

50-MHz-Transverter für Kurzwellentransceiver (1)

MARTIN STEYER – DK7ZB

Separate 6-m-Funkgeräte kosten viel Geld und rechtfertigen deshalb in den Augen vieler Funkamateure die Anschaffung nicht; KW-Transceiver, die dieses Band enthalten, sind noch rar, ebenso UKW-Geräte mit Nachrüstmöglichkeit.

Den zweiten Platz im diesjährigen FA-Konstruktionswettbewerb belegte der hier beschriebene selbst aufzubauende Transverter. Er setzt sendeseitig von 28 MHz auf 50 MHz um, empfangsseitig in der Gegenrichtung. So macht man sich nicht nur das 6-m-Band preisgünstig zugänglich, sondern kann auch alle technischen Möglichkeiten des vorhandenen Kurzwellentransceivers, wie z. B. Paßband-Tuning, Scannen oder umschaltbare Filter in der ZF, für das neue Band nutzen. Aber beachten: Sondergenehmigung erforderlich!

■ Gesamtkonzept

Der Transverter besteht aus sechs Baugruppen, die auf insgesamt vier Leiterplatten aufgebaut sind. Der Empfangskonverter 50 MHz/28 MHz und der Quarzoszillator mit einer Injektionsfrequenz von 22 MHz befinden sich zusammen auf einer Leiterplatte. Die zweite umfaßt den Sendemischer 28 MHz/50 MHz mit der Treiberstufe und

einer Ausgangsleistung von 150 mW. Auf der dritten ist ein 3- bis 5-W-Linearverstärker zusammen mit einem Tiefpaßfilter für den Sender enthalten. Zusätzlich läßt sich ein externer Leistungsverstärker nachschalten, der der Vollständigkeit halber auch mit beschrieben wird.

Durch die Modulbauweise kann man auch einzelne Baugruppen für sich aufbauen; so ergeben sich vielseitige Verwendungsmög-

lichkeiten, und jede Einheit ist einzeln test- und abgleichbar. Wer schon einen 6-m-Empfangskonverter besitzt, kann problemlos mit dem Sendeumsetzer allein auf dem 6-m-Band QRV werden. Dazu muß nur ein Oszillatorsignal mit $U_{eff} \approx 0,3 \text{ V}$ für den Mischer ausgekoppelt werden. Auch die Linearverstärkerstufen lassen sich getrennt hinter eigenen oder kommerziellen Bausteinen nutzen.

Es wurde besonderer Wert auf den Einsatz ausschließlich handelsüblicher Bauteile gelegt, eine unnötige Miniaturisierung unterblieb zugunsten einer großzügigen Layout-Technik. Das bringt mehr Spielraum für Vorhandenes aus der Bastelkiste, und ein eventueller Austausch von Bauteilen ist problemlos möglich. Die Verwendung handelsüblicher Weißblechgehäuse für die Baugruppen verhilft zu einem ansprechenden Äußeren.

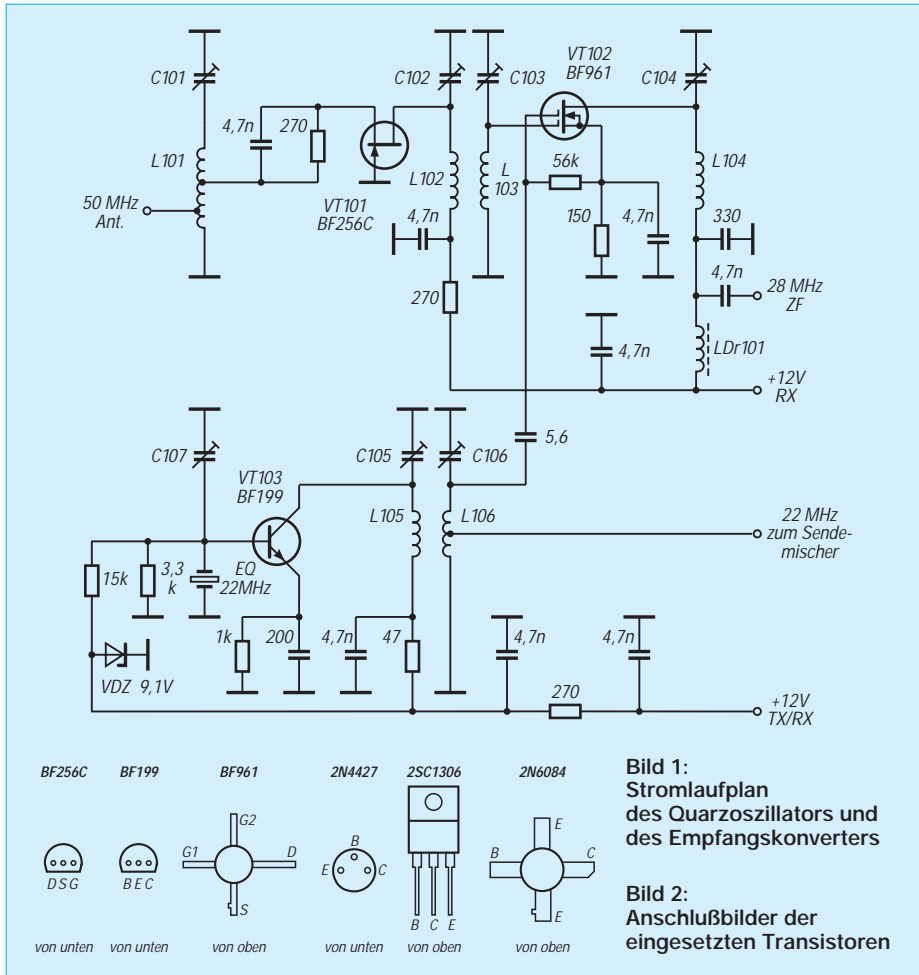
Ein erstes Musterexemplar habe ich ohne geätzte Leiterplatten mit einem Freiluftaufbau in gekammerten Weißblechgehäusen erstellt. Diese als „Dead-Bug-Design“ bekannte Technik heißt so, weil Transistoren und IS auf den Rücken (wie ein toter Käfer!) gelegt sind und alle Bauteile direkt verdrahtet werden.

Obwohl keine technischen Gründe gegen diese Bauweise sprechen, wurden zur Vereinfachung des Nachbaus Platinen-Layouts entwickelt. Sie basieren auf doppelt kupferkaschierten Epoxid-Platten, wobei bei den Baugruppen Oszillator/Empfangskonverter und Sendeumsetzer die Oberseite als durchgehende Massefläche erhalten bleibt und auf der Unterseite nach Durchstecken der Bauteileanschlüsse gelötet wird. Nach dem Herstellen aller Bohrungen muß man deren Ränder auf der Oberseite mit einem größeren Bohrer (5 bis 6 mm) etwas ansenken, damit beim Durchstecken kein Masseschluß auftreten kann. Alle auf Masse liegenden Bauteile werden direkt oben auf der Kupferseite verlötet; im Bestückungsplan ist dies jeweils durch Massesymbole an den Bauteilen gekennzeichnet.

Diese Technik bringt eine optimale Abschirmung und in Verbindung mit gekammerten Gehäusen eine einwandfreie HF-Trennung der verschiedenen Stufen und Baugruppen.

Etwas anders habe ich den Aufbau der beiden Leistungsverstärker und der Filter vorgenommen. Hier kommt ebenfalls doppel-seitiges Platinenmaterial zum Einsatz; die Bauteile werden aber auf der geätzten Seite eingesetzt und sozusagen stumpf aufgelötet. Das erleichtert vor allem die Montage und Kühlung der PA-Transistoren.

Relaisumschaltung und HF-Anzeige lassen sich individuell anschließen – wie, richtet sich nach den jeweiligen Wünschen. Zu-



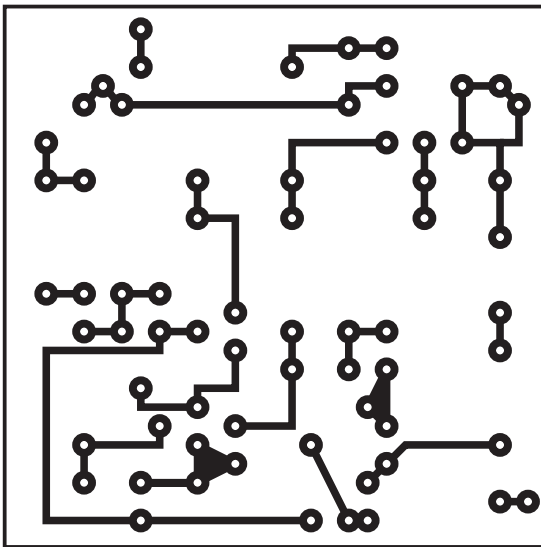


Bild 3: Leitungsführung der Platine für den Quarzoszillator und den Empfangskonverter. Die Bestückungsseite der Platine ist eine durchgehende Massefläche, die Bohrungen sind freizusenken.

sätzliche Hinweise zeigen, wie sich die Baugruppen durch vorhandene Kurzwellentransceiver ansteuern lassen und wie eine Relaisumschaltung und eine HF-Output-Anzeige als komfortable Ergänzungen aussehen.

■ Quarzoszillator

Quarzoszillator und Empfangskonverter befinden sich auf einer gemeinsamen Leiterplatte mit getrennten Zuführungen für die Betriebsspannungen, da der Quarzoszillator bei Senden und Empfang benötigt wird. Bild 1 zeigt den Stromlaufplan.

Der Oszillator enthält als frequenzbestimmendes Element einen preiswerten 22-MHz-Grundwellenquarz im HC-18U-Gehäuse. Eine etwas aufwendige Schaltung sorgt dafür, daß er problemlos anschwingt. Auch sonst schlecht ziehbare Computerquarze für 1,50 DM können durch wechselseitiges Verstimmen des Kollektorkreises mit L105 und dem zum Quarz parallelliegenden Trimmer einwandfrei auf die exakte Schwingfrequenz von 22 MHz gezogen werden. Am Ausgang liegt zur Realisierung einer guten Nebenwellendämpfung ein Bandfilter. Bei einfacherer Schaltungsauslegung könnte es sonst dazu kommen, daß die doppelte Injektionsfrequenz (44 MHz) mit zu hohem Pegel in den Sendemischer gelangt und dort zu Nebenwellen führt.

Am zweiten Schwingkreis wird kapazitiv und hochohmig über eine geringe Kapazität von 5,6 pF die Frequenz zum Mischen für den Empfangskonverter ausgekoppelt. Das Oszillatorsignal für den Sendemischer steht an einer Anzapfung am kalten Ende von L106 zur Verfügung. Diese Baugruppe wird bei Senden und Empfang mit der Betriebsspannung von 12 V versorgt, eine Z-Diode stabilisiert die Spannung für den Oszillator auf 9,1 V.

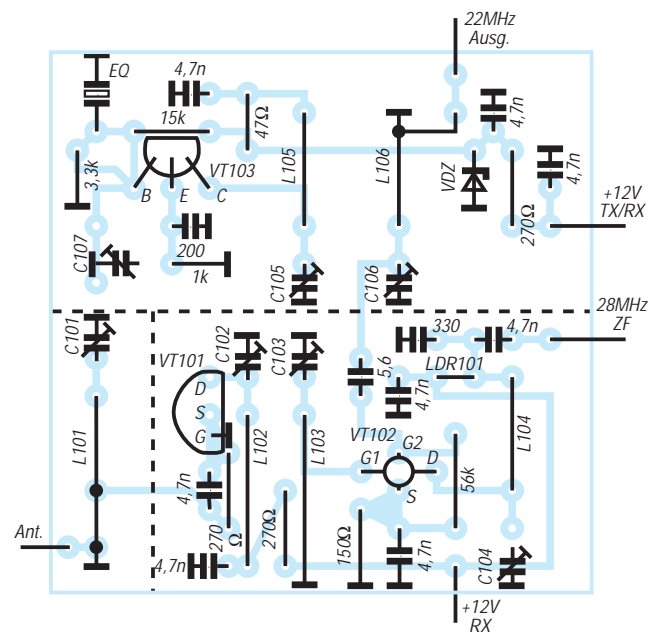


Bild 4: Bestückungsplan der Leiterplatte von Quarzoszillator und Empfangskonverter (gestrichelte Linien: Abschirmbleche). Alle Masseverbindungen werden unmittelbar auf der Leiterseite gelötet.

■ Empfangskonverter

Mit einem rauscharmen FET BF 256 C (VT101) in Grounded-Gate-Schaltung erreicht man im Konverterteil absolute Sicherheit gegen wildes Schwingen; die Eingangsstufe arbeitet dementsprechend auch bei abgezogener Antenne stabil. Einem Bandfilter folgt die multiplikative Dualgate-MOSFET-Mischstufe mit einem BF 961 (VT102). Am Gate 1 wird das Empfangssignal, am Gate 2 das Oszillatorsignal eingekoppelt. Das alles ist konventionelle, bewährte Technik, die in den vergangenen fünf Jahren im 6-m-Band allen Empfangssituationen gewachsen war, obwohl sie eher eine geringe Intermodulationsfestigkeit aufweist.

Am Drain des Mixers befindet sich ein auf 28 MHz abgestimmtes Pi-Filter mit L104, das eine ausreichende Bandbreite von über 1 MHz hat. Eine erreichbare Rauschzahl von 2 dB ist das sinnvolle Optimum; der auf 6 m immer vorhandene Rausch- und Störpegel läßt weitere Klimmzüge zur Empfindlichkeitssteigerung oder getrennte Vorverstärker als unsinnig erscheinen.

■ Aufbau der Baugruppe Oszillator/Empfangskonverter

Zunächst sollte man sich nach Bild 2 mit den Anschlüssen der Transistoren vertraut machen, um Fehler tunlichst zu vermeiden. Sinnvollerweise beginne man mit dem Empfangskonverter und dem Oszillator. Die Platine (Bild 3) ist 71 mm × 71 mm groß und paßt damit in ein Standard-Weißblechgehäuse der Maße 72 mm × 72 mm. Zuerst wird nach Bild 4 der Teil verdrahtet, auf dem sich der Oszillator befindet. Die Spulen sind wie alle anderen dieser Bau-

gruppe freitragende Luftspulen, auf einen Bohrer des jeweils angegebenen Innendurchmessers gewickelt. Dabei zieht man L101, L102 und L103 soweit auseinander, daß die Enden mit den Abständen der Löcher auf der Platine übereinstimmen. Die anderen Spulen werden eng ohne Abstand gewickelt.

Der Bestückungsplan gibt auch die Lage der Trennwände an. Der Gehäusedeckel muß über den Abgleichpunkten Bohrungen erhalten, damit der Endabgleich unter Betriebsbedingungen möglich ist. Weitere Einzelheiten zum Aufbau sind aus dem Foto der Baugruppe zu erkennen (Bild 5).

■ Abgleich der Baugruppe Oszillator/Empfangsumsetzer

Um die Abgleicharbeiten zu erleichtern, werden hier auch die ungefähren Einstellpunkte der Trimmkondensatoren ange-

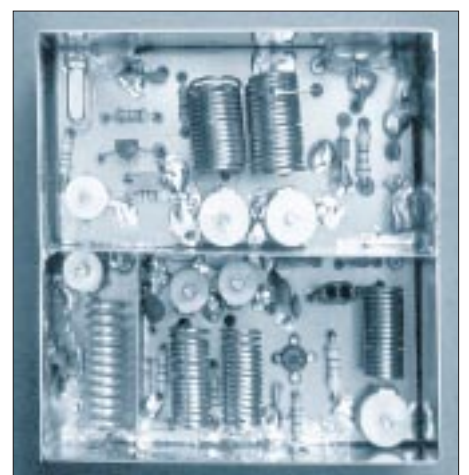


Bild 5: Eine fertiggestellte Baugruppe Quarzoszillator/Empfangskonverter Foto: Autor

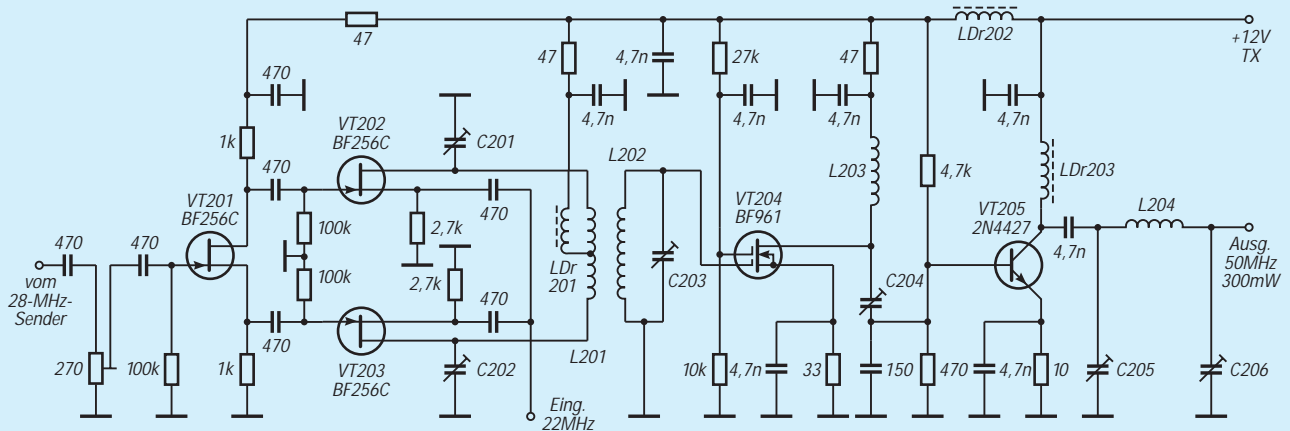


Bild 6: Stromlaufplan des Sendeumsetzers 28 MHz/50 MHz

geben. Mit diesen Positionen sollte man in jedem Fall beginnen. Muß ein Trimmer ganz ein- oder ausgedreht werden, deutet das auf einen Fehler hin!

Zu Beginn erhält nur der Oszillator seine Betriebsspannung. Mit Hilfe eines Dipmeters oder eines Kurzwellenempfängers werden die beiden Bandfilterkreise bei 22 MHz auf maximale S-Meter-Anzeige getrimmt. Danach läßt sich die genaue Frequenz mit dem Paralleltrimmer einstellen. Zu beachten ist, daß beide Abgleich Elemente, Drainkreis und Paralleltrimmer am Quarz, die Frequenz beeinflussen. Hier muß sowohl auf sicheres Anschwingen als auch auf die richtige Frequenz abgeglichen werden.

Nun werden auch der Konverter angeschlossen, der ZF-Ausgang mit einem 28-MHz-Empfänger (Transceiver) verbunden und das Ausgangs-Pi-Filter mit dem Trimmer C 104 auf maximales Rauschen gezogen. Es folgen die 50-MHz-Kreise von hinten, d. h., mit dem Gatekreis des BF 961 beginnend (ebenfalls auf Rauschmaximum am Nachsetzer). Eine angeschlossene 6-m-Antenne muß einen eindeutigen Rauschunterschied ergeben. Dann kann man unter

Zuhilfenahme eines schwachen Amateur- oder Videosignals den Endabgleich durchführen. Diese Baugruppe braucht unbedingt ein geschlossenes Metallgehäuse, weil es sonst durch Direkteinstreuungen unweigerlich zu Spiegelfrequenzempfang kommt: Rundfunksender im 49-m-Band (6 MHz) ergeben, gemischt mit den 22 MHz des Oszillators, nämlich auch die ZF von 28 MHz! Bei entsprechender Abschirmung ist das kein Problem, offen jedoch erscheinen besonders abends ungewohnte Signale. Bei Einhaltung der Werte für Spulen und Trimmer kann man folgende Trimmkonkondensatorstellungen als Richtwerte annehmen:

- C101: fast vollständig eingedreht (etwa 40 pF),
- C102: etwa in Mittelstellung (etwa 22 pF),
- C103: etwa ein Drittel eingedreht (etwa 16 pF),
- C104: knapp über die Hälfte eingedreht (etwa 50 pF),
- C105,
- C106: etwa zur Hälfte eingedreht (etwa 35 pF),
- C107: vom jeweiligen Quarz abhängig.

■ Sendeumsetzer

Auch für den Sendeumsetzer (Bild 6) habe ich bewußt ein einfaches, aber sicheres Schaltungskonzept gewählt und auf einen Ringmischer oder ähnlich aufwendige Lösungen verzichtet. Alle Bauteile auf dieser Leiterplatte zusammen kosten nicht einmal soviel wie ein integrierter Ringmischer! Wenn man die Mischstufe nicht übersteuert, ergibt sich ein sauberes, nebenwellenfreies Sendesignal. Für einen IE-500 z. B. wäre ein erheblich höherer Oszillatorpegel nötig. Zusätzlich spart man durch die Mischverstärkung eine Stufe ein.

Ein als Phasenumkehrstufe wirkender FET (VT201) steuert die beiden weiteren FETs VT202 und VT203 des Gegentaktmischers an. Das 28-MHz-Signal liegt an den Gates; die Oszillatorfrequenz wird additiv auf die Source-Anschlüsse geführt. Das hat den Vorteil einer Einkopplung beider Signale ohne Schwingkreise. Trotzdem sind die beiden Eingangssignale, gleiche FETs vorausgesetzt, hinter dem Mischer gut unterdrückt und am Ausgang der Baugruppe nicht mehr nachzuweisen.

Über ein Bandfilter gelangt das 50-MHz-Signal auf einen MOSFET BF 961 (VT204), der über einen weiteren Schwingkreis und einen kapazitiven Spannungsteiler den Treiber ansteuert. Der dort eingesetzte 2 N 4427 (VT205) liefert mit einer gewissen Reserve eine Leistung von 150 mW, die über ein abstimmbares Pi-Filter ausgekoppelt wird. Ursprünglich war hier ein BFR 96 vorgesehen, der noch mehr Ausgangsleistung abgeben kann, aber an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit betrieben wird, wenn man die Betriebsspannung über 12 V erhöht. Da die meisten Netzteile aber 13,5 bis 13,8 V abgeben, ist es eben sinnvoller, hier den 2 N 4427 zu verwenden.

Bauteile und Spulendaten für die Baugruppe Konverter/Oszillator

C101, C102,	
C103, C107	Folientrimmer 7 mm, 45 pF (violett)
C104	Folientrimmer 10 mm, 90 pF (rot)
C105, C106	Folientrimmer 10 mm, 70 pF (gelb)
EQ101	Grundwellenquarz 22,0000 MHz
L101	12 Wdg., CuAg, 6 mm Innendurchm., Anzapfungen bei 2 und 5 Windungen
L102, L103	15 Wdg., 0,8-mm-CuL, Innend. 6 mm
L104	18 Wdg., 0,8-mm-CuL, Innend. 6 mm
L105	16 Wdg., 0,8-mm-CuL, Innend. 8 mm
L106	16 Wdg., 0,8-mm-CuL, Innend. 8 mm, Anzapfung bei 3,5 Windungen
LDr101	2 x 4 Wdg., 0,25-mm-CuL auf UKW-Doppellochkern (Breitbanddrossel)
VDZ	Z-Diode 9,1 V
VT101	FET BF 256 C
VT102	MOSFET BF 961
VT103	BF 199

Bauteile und Spulendaten für die Baugruppe Sendeumsetzer

C201,	
C202, C203	Folientrimmer 7 mm, 45 pF (violett)
C204	Folientrimmer 10 mm, 60 pF (gelb)
C205	Folientrimmer 7 mm, 60 pF (schwarz)
C206	Folientrimmer 10 mm, 110 pF (violett)
L201	12 Wdg., 1-mm-CuAg oder -CuL, 10 mm Innendurchm., Mittenanzapfg.
L202	9 Wdg., 1-mm-CuAg oder -CuL, 10 mm Innendurchmesser
L203	10 Wdg., 1-mm-CuL, 8 mm Innend.
L204	8 Wdg., 1-mm-CuL, 8 mm Innend.
LDr201,	
LDr202	5 Wdg., 0,2-mm-CuL, durch Ferritperle
LDr203	2 x 4 Wdg., 0,2-mm CuL, durch UKW-Doppellochkern
VT201	
bis VT203	FET BF 256 C (auch BF 245 C mögl.)
VT204	MOSFET BF 961
VT205	2 N 4427

(wird fortgesetzt)