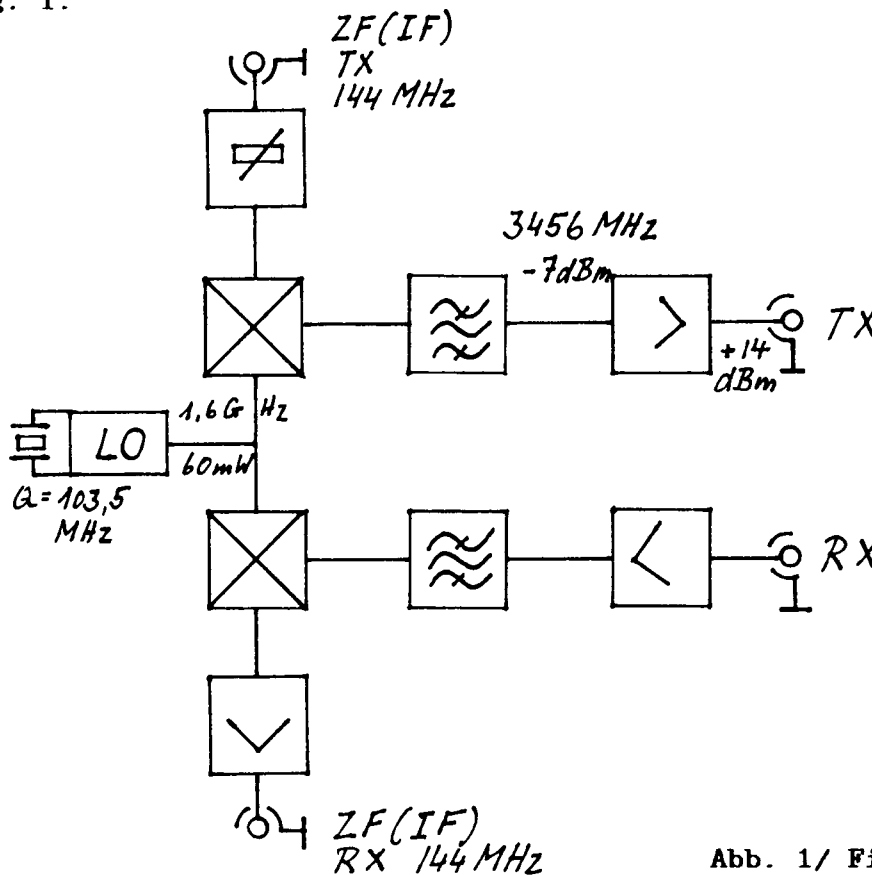


Abb. 1/ Fig. 1

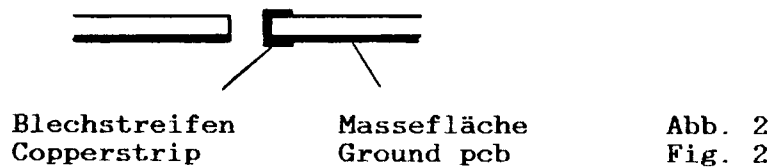
D.: 2.) Frequenzaufbereitung für 1.6 GHz:

Die Frequenzaufbereitung besteht aus einem Quarz-Oszillator (U310), vier Verdopplern (BFW92, 3xBFR34a) und einem Kleinleistungsverstärker BFR96. Um die Ausgangsfrequenz von 1.656 GHz zu erreichen, wird von einem Quarz auf 103.5 MHz ausgegangen. Die Frequenzaufbereitung ist auf einer Epoxyd-Platine mit den Abmessungen 74x148mm und einer Dicke von 1.57mm aufgebaut. Die Bauteile und deren spezielle Einbaumethoden sind aus dem Schaltbild Abb.5 und den entsprechenden Zeichnungen zu entnehmen. Die Baugruppe wird in ein Gehäuse von 50mm Höhe eingebaut (Massefläche rundherum verlöten). Bei der Bestückung der Platine ist auf einen sorgfältigen Einbau der Bauteile zu achten. Die

Emitteranschlüsse der Transistoren sind möglichst kurz mit der Massefläche zu verbinden. Dies geschieht am besten durch einen kurzen Blechstreifen (siehe dazu nachfolgende Abb.2).

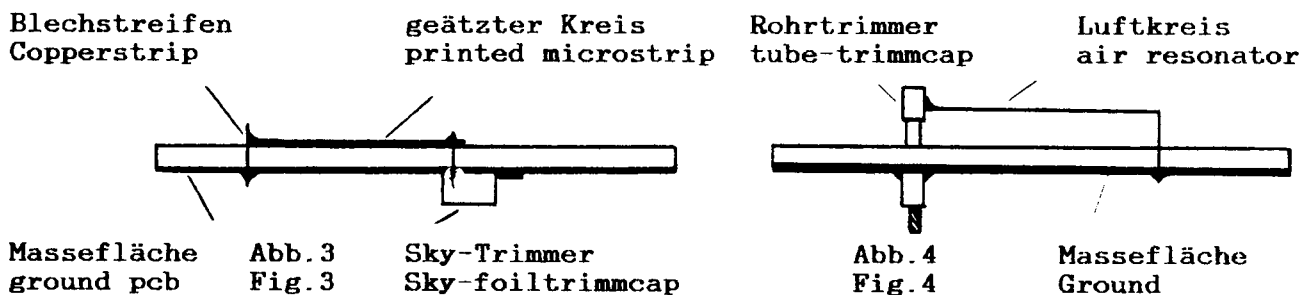
E.: 2.) Local Oscillator 1.6 GHz/60mW:

The LO contains the crystal-oscillator, itself on 103.5 MHz followed by four doublers (BFW92, 3xBFR34a) and the final amplifier BFR96 at 1656 MHz. The circuit is built onto a epoxy pcb of 74x148mm size and 1.57mm strength. The parts and their placement can be taken from the circuit diagram Fig.5 and the additional drawings. The prepared pcb is soldered into a frame of 50mm high (the groundside of pcb is soldered around inside of the frame). Throughcontacting especially of the transistor emitter leads is made as shown in Fig.2.



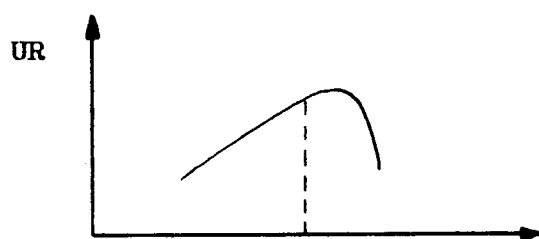
D.: Nachfolgend ist die Montage der Trimmer (Abb. 3) und die Masseverbindung der geätzten Kreise dargestellt (Abb. 4).

E.: Fig. 3 shows the assembling of the trimmcaps and Fig. 4 show the grounding of the printed microstrips on pcb.



D.: 3.) Oszillator-Abgleich:

Nach vollständiger Bestückung und Einbau in ein Gehäuse (Weißblech) kann mit dem Abgleich begonnen werden. Zuerst wird am 270 Ohm Widerstand in der Source-Leitung des U310 kontrolliert, ob die Stufe arbeitet. Anschließend ist der Oszillator zum Schwingen zu bringen. Am 100 Ohm Widerstand zwischen dem Spannungsregler und dem Kollektor des BFW92 ist ein Voltmeter anzuschließen. Hier wird ein kleiner Spannungsabfall von ca. 30mV sein, verursacht durch den Basisspannungsteiler des dritten Transistors. Nun wird der Kern von L1 gedreht bis sich eine sprunghafte Steigerung zeigt (0.3V). Der Spulenkern muß ein wenig aus dem Maximum gestellt werden, um später ein sicheres Anschwingen zu gewährleisten. Siehe dazu folgende Kennlinie in Abb. 6 (Spannung über Stellung des Kerns).



Stellung Spulenkern/ Position of coilcore Abb. 6/ Fig. 6

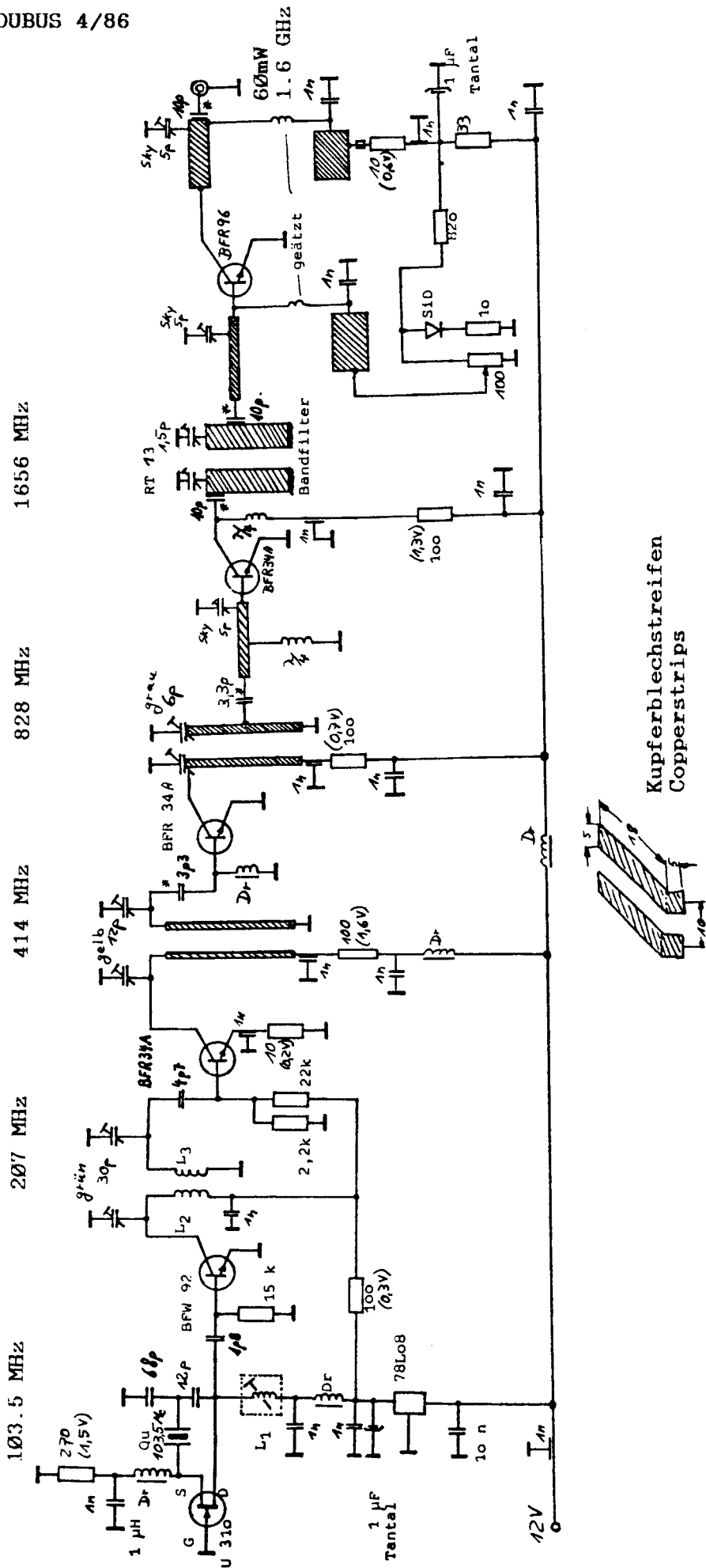


Abb. 5/ Fig. 5 Frequenzaufbereitung 1.6 GHz
Local Oscillator 1.6 GHz

Abb. 5/ Fig. 5

- L1: NEOSID bl/br
- L2/3: 1.5Wdg 5mm (Draht 1mm)
- DR: 1.5sturn 5mm (wire 1mm)
- DR: Ø.47 uH (rf-choke)
- * : Chipcapacitors without leads
- Chip/Trapezkondensatoren ohne Anschlußdrähte

Mit Hilfe eines Frequenzzählers oder eines Radios, bzw. Tuners mit digitaler Frequenzanzeige kann kontrolliert werden, ob der Oszillator auf der Quarzfrequenz schwingt. Der Abgleich der Verdopplerstufe nach 207 MHz vollzieht sich ähnlich. Hierzu wird entweder der Spannungsabfall am 10 Ohm Widerstand in der Emitterleitung oder am 100 Ohm Widerstand in der Kollektorleitung des BFR34a gemessen. Die beiden 30pF Folientrimmer (grün) sind wechselseitig auf maximalen Spannungsabfall an den o.g. Widerständen abzustimmen. Die Kreise zeigen eine ausgeprägte Resonanz. Es besteht auch die Möglichkeit, ein empfindliches Milliwattmeter lose an die jeweiligen Kreise anzukoppeln und damit auf Maximum abzugleichen, jedoch ist zu beachten, daß sich durch die Belastung (Ankopp- lung) die Resonanzfrequenz des Schwingkreises leicht verschiebt. Die nachfol- genden Stufen werden ebenso abgeglichen. Mit der vorgegebenen Bestückung wird eine Ausgangsleistung von 60-80mW erreicht. Die Frequenz von 1.656 GHz kann mit einem Frequenzzähler oder besser noch mit einem Resonanzfrequenzmesser nachgewiesen werden. Meßmittel wie Milliwattmeter und Resonanzfrequenzmesser sind, falls nicht vorhanden, relativ einfach aufzubauen. Bauvorschläge finden sich in einschlägigen Veröffentlichungen.

E.: 3.) LO adjustments:

First, the crystal oscillator is checked for proper oscillation. This can be done by measuring the voltage over the drainresistor of the oscillatortransistor U310 (100 Ohm). Turning the core of L1, the DC voltage over the a.m. resistor will dip from 30mV to 0.3V. Move the position a bit away from the maximum to be sure that the oscillator starts clean oscillating after a switch off (See Fig. 6). The adjustment of the first doubler to 207 MHz is done in a similar way. The DC voltage over the emitter or collectorresistor is measured and maximized by the adjustment of the two 30 pF trimmings (green). The follo- wing stages are aligned in the same manner as the doubler before up to the pa stage where 60-80mW rf power can be expected at 1656 MHz when using the recommended parts. To be sure that the pa resonator is tuned to the wanted harmonic, a frequency counter or a resonance-frequency-meter can be used.

D.: 4.) Mischer und ZF-Verstärker:

Die Mischer für Sender und Empfänger sind sogenannte Subharmonic-Mixer. Dieser Mischer bietet den großen Vorteil, daß er mit der halben Oszillatorfrequenz auskommt. Gegenüber anderen Typen (z.B. Ringhybrid) ist jedoch eine höhere Oszillatorleistung erforderlich. In Abb. 7 ist der prinzipielle Aufbau des Mixers dargestellt.

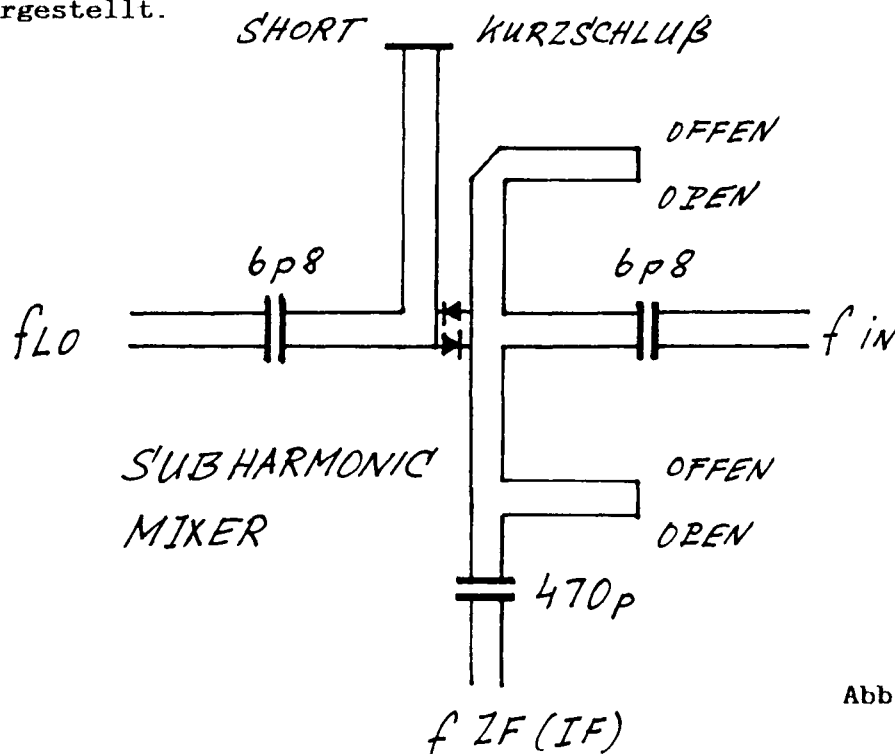


Abb. 7/ Fig. 7

Die LO-Frequenz von 1656 MHz wird über einen Leistungsteiler den beiden Mischern mit je zwei Dioden des Typs BA481 zugeführt. Ansonsten bietet die Schaltung der Mischer und des ZF-Vorverstärkers keinerlei Besonderheiten. Die erforderlichen Bauteile können dem Schaltbild entnommen werden. Die Mischerplatine ist aus Epoxyd-Material der Stärke 1.57 mm und hat eine Größe von 90x100 mm. Beim Aufbau ist darauf zu achten, daß die Anschlußdrähte der beiden antiparallel geschalteten Dioden so kurz wie möglich gehalten werden. Dazu sägt man am besten ein kleines Loch in die Platine und legt die Dioden ein.

E.: Mixer and IF-amplifier:

As mixer a subharmonic type is used. The advantage is that only the half of the needed LO frequency has to be generated but the mixer must be driven by more power as i.e. a ringhybrid mixer. The principle of subharmonic mixer is shown in Fig. 7. The LO power is divided for driving once the RX mixer and twice the TX mixer which are separated on the pcb. BA481 diodes are used anti parallel each two in every mixer. The pcb is made from epoxy 1.57 mm thick with a size of 90x100 mm. The leads of the mixer diodes should be as short as possible soldered to the stripline on pcb. A small hole between the strips is recommended wherein the diodes are placed.

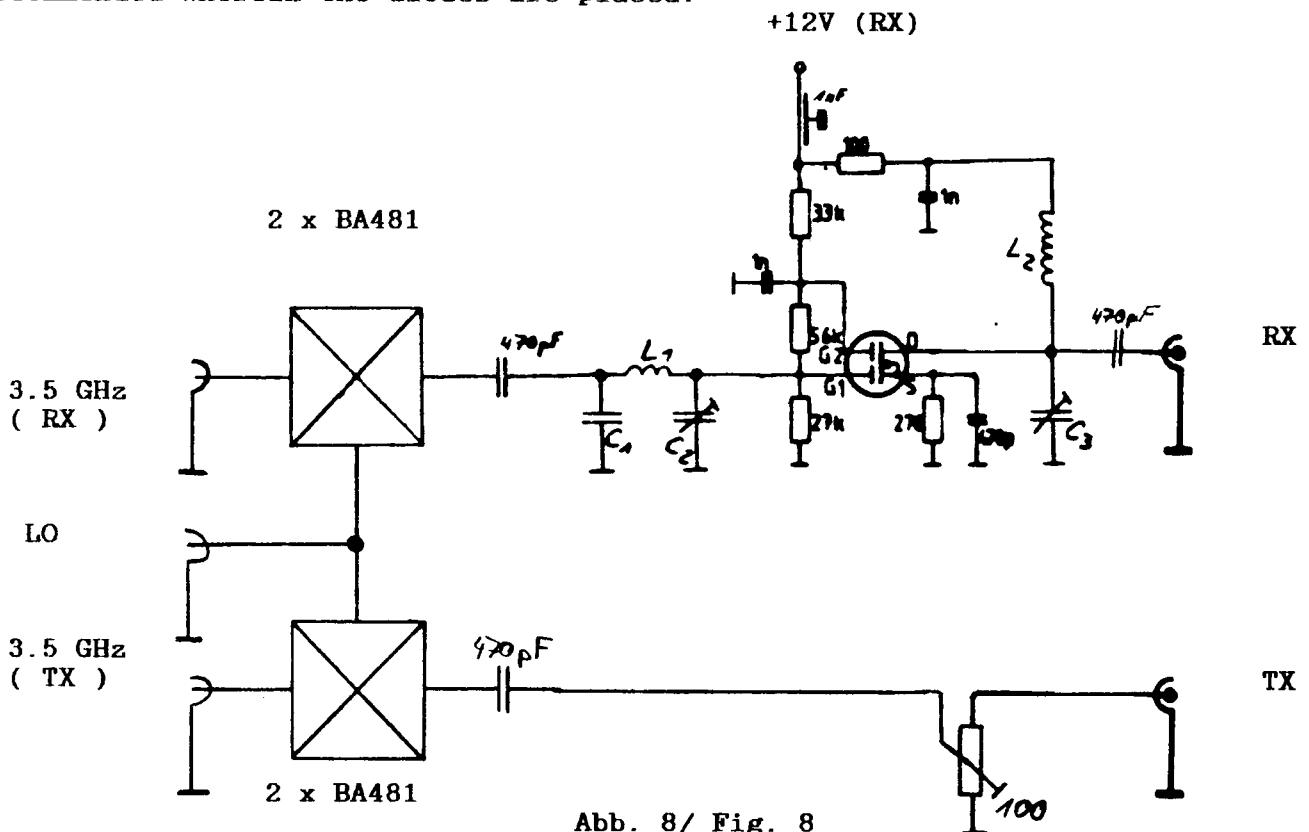
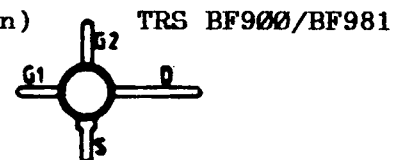


Abb. 8/ Fig. 8

- C1: 22pF/ C2:4-30pF (grün/green)/ C3:4-30pF (grün/green)
- L1: 3 Wdg, 6mm, Draht 1mm/ 3 turn, 6mm, 1mm wire
- L2: 5 Wdg, 6mm, Draht 1mm/ 5 turn, 6mm, 1mm wire



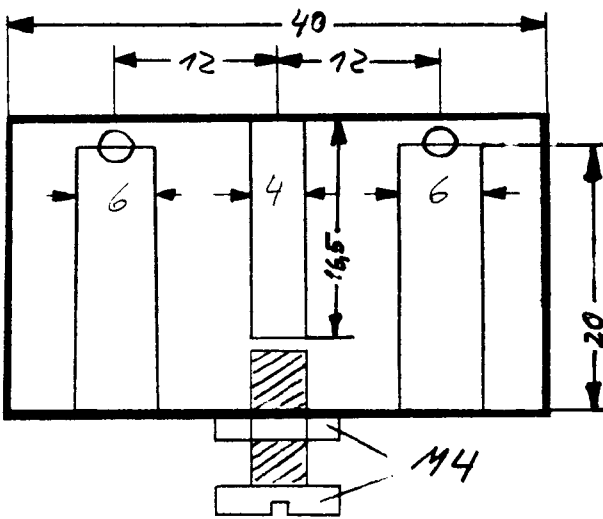
D.: 5.) Bandpaßfilter 3456 MHz:

Die beiden Filter werden aus einem Stück Hohlleiter für das X-Band (R100, WR90, WG16) gefertigt. Die Ausführung mit nur einem abstimmbaren Kreis weist bereits derartig gute Werte auf, daß sogar der Betrieb mit einer nachgeschalteten TWTa problemlos möglich ist. Die drei Finger des Filters bestehen aus Kupfer bzw. Messing (Vollmaterial oder Rohr). Zur Ein- und Auskopplung ist je ein 4mm Loch in den Hohlleiter gebohrt, durch die das Signal mit einem Stückchen vers. Kupferdraht (1 mm) auf die Platine gebracht

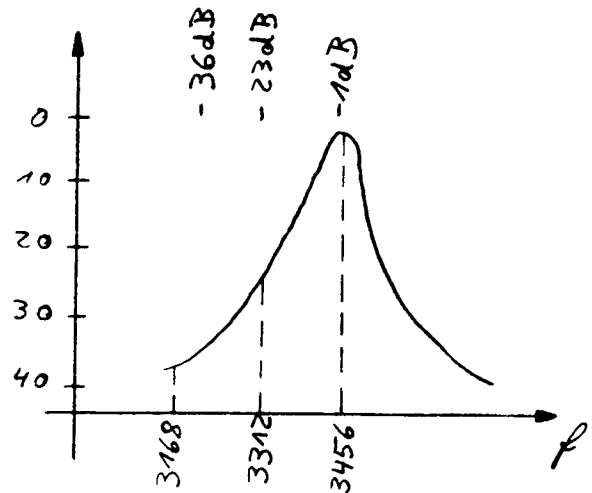
wird. Im fertigen Aufbau sind die Filter mit der Massefläche der Platine verlötet.

E.: 5.) Bandpassfilter 3456 MHz:

The three-pole fingerfilters (both for RX and TX) are made from a piece x-band waveguide such as R100, WR90, WG16. The performance of this filter is such as good that a TWTA can be driven without problems by the TRV, even if only one resonator is adjustable. The resonators are made from brass or coppertubes. As coupling to the strips on pcb, 4mm holes are drilled into the wall of waveguide where a piece of CuAg 1mm diam connecting through the wall from the hot point of resonators to the strips. The wave guide finally is soldered to the ground on pcb.



Hohlleiter/ Waveguide
Abb. 9/ Fig. 9



Durchlaßkurve/ frequency response
Abb. 10/ Fig. 10

D.: 6.) GaAs FET Verstärker:

Die beiden Verstärkerstufen sind auf PTFE (Ø.79mm) aufgebaut. Das Platinenlayout ist für den Sende- und Empfangszweig gleich, lediglich die Einstellung der Ruheströme und somit die Dimensionierung der Drainwiderstände ist unterschiedlich. Ein Berechnungsbeispiel für den Mustersaufbau ist nachfolgend beschrieben. Folgende Transistorbestückung ist möglich: CFY 13/14/19, MGF 1400/1402/1412.

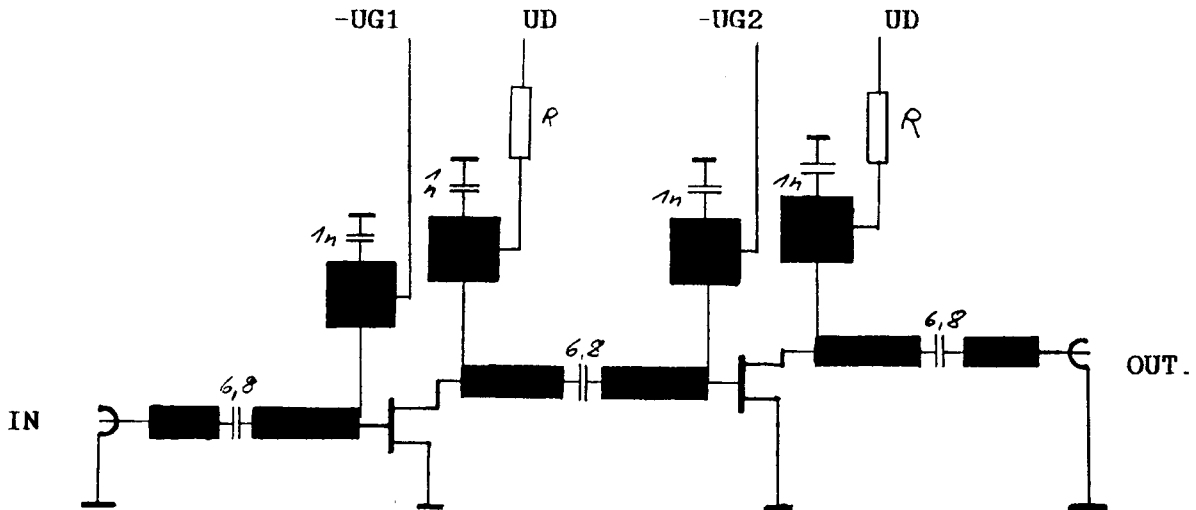


Abb. 11/ Fig. 11

Berechnungsbeispiel für den Drainwiderstand: Beim Verstärker für den Sendezweig müssen beide Transistoren auf maximale Verstärkung eingestellt werden. Im Musteraufbau wurde als erster GaAs-FET ein MGF1402 und als zweiter ein CFY13 eingesetzt.

Dimensionierung: Der Festspannungsregler liefert: 4.87V
 Example: The voltage regulator delivers : 4.87V

MGF1402: lt. Datenblatt (max. Gain)	*	CFY 13: lt. Datenblatt (max. Gain)
UDS = 3V / ID = 50 mA	*	UDS = 4V / ID = 50 mA
	*	
$R = \frac{4.87V - 3V}{0.05A} = 37.4 \text{ Ohm}$	*	$R = \frac{4.87V - 4V}{0.05A} = 17.4 \text{ Ohm}$
	*	

Beim Verstärker für den Empfangszweig muß der erste Transistor auf minimales Rauschen und der zweite auf maximale Verstärkung eingestellt werden. Im Musteraufbau sind als erster GaAs-FET ein MGF1412 und als zweiter ein CFY13 eingesetzt.

MGF1412: lt. Datenblatt (min. Noise)	*	CFY 13: lt. Datenblatt (max. Gain)
UDS = 3V / ID = 20 mA	*	UDS = 4V / ID = 50 mA
	*	
$R = \frac{4.73V - 3V}{0.02A} = 86.5 \text{ Ohm}$	*	$R = \frac{4.73V - 4V}{0.05A} = 14.6 \text{ Ohm}$
	*	

E.: 6.) GaAs-FET amplifler:

A similar two stage GaAs-FET amplifler is used in the TX path as well as in the RX path as front end. Only the quiescent currents differ from each other and the drain resistors. The circuit diagram of the amplifler is shown in Fig. 11. A calculation example for the drain resistors dimension depends on which type of GaAs-FET is used (see above). The TX path needs maximum gain, the RX path needs minimum noise in the first stage and max. gain in the followed.

D.: 7.) Spannungsversorgung und ZF-Umschaltung:

Zum Betrieb der GaAs-FET Verstärker ist u.a. eine negative Spannungsversorgung erforderlich. Die Drainspannungen werden mit zwei Spannungsreglern vom Typ 7805 erzeugt und zwar getrennt für den Sende- und Empfangsverstärker. Die negative Spannung wird mit einem Timer (NE555) und einem Festspannungsregler 7905 aus der 12V-Spannung gewonnen (Abb.12). Jede Gate-Spannung ist getrennt einstellbar. Das Relais für die Sende/Empfangsumschaltung ist nach Anlegen der Betriebsspannung angezogen und wird in Abhängigkeit der RX-Spannung geschaltet. Beim Betätigen der PTT fällt das Relais ab und schaltet den Sendezweig durch. Durch diese Schaltung ist sichergestellt, daß keine HF auf den ZF-Vorverstärker gelangen kann, falls noch keine Betriebsspannung am Transverter anliegt.

E.: Power supply and IF switch (PTT):

The GaAs-FET amplifler needs a negative gate voltage additional to its positive drain voltage. The minus DC-voltage is generated by using a timer (NE555), supplied from the positive 12VDC and stabilized by a negative voltage regulator 7905. The positive supplyvoltage for the GaAs-FET's is stabilized for the RX and TX path by a common voltage regulator typed 7805. The gate voltages are taken from the 5 kOhm pots for each GaAs-FET separately.

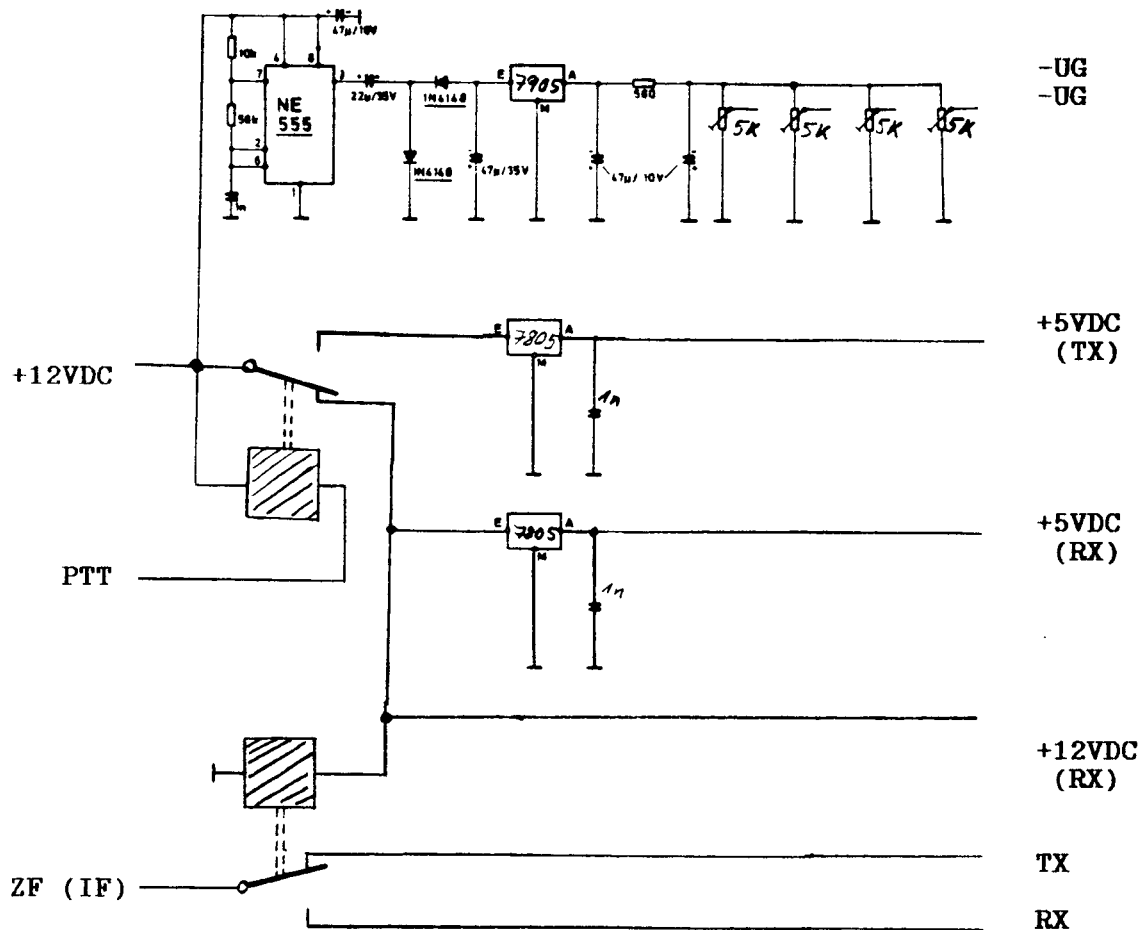


Abb. 12/ Fig. 12

D.: 8.) Aufbau und Abgleich:

Nach dem Zuschneiden und Bestücken der 4 Platinen (Spannungsversorgung, Mischer, Sende- und Empfangsverstärker) müssen diese zusammen genau Europakartenformat (100x160mm) ergeben. Jetzt kann das Gehäuse vorgebohrt, die Buchsen und Durchführungs-C's eingebaut und die Mischerplatine mitsamt der Spannungsversorgung eingelötet werden. Dieser Teil wird zuerst in Betrieb genommen und abgeglichen. Im Sendezweig wird lediglich das Filter in Resonanz gebracht und der ZF-Pegel auf maximale Ausgangsleistung eingestellt. Dazu schließt man ein Milliwattmeter am Ausgang des Sendemischers an. Der Musteraufbau lieferte 200 uW bei einem 2m-Signal von 20 mW. Zum Abgleich des Empfangsmischers wird das 144MHz-Signal auf den Mischer gekoppelt (Koppel-C zum ZF-Verstärker ablöten!), und das Filter abgestimmt. Beim Aufbau der GaAs-FET Verstärker ist auf eine gute Massekontaktierung zu achten, es bieten sich verschiedene Möglichkeiten an:

Blechstreifen/ Copperstrip



GaAs-FET Masse/ Ground



Abb. 13b/ Fig. 13b

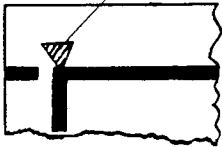


Abb. 13c/ Fig. 13c

- a) In die Platine werden Schlitz gesägt und je ein kleiner Blechstreifen eingesetzt, der unten mit Masse und oben mit den "Sourcebeinchen" verlötet wird.
- b) Für den Masseanschluß werden zwei kleine Blechstreifen in das Loch gelegt, abgewinkelt und entsprechend mit Masse und Source verlötet.
- c) Diese Methode eignet sich für die MGF-Typen. Die Source-Anschlüsse werden abgeschnitten, und der vergoldete Deckel des Transistors wird mit einer von

unten aufgebracht düssen Scheibe verlötet.

Aufgelötete Blechfähnchen/ soldered copperstrip



Nach dem Einbau der Platinen und dem Einstellen der jeweiligen Ruhestrome, müssen die Verstärker ohne weiteren Abgleich funktionieren. Möglicherweise kann die jeweilige Stufe durch kleine Blechfähnchen optimiert werden.

Der Sendeverstärker brachte nach Aufbau gemäß der berechneten Dimensionierung und Einstellen der dem Datenblatt entnommenen Drainströme bei $P_{in}=200\mu W$ $P_{out}=24mW$ eine Verstärkung von 20.8dB. Ein Optimierungssversuch mit den Kupferfähnchen ergab eine Steigerung um 0.7dB, darauf wurde dann verzichtet. Ein Versuch in dieser Richtung lohnt sich auf jeden Fall, denn je nach Transistorbestückung ist ein gewisser Abgleich erforderlich. Abschließend wurden noch die Ruhestrome auf maximale Ausgangsleistung eingestellt. Folgende Werte stellten sich ein: $P_{in}=200\mu W$ $P_{out}=28mW$ was einer Verstärkung von 21.5dB entspricht. Beim Empfangsverstärker ergaben sich nach Ansteuerung durch das Sendesignal ähnliche Werte. Hier war im Musteraufbau ebenfalls kein Abgleich erforderlich.

E.: 8.) Construction and adjustments:

After preparation of the four boards (power supply, mixer, TX and RX amplifier), the holes and feedthroughcapacitors are assembled into the frame. Now, first the mixer pcb is soldered into the frame. This unit is tested and aligned first. A driving power of 20mW at 144MHz is applied to the TX mixer together with the LO signal. A milliwatt-rf-meter is connected to the output termination of the filter and now the filter is adjusted to maximum output at 3456 MHz, 200uW can be expected. The RX-filter is adjusted on the same way, but first disconnect the coupling-C from the IF-amplifier FET. When assembling the GaAs-FET on the amplifier-boards, shorten the leads of FET'S as short as possible. Several ways of soldering the FET'S are shown in Fig. 13a-c. After soldering the boards into the frame, the quiescent currents of the 4 stages are adjusted. Small rf improvements can be achieved by varying of a piece of copperstrip soldered on the striplines (See Fig. 14. The TX amplifier was measured as follows: $P_{in}=200\mu W$ $P_{out}=24mW =20.8dB$. After optimizing by the a.m. copperstrips the result was: $P_{in}=200\mu W$ $P_{out}=28mW =21.5dB$. The measurement results of the RX-amplifier were similar to the TX-amplifier.

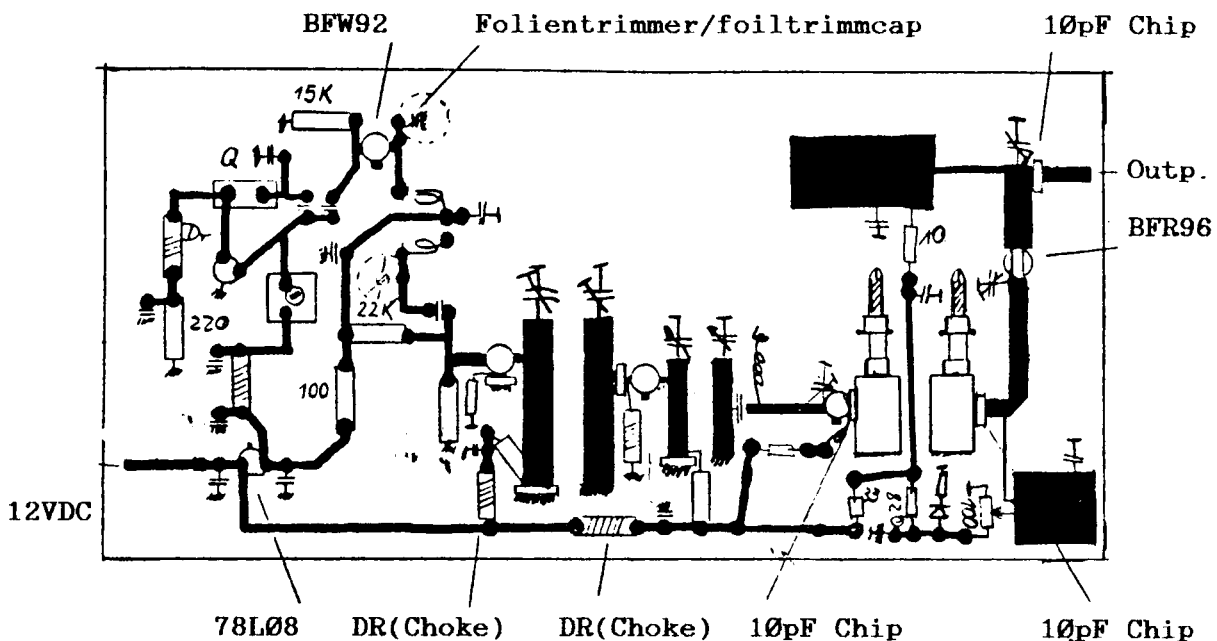


Abb. 15/ Fig.15 Frequenzaufbereitung/ Local Oscillator

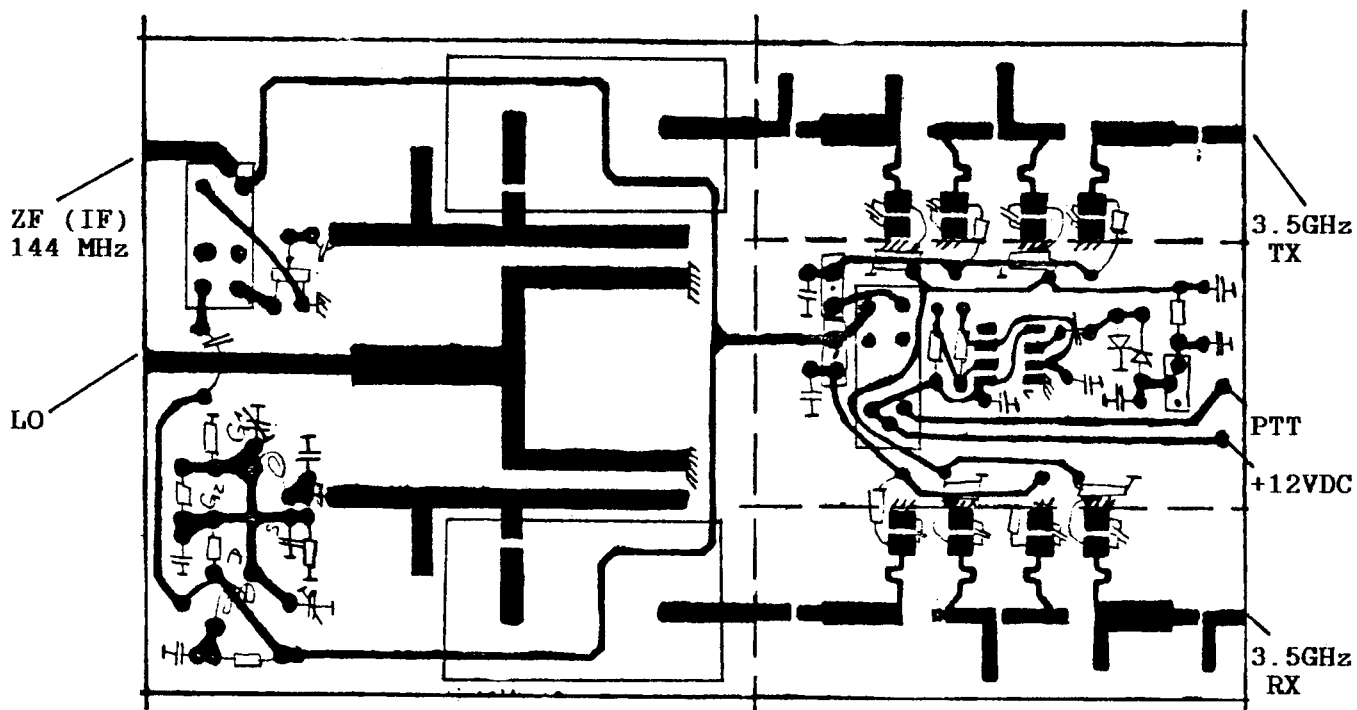


Abb. 17 Mischer, Verstärker, Spannungsversorgung
 Fig. 17 Mixer, amplifier, powersupply

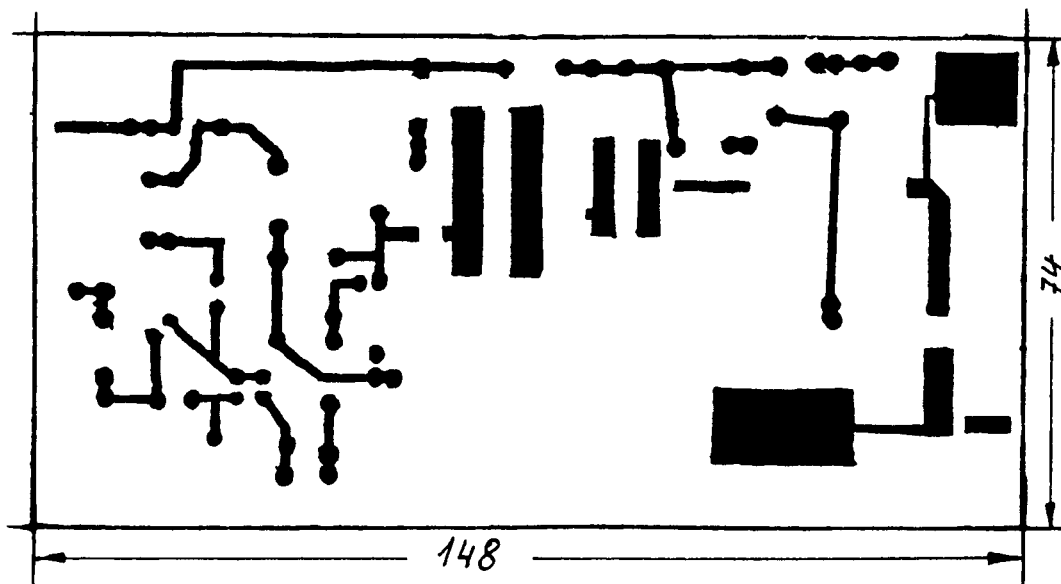


Abb. 18a Oszillator Platine Epoxy 1.57mm /Fig. 18a LO board epoxy 1.57mm

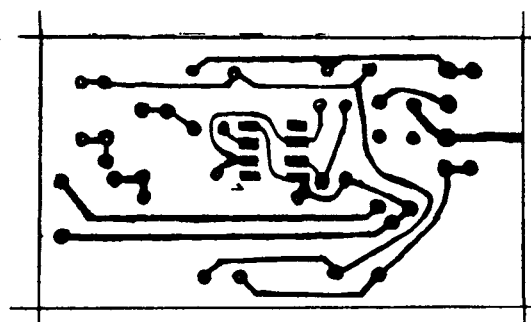
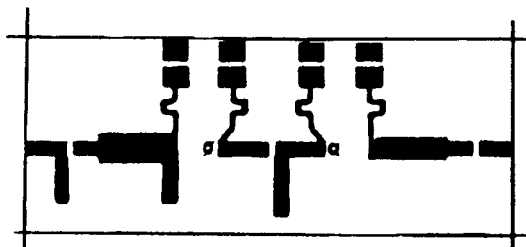
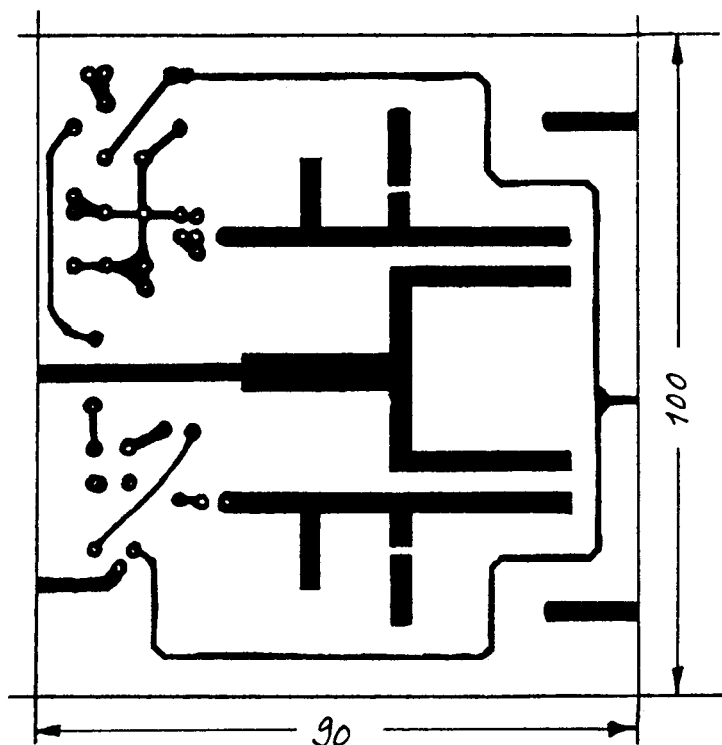


Abb.18b/ Fig.18b Verstärkerplatine
 amplifier pcb

Abb.18c/ Fig.18c Spannungsversorgung
 power supply pcb

Abb. 18d Mischerplatine
TX und RX

Fig. 18d Mixer pcb
TX and RX



D.: 9.) Stationskonzept:

Die Ausgangsleistung von ca. 20mW ist für den praktischen Funkbetrieb relativ gering, jedoch für erste Erfahrungen und Tests im 9cm-Band ausreichend. Zur weiteren Verstärkung des 3.5 GHz-Signals bietet sich neben teuren Transistor- und schwer erhältlichen Wanderfeldröhrenverstärkern (TWTA's) ein Aufbau mit der Röhre YD1060 an. Mit zwei hintereinander geschalteten Stufen werden 5W erzielt, womit eine angemessene Leistung zur Verfügung steht. Eine diesbezügliche Baubeschreibung findet sich in der Amateurfunkliteratur.

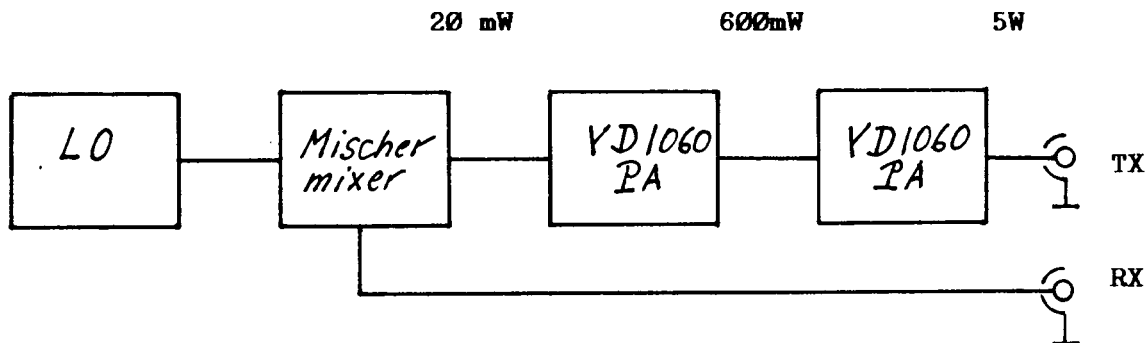


Abb. 19/ Fig. 19

E.: 9.) Conclusion:

The outputpower of 20mW may be too low for getting success in DX-QSO's, but it is enough for collecting first experiences on the 9cm-band. Alternative to expensive TWTA's or transistor poweramplifier, one or two stages using tubes typed YD1060 will generate 0.6 repetitive 5W rf which is a resonable power for DX'ing on the 9cm band.

Literature: SHF-Amateur
UKW-Bereichte
DUBUS-Informationen für UKW Amateure.