

Ein Transverter für das 6-m-Band

Holger Eckardt, DF2FQ, Danziger Straße 17, 6453 Seligenstadt

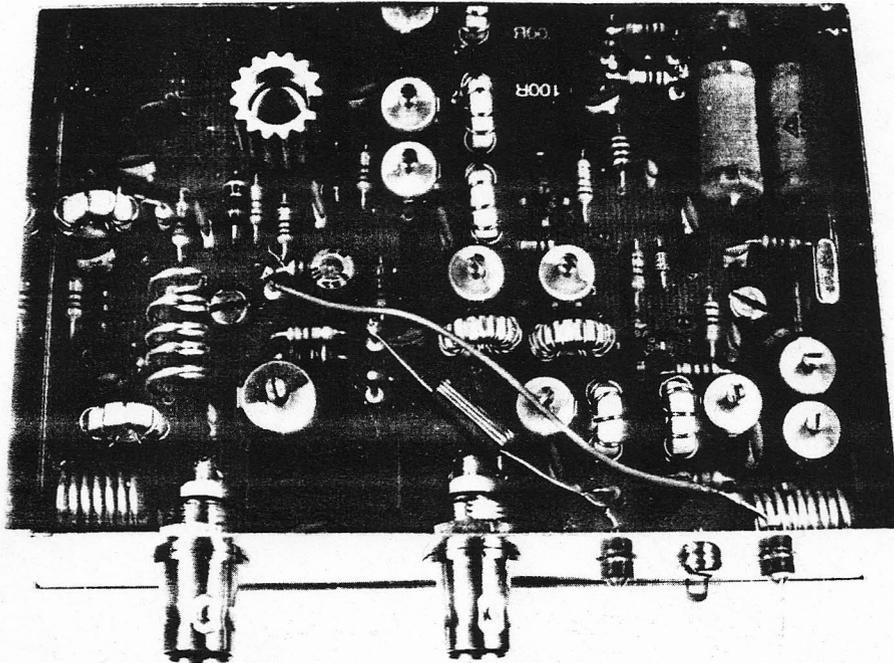


Abb. 1: Labormuster des 6-m-Transverters.

Nachdem das 6-m-Band jetzt auch in DL zumindest eingeschränkt für den Amateurfunk freigegeben ist und die Hoffnung besteht, daß dies auch für die nächste Zeit so bleibt, erfreut sich dieser Frequenzbereich wachsender Beliebtheit.

Nun ist es nicht jedermanns Sache, gleich einen kompletten 6-m-Transceiver zu erstehen, solange man noch nicht weiß, ob es sich die Post nicht doch noch anders überlegt mit der Freigabe. Wie es auch preiswerter geht, zeigt dieser Artikel mit einem Transverter als Selbstbauprojekt.

Man braucht, um das Gerät aufzubauen, keine großen Kenntnisse in der Hochfrequenztechnik; etwas Löterfahrung und eine Grundausstattung an Meßgeräten für den Abgleich sollten allerdings schon vorhanden sein.

Die Schaltung

Abb. 2 zeigt die Schaltung des Transverters. Im Empfangsfall läuft das Signal über das Sende-/Empfangs-Relais und einen Eingangskreis hoher Güte zum Vorstufentransistor T 1. Dieser wird in Gate-Basis-Schaltung betrieben. Diese Betriebsart bietet neben einer einfachen Schaltungstechnik ein hohes Maß an Sicherheit gegenüber Selbsterregung. Im Sendefall wird die Vorstufe mit einer Spannung, die über die Diode D3 zugeführt wird, abgeschaltet.

Auf ein Bandfilter folgt der Mischer T 2. Am Drain des Dual-Gate-FETs wird das ZF-Signal über ein weiteres Bandfilter ausgekoppelt und dem Transceivereingang zugeführt.

Im Sendefall gelangt das Steuersignal vom Transceiver auf zwei parallelgeschaltete, induktionsarme 100-Ohm-Metalloxidwiderstände. Da die maximale Ansteuerleistung des Sendemischers T 4 nur einige Milliwatt beträgt, müssen sie die überschüssige Leistung aufnehmen. Die Steuerleistung darf daher die Belastbarkeitsgrenze der Widerstände nicht überschreiten. Diese beträgt im Falle eines Dauerträgers (z. B. bei FM oder RTTY) 8 Watt. Bei SSB oder CW ist die mittlere Leistung niedriger, aus diesem Grunde darf man hier mit bis zu 15 Watt ansteuern. Die untere Leistungsgrenze liegt bei 10 Milliwatt (s. Kapitel „Abgleich“). Ein 50-MHz-Saug-

kreis unterdrückt Signale, die durch Überkopplungen vom Eingang her kommen.

Das unkritisch gekoppelte Bandfilter L 9/L 10 verbindet als Selektionsglied den Sendemischer Ausgang mit der Treiberstufe T 5. Hier wird das Signal um etwa 15 dB verstärkt, so daß am Kollektor von T 5 400 bis 500 Milliwatt zur Verfügung stehen.

Ein Anpaßnetzwerk transformiert das Signal auf die niederohmige Eingangsimpedanz des PA-Transistors T 6. Der MRF260 ist eigentlich ein 2-m-Typ, daher muß diese Stufe, um Selbsterregung zu vermeiden, mit einer RC-Kombination gegengekoppelt werden. Die Verstärkung beträgt trotzdem noch 13 dB.

Hinter dem sechspoligen Tschebyscheff-Tiefpaß, der für die Ausgangsanpassung und die Oberwellenunterdrückung sorgt, stehen dann etwa 10 Watt Ausgangsleistung zur Verfügung. Ein zusätzlicher Dämpfungspol im Ausgangskreis unterdrückt die erste Oberwelle mit über 60 dB.

Im Oszillator findet eine Colpitts-Schaltung für Quarze mit Parallelresonanz Verwendung. Serienresonanzquarze sind aber auch verwendbar, wenn man die Dimensionierung ändert und eine zusätzliche Spule einfügt (Abb. 2a). Die Betriebsspannung wird über eine Zenerdiode (D 1) stabilisiert.

T 7 schließlich ist für die Sende-/Empfangsumschaltung zuständig. Wird der Anschluß PTT auf Masse gelegt, bekommt der Sendezweig Spannung. Da beim Empfang der gesamte Sendezweig einschließlich PA-Transistor abgeschaltet ist, ist die Stromaufnahme des Transverters in diesem Fall sehr gering.

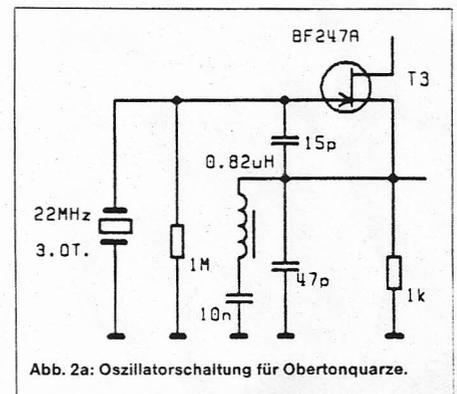


Abb. 2a: Oszillatorschaltung für Obertonquarze.

Aufbau

Der Transverter ist auf einer einseitig kaschierten Leiterplatte der Größe 71 x 109 mm aufgebaut. Bis auf T 6, D 2 und D 3, die sich auf der Leiterbahnseite befinden, und L 7, die frei verdrahtet wird, befinden sich sämtliche Bauteile auf der Karte. Die Schaltung paßt in ein Standard-Weißblechgehäuse 111 x 72 x 30 mm, auf das auch der Kühlkörper montiert wird.

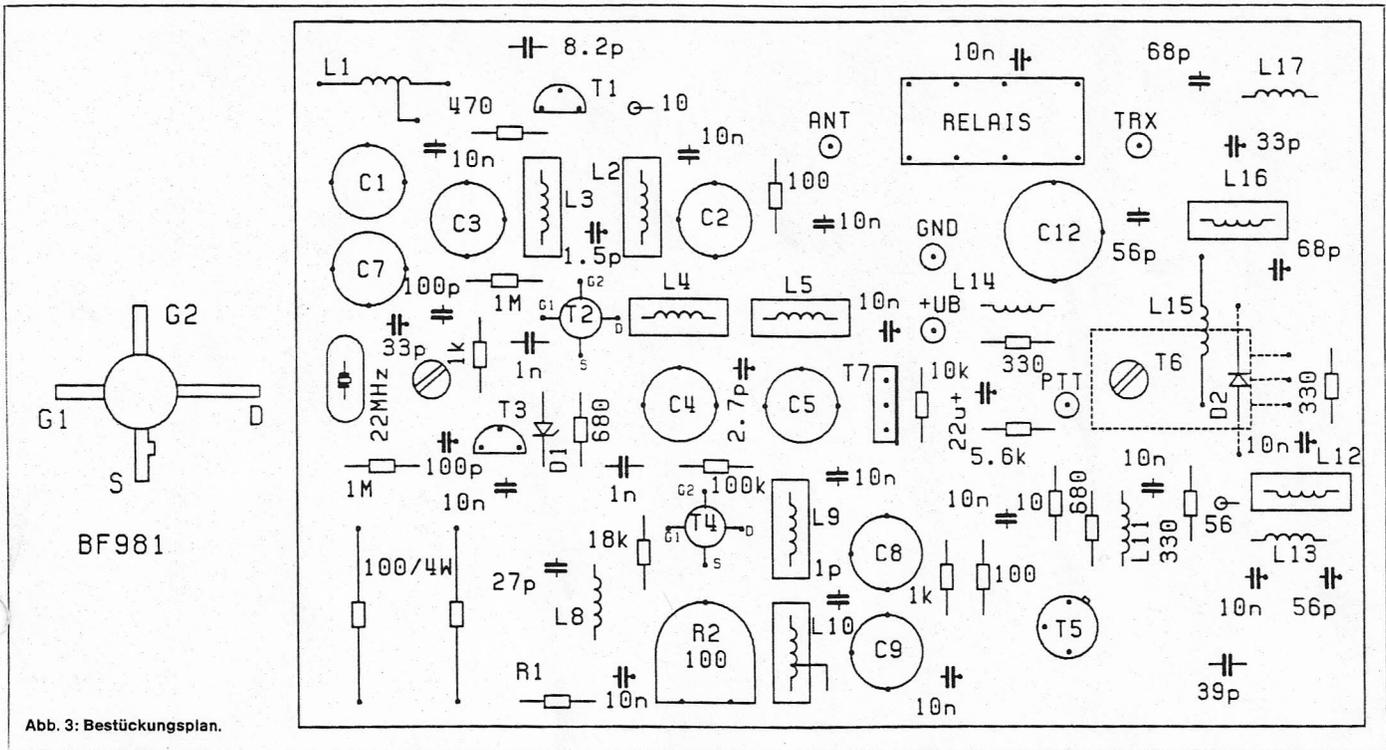


Abb. 3: Bestückungsplan.

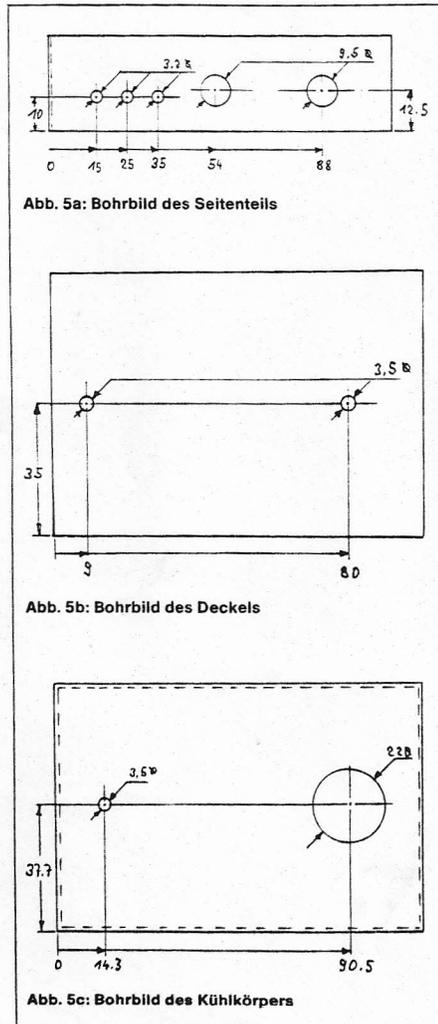


Abb. 5a: Bohrbild des Seitenteils

Abb. 5b: Bohrbild des Deckels

Abb. 5c: Bohrbild des Kühlkörpers

Abb. 3 zeigt den Bestückungsplan, auf Abb. 4 ist das Platinenlayout des Transverters zu sehen, die Abb. 5a bis 5c stellen Zeichnungen von Gehäuse und Kühlkörper dar.

Die Platine wird am besten der Größe der Bauteile nach bestückt, zuerst die Widerstände, dann die Kondensatoren und so weiter, schließlich Trimmer und Spulen.

Zwischen Treibertransistor T 5 und Platine befindet sich eine Montagescheibe,

damit der Aufsteckkühlkörper die umliegenden Bauteile nicht berührt.

T 6 und D 2 werden auf der Leiterbahnseite der Platine aus mit einer kurzen M3-Schraube angeschraubt. In das zweite Befestigungsloch (jenes beim Quarz) kommt auf die gleiche Art ein 6-mm-Stehbolzen. Dann werden die Anschlüsse von D 2 im 15-mm-Abstand abgewinkelt und durch die passenden Bohrungen gesteckt.

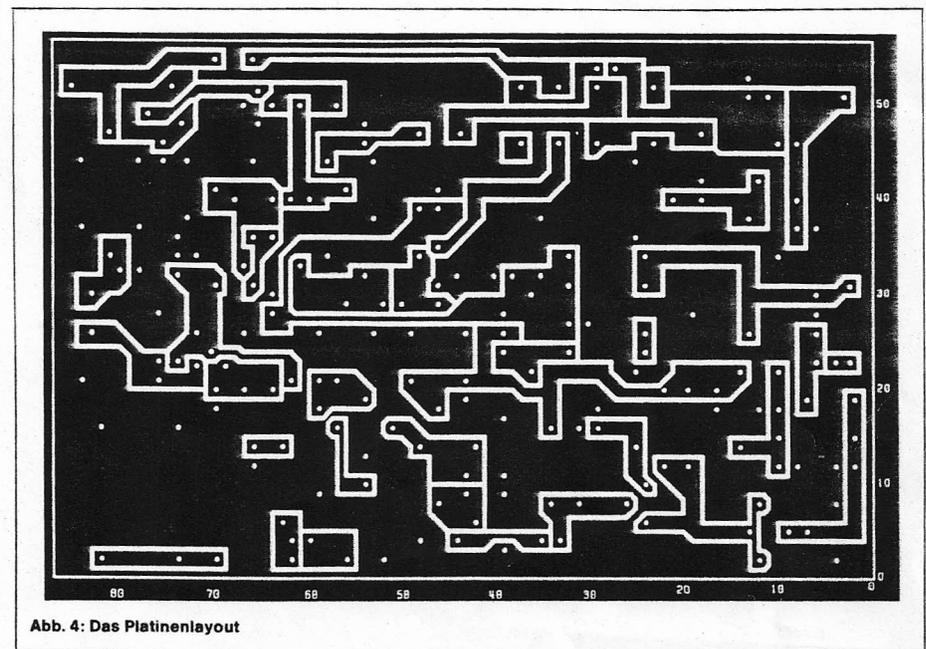


Abb. 4: Das Platinenlayout

Die Anschlußdrähte des MRF260 werden so umgebogen, daß sie von seiner Kühlfläche wegschauen. T 6 wird in die dazugehörigen Löcher eingeführt, und gleichzeitig wird D 2 so zurechtgebogen, daß sie zwischen Gehäusekante und Anschlußdrähten des Transistors eingeklemmt ist. Nun schraubt man den Transistor am Stehbolzen an, damit er gerade liegt, und lötet D 2 und T 6 fest. Nach dem Löten entfernt man die Schraube wieder.

D 3 wird mit einem Stück Isolierschlauch überzogen und quer über die Platine von Leiterbahn zu Leiterbahn angelötet.

Vor dem Zusammenbau des Gehäuses sollte man die Löcher für die BNC-Buchsen und die Durchführungskondensatoren bohren. Dann steckt man Platine und Gehäuse zusammen und lötet sie gemeinsam. Dabei muß die Platinenunterseite genau 6 mm Abstand zur Gehäuseunterkante haben. Das heißt, der PA-Transistor schaut einen halben Millimeter über den Gehäuserand hinaus, während der zweite Stehbolzen bündig abschließt.

Auf der Unterseite der Platine wird vom Kollektor von T 7 zur Relaispule eine Brücke aus Schaltdraht gelegt. Mit einem Stück dünnem Koaxkabel (75 mm RG 174) verbindet man den freien Arbeitskontakt des Relais und die beiden 100-Ohm-Lastwiderstände.

Dann werden die Buchsen montiert und die Durchführungskondensatoren eingelötet. Der PA-Transistor muß direkt auf dem Kühlkörper aufliegen, die Bohrung im unteren Deckel muß daher mindestens 22 mm Durchmesser haben. Die Deckel, Kühlkörper und Gehäuse werden mit M3 x 8-mm-Schrauben zusammengesraubt. Schließlich wird der +Ub-Pin und der Durchführungskondensator über die FCX-Drossel und der PTT-Pin und der zweite Durchführungskondensator mit einem Stück Draht verbunden.

Ableich

Zum Ableich werden benötigt: 50-MHz-Meßsender oder Dip-Meter, 28-MHz-Steuersender und Empfänger (KW-Transceiver), Wattmeter oder SWR-Meter mit Dummyload, Frequenzzähler (mind. 22 MHz, 20 mV Empf.), Volt-/Amperemeter.

Um den PA-Transistor zu schützen, wird vorerst die Spule L 13 (Basisstromversorgung T 6) ausgelötet. Dann wird die Betriebsspannung (12 Volt) angelegt, die Stromaufnahme muß zwischen 10 und 20 mA liegen. Legt man den Pin PTT auf Masse, muß sie auf etwa 120 mA steigen. Dabei muß an der Anode von D 2 eine Spannung von 0,65 bis 0,75 Volt anliegen.

Oszillator

Die beiden Trimmer C 4 und C 5 werden voll eingedreht (max. Kapazität). Dann schließt man einen Frequenzzähler an die

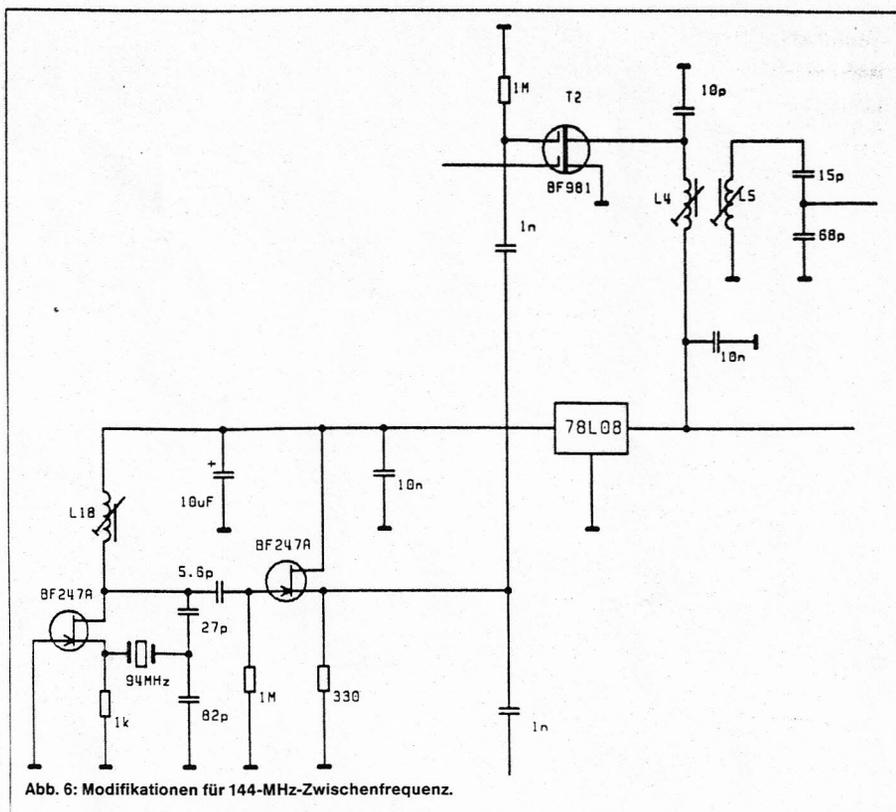


Abb. 6: Modifikationen für 144-MHz-Zwischenfrequenz.

TRX-Buchse an. Mit C 7 wird die Frequenz auf 22,0 MHz hingezogen. Man kommt notfalls auch ohne Zähler aus. Dreht man den Trimmer auf Mittelstellung, beträgt die Abweichung zur Sollfrequenz höchstens +/-1 kHz.

Empfänger

Der Meßsender wird auf 50,250 MHz eingestellt und an die Antennenbuchse angeschlossen (Ausgangsspannung kleiner als 1 mV, eventuell Dämpfungsglied dazwischenschalten). Einen Empfänger mit 28,250 MHz schließt man an die TRCV-Buchse an. Mit C 1 bis C 5 wird nun wechselseitig auf maximale Ausgangsspannung abgeglichen. Mit diesem Abgleich über die vollen zwei MHz (50 bis 52 MHz) ist mit Hilfe von viel Geduld oder eines Wobbelsenders auch möglich.

Sender

Die Spule L 13 wird wieder eingelötet. Der Sender darf niemals, auch nicht kurzzeitig, ohne Kühlkörper betrieben werden!

Vor dem Abgleich ist eine Anpassung der Steuerleistung auf den Transvertereingang notwendig. Dazu muß der Widerstand R 1 gemäß der Tabelle eingebaut werden. Die Feineinstellung geschieht dann später mit R 2.

Pst	R1
10 mW bis 250 mW	: 0 Ω
100 mW bis 2,5 W	: 330 Ω
1 W bis 15 W	: 2,2 kΩ

An die TRX-Buchse wird der Steuersender angeschlossen, an die Antennenbuchse kommt das Wattmeter bzw. die Dummyload. R 2 wird auf Linksanschlag gedreht (maximaler Pegel). Der Steuersender wird auf 28,250 MHz eingestellt. Der PTT-Pin wird auf Masse gelegt, und die Leistung am Steuersender wird langsam erhöht.

Bei halber Nennleistung wird mit C 8, C 9 und C 12 die Ausgangsleistung optimiert. Achtung, die Peaks von C 8 und C 9 sind sehr scharf, daher langsam drehen.

Bei voller Steuerleistung wird die Ausgangsleistung mit C 12 noch einmal auf Maximum eingestellt. Dann wird R 2 solange zurückgedreht (nach rechts), bis die Ausgangsleistung 6 Watt beträgt. Der Strom sollte dabei 1,3 A nicht wesentlich überschreiten.

Wer in der glücklichen Lage ist, auf einen Spektrumanalysator zugreifen zu können, der kann durch leichtes Verschieben der Windungen von L 16 und L 17 die erste Oberwelle „herausnotchen“.

Damit ist der Abgleich beendet.

2-m-Version

Es ist nicht schwierig, den Transverter für eine andere Zwischenfrequenz zu modifizieren. Ein Schaltungsvorschlag für das 2-m-Band zeigt Abb. 6.

Im wesentlichen beschränkt sich der Umbau auf den Oszillator. Da Quarzoszillatoren bei 94 MHz bezüglich Spannungs- und Lastschwankungen empfindlich sind, muß hier eine Pufferstufe und ein Span-

Technische Daten des 6-m-Konverters

Eingangsfrequenz: 28 bis 29 MHz
Ausgangsfrequenz: 50 bis 51 MHz
Betriebsspannung: 11,5 bis 13,8 Volt
Stromaufnahme (empf./send.): 0,02 A/
1,8 A max.

Empfänger

Rauschzahl: 3 dB
Verstärkung: ca. 18 dB
Spiegelfrequenzunterdrückung:
größer als 80 dB

Intermodulation (Pin = 2 x -30 dBm) IM 3:
kleiner als -62 dBm

Sender

Sättigungsleistung bei $U_b = 12$ V: 10 Watt
Eingangsleistung: 0,01 bis 15 Watt
Ober- und Nebenwellenunterdrückung:
größer als 56 dB

nungsregler eingesetzt werden. Natürlich sieht auch die ZF-Auskopplung auf der Empfängerseite etwas anders aus. Die ganze restliche Schaltung kann komplett übernommen werden.

Betriebserfahrungen

Der Transverter ist mittlerweile wohl ein Dutzend mal problemlos nachgebaut worden.

Sollte die 7-MHz-Spiegelfrequenz im RX zu hören sein, so kann die Ursache in einer Masseschleife in der Betriebsspannung liegen. Eine zusätzliche Verdrosselung der Spannungszuführung (plus und minus) tut hier Wunder.

Betrieibt man den Transverter an einer 4-Element-Yagi mit etwas über 6 dB Gewinn, so erreicht man gerade die bei uns zulässige Leistung von 25 Watt ERP. Dabei wird das Gerät sehr schonend gefahren. Das macht sich in einem guten senderseitigen Intermodulationsabstand bemerkbar.

Auf **Abb. 7a** sieht man eine Aufnahme des Ausgangsspektrums bei 6 Watt Ausgangsleistung. Man erkennt die Mischprodukte, die in den Durchlaßbereich des Bandfilters fallen. Die 57 dB Absenkung entsprechen etwa 12 Mikrowatt und dürften in den wenigsten Fällen Probleme bereiten. Erhöht man die Ansteuerung, steigt die Amplitude dieser Mischprodukte quadratisch bzw. mit der dritten Potenz des Eingangssignals. Es lohnt sich also nicht, dem Transverter unbedingt die größtmögliche Leistung entnehmen zu wollen.

Man erkennt des weiteren, daß innerhalb der 70 dB Meßdynamik von der ersten Oberwelle bei 100 MHz nichts zu sehen ist. Das ist zur Vermeidung von BCI besonders wichtig, daß diese Frequenz mitten im Rundfunkbereich liegt. Oberwellen höherer Ordnung sind natürlich noch stärker gedämpft.

Abb. 7b zeigt ein Zweitonsignal bei einer Ausgangsleistung von 3 Watt. Der Intermodulationsabstand liegt bei 30 dB, er verringert sich auf etwa 18 dB bei 10 Watt Sendeleistung.

Der Sender arbeitet stabil bei einem SWR kleiner als 3 und einer Ausgangsleistung von unter oder gleich 6 Watt. Bei höherer Leistung und gleichzeitig schlechterem SWR, insbesondere Leerlauf oder Kurzschluß am Ausgang, kann der PA-Transistor Schaden nehmen. Zumindest werden aber die Werte für die Ober- und Nebenwellenunterdrückung nicht mehr eingehalten.

Empfangsseitig hat man normalerweise mit Großsignalproblemen im 6-m-Band nichts zu tun. Aus diesem Grund ist der Empfangsteil auch eher auf Empfindlichkeit optimiert. Der Interceptpunkt liegt so um die -2 dBm. Um das auszunutzen zu können, müßte der Nachsetzer schon +16

bis +18 dBm IP haben, was bei den allermeisten Geräten wohl nicht der Fall ist.

Die Empfindlichkeit läßt sich einfach testen. Schließt man eine Antenne an und erhöht sich das Rauschen im Lautsprecher des angeschlossenen Empfängers, so ist eine Verbesserung der Rauschzahl überflüssig, da dann das terrestrische Rauschen in der gleichen Größenordnung wie das Empfangsrauschen liegt. Dies ist bei etwa 3 dB Rauschzahl der Fall.

Zusammenfassung

Es wurde ein Bauvorschlag für einen 6-m-Band-Transverter beschrieben. Das Gerät leistet trotz seines verhältnismäßig geringen Aufwandes alles, was nötig ist, um bei den derzeitigen Bestimmungen Betrieb auf 6 m zu machen.

Die Schaltung läßt sich mit 28- und 144-MHz-ZF benutzen.

Ein Bezugsquellenhinweis befindet sich am Ende der Stückliste.

Anfragen technischer Art beantwortet ich normalerweise, sofern Rückporto beiliegt. Nur kommt es hin und wieder aus beruflichen Gründen oder allgemeiner Schreibfaulheit zu langen Antwortzeiten.

Transverter pour la bande des 50 MHz avec FI 28 ou 144 MHz. Entrée max. 15 W, sortie 10 W HF avec filtre passe-bande en réception, gain 18 dB, suppression fréquence-image: +80 dB et IM3 de -62 dBm. En émission: suppression harmoniques: 56 dB. Ajustable de 50 à 52 MHz. Alimentation sous 12 V. Description détaillée, fonctionnement, ajustages, schémas liste des composants et commercialisation.

A 6 Meter Transverter (50-52 MHz) for IF of 28 or 144 MHz. Input: up to 15 W, output: 10 W HF. Reception: bandpass-filter, gain: 18 dB, image frequency rejection: 80 dB, IM3: -62 dBm, noise factor: 3 dB. On transmit: harmonic suppression: 56 dB. Operating voltage: 12 VDC. Detailed description with functions, constructions hinks, adjustments, schematics and retail outlet. DJØSL

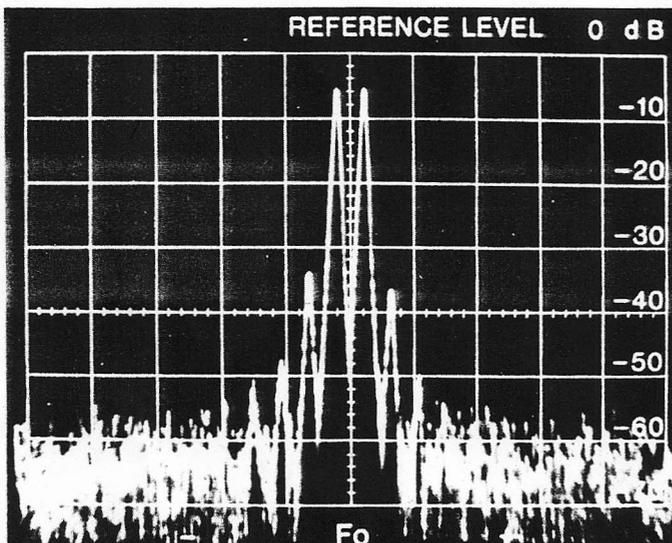


Abb. 7a: Mischprodukte bei 6 Watt Output (10 MHz/div., 10 dB/div., $f_0 = 50$ MHz, Referenzpegel = +40 dBm).

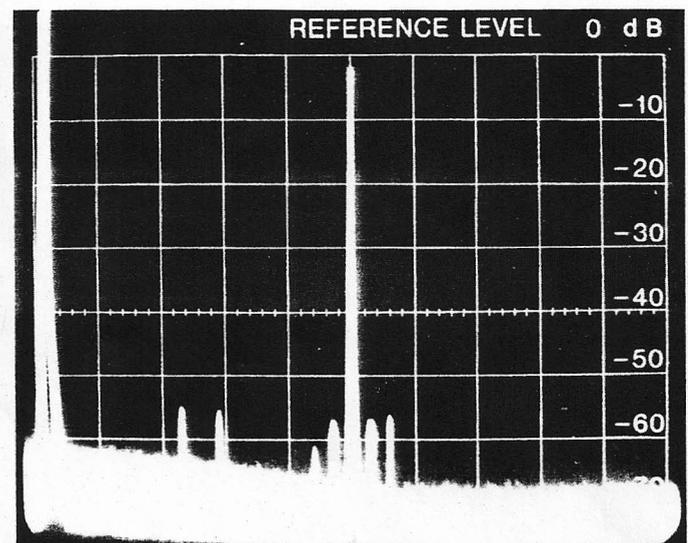


Abb. 7b: Ausgangssignal bei Zweitonansteuerung (10 kHz/div., 10 dB/div., $f_0 = 50$ MHz, Referenzpegel +40 dBm).

Stückliste

Spulen:

- L 1 9 Wdg. 1 CuAg, auf 6 mm Dorn, Anz.
bei 3 Wdg., l = 15 mm
L 2, L 3, L 9 9 Wdg. 0,5 CuL auf Ringkern
T37/2 (gelb)
L 4 15 Wdg., sonst wie L 2
L 5 prim. wie L4, sek. 2 Wdg. 0,5 CuL
L 8 Festind. 0,33 μ H
L 10 wie L 2, Anz. bei 1 Wdg. vom
masseseitigen Ende
L 11, L 13, L 14 Festind. 1 μ H
L 12 7 Wdg. sonst wie L 2
L 16 8 Wdg. sonst wie L 2
L 15 5 Wdg. 1 CuAg auf 6 mm Dorn,
15 mm lang
L 17 7 Wdg. 1 CuAg auf 6 mm Dorn,
10 mm lang

Halbleiter

- 2 x DG-FET BF 981 10-4102 1- (5)
2 x J-FET BF 247 A
1 Transistor 2 N 4427
1 Transistor MRF 260 oder 2 SC 1971
Transistor BD 140 - 16 10-0840 0,01 (5)
Z-Diode ZF 8,2
Diode 1 N 4007
Diode 1 N 4148

Induktivitäten

- 1 8 x Ringkern R37/6 (gelb) 6 fehlen noch
2 Festinduktivität 0,33 μ H
3 x Festinduktivität 1 μ H 1,2
Grundwellenquarz 22 MHz
Ferroxcube-Drossel

Mechanische Bauteile

- Relais, Siemens V23042 (2 x Um)
7 x Lötstift 1,3 mm
3 x Schraube M 3 x 4
2 x Schraube M 3 x 8
Stehbolzen 5 mm
Stehbolzen 6 mm
Montagescheibe TO5
Kühlstern TO5
2 x BNC-Buchse zentrale Befestigung
Mutter M 3
Lötöse
Kühlkörper SK51
2 Weißblechgehäuse 74 x 111 x 30

- Platine 71 x 109
0,5 m 1-mm-CuAg
1 m 0,5-mm-CuL

Kondensatoren

- 2 1 pF keramisch
2 1,5 pF keramisch
2 8,2 pF keramisch/5 mm
2 27 pF keramisch
2 x 33 pF keramisch
2 39 pF keramisch/5 mm

- 2 2 x 56 pF keramisch
2 2 x 68 pF keramisch
2 2 x 100 pF keramisch
2 2 x 1 nF keramisch/5 mm
2 2 x 1 nF keramisch DFC
2 13 x 10 nF keramisch
2 Elko (rad.) 22 μ F/16 V
2 8 x Folientrimmer 45 pF
2 Folientrimmer 110 pF

Widerstände

- 2 2 x 10 Ω
2 56 Ω
2 2 x 100 Ω
2 2 x Metalloxidwid. 100 Ω /4 W
2 Trimmer 100 Ω
2 2 x 330 Ω
2 2 x 470 Ω
2 680 Ω
2 820 Ω
2 2 x 1 k Ω
2 5,6 k Ω
2 10 k Ω 124
2 18 k Ω
2 100 k Ω
2 2 x 1 M Ω

Die Firma Hari, 6453 Seligenstadt, hat sich bereiterklärt, Bausätze und fertige Geräte zusammenzustellen.

