

# 50-MHz-Transverter für Kurzwellentransceiver (2)

MARTIN STEYER - DK7ZB

Den zweiten Platz im diesjährigen FA-Konstruktionswettbewerb belegte der hier beschriebene selbst aufzubauende Transverter, der sendeseitig von 28 MHz auf 50 MHz umsetzt, empfangsseitig in der Gegenrichtung. Besonderes Gewicht wurde bei der Konstruktion auf die Verwendung leicht erhältlicher Bauelemente und nicht zu enges Platinenlayout gelegt. Im zweiten Teil geht es um den Aufbau des Sendeumsetzers und den 3-W-Linearverstärker.

## ■ Ausmessen von FET-Paaren

Die bereits im ersten Teil dieses Beitrags beschriebene einfache und preiswerte Mischerschaltung mit zwei Sperrschicht-FETs hat sich auch schon in einem 2-m-Transverter bewährt. Ihr einziger Nachteil ist die Notwendigkeit, ein elektrisch gleiches Paar BF 256 C zu finden (Bild 7). Davon, die Sourceströme mit einem Trimmwiderstand zu symmetrieren, wie man es in manchen Schaltungen gelegentlich bei FET-Gegentaktmischern findet, sei ausdrücklich abgeraten. Auf diese Weise ergibt sich in der Regel kein sauberes Mischsignal, und die Symmetrierung für die HF-Signale leidet, wenn man abweichende Exemplare benutzt.

Da sowieso vier Stück BF 256 C verwendet werden, besorgt man sich gleich ein paar mehr als Vorrat für die Bastelkiste. Bei einem Preis von 0,56 DM/Stück sind zehn Stück durchaus tragbar; darunter finden sich mit Sicherheit zwei mit gleichen Daten. Um sie auszutesten, benötigt man eine kleine Testschaltung (Bild 7). Wer geschickt ist, muß dazu nicht einmal die Transistoren einlöten.

Das Ziel besteht darin, zwei mit (annähernd) gleichem Drainstrom auszusuchen; er sollte bei den angegebenen Widerstandswerten und dem sich dadurch ergebenden Arbeitspunkt zwischen 2,5 und 3,5 mA liegen. Im allgemeinen ist die Kennliniensteigung bei Transistoren einer Charge recht gut, so daß

diese Art der Selektierung ausreicht. Wer es auf die Spitze treiben will, könnte noch zusätzlich bei den bereits ausgesuchten FETs die Abschürspannung (z. B. bei 50 µA Kollektorstrom) messen. Lohn der Mühe ist ein sehr symmetrischer Mischer, der linear umsetzt und die beiden Signale von 28 und 22 MHz gut unterdrückt.

## ■ Aufbau des Sendeumsetzers

Für den Sendeumsetzer wurde eine Leiterplatte (Bild 8) der Abmessungen 55 mm × 140 mm entworfen. Trennwände und ein Rahmen aus Weißblech schirmen die einzelnen Stufen voneinander ab. Auch hier bestehen die Induktivitäten aus freitragenden Luftspulen, die so weit auseinandergezogen werden, daß sie in die vorgesehenen Bohrungen auf der Leiterplatte passen.

Sinnvollerweise verdrahtet man von vorn nach hinten; die Trennwände sind unbedingt einzusetzen. Es eignen sich dazu Weißblech- oder Messingblechstreifen, aber auch dünnes doppeltekaschiertes Epoxidmaterial läßt sich gut verwenden.

Der 2 N 4427 muß mit leicht verdrehten Anschlüssen eingesetzt werden, da die Platine ursprünglich für den BFR 96 vorgesehen war. Wer bestimmt nicht mehr als 12 V anlegt, kann auch mit dem BFR 96 experimentieren. Zur leichten Kühlung des

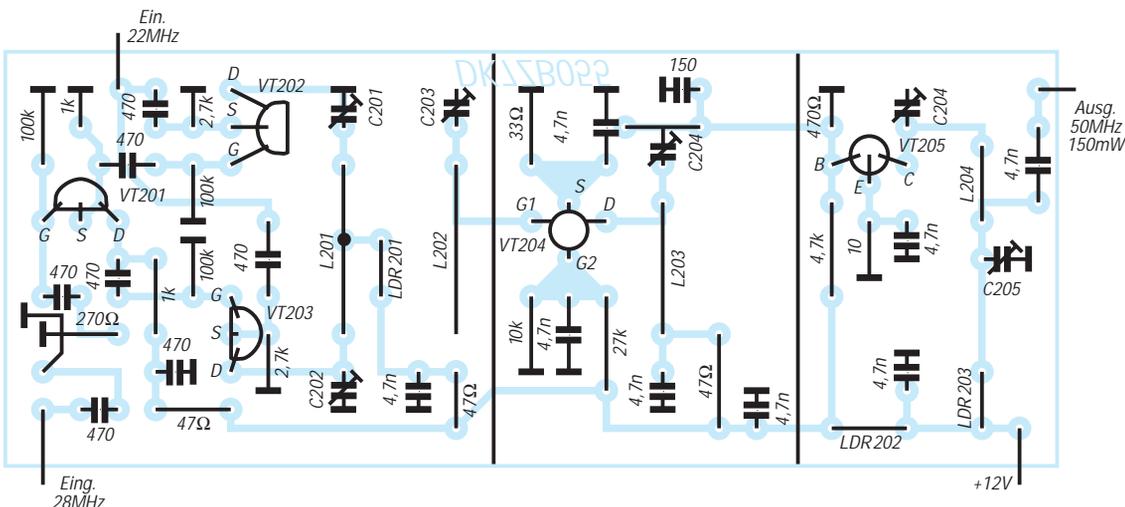
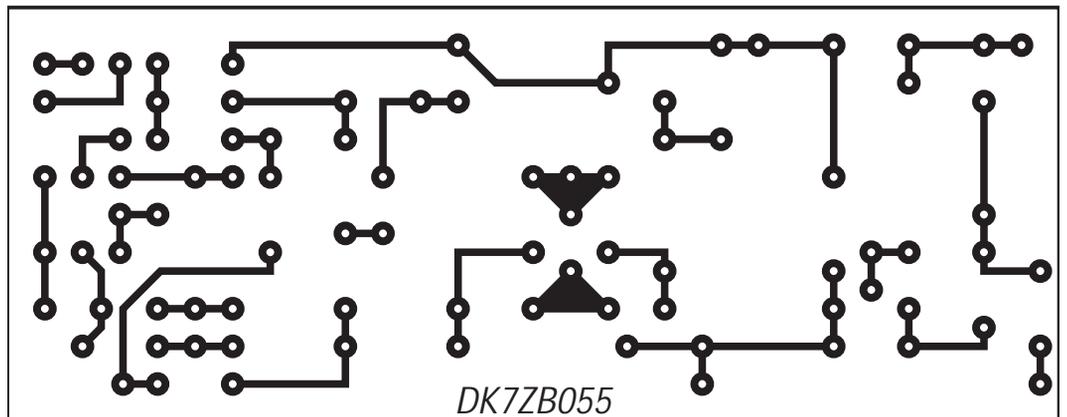
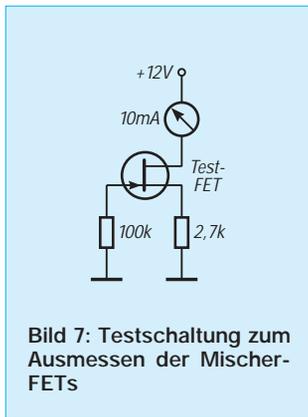


Bild 8: Leitungsführung der Platine für den Sendeumsetzer. Die Bestückungsseite der Platine ist eine durchgehende Massefläche, die Bohrungen sind freizusenken.

Bild 9: Bestückungsplan Sendeumsetzer (gestrichelte Linien: Abschirmbleche). Alle Masseverbindungen werden unmittelbar auf der Leiterseite gelötet.

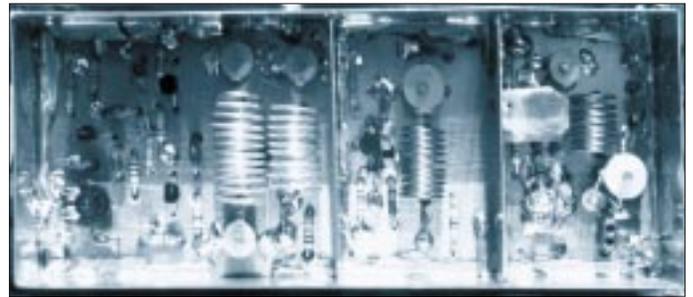
Gehäuses empfiehlt sich beim 2 N 4427 folgender Trick: Ein dicker Klecks Wärmeleitpaste wird auf den Gehäusedeckel gegeben, danach ein kleines Blechstück so darauf gedrückt, daß es das Gehäuse nicht berührt (kein Kurzschluß!). Anschließend verlötet man das Blechstück mit der Kammerwand (bei Bild 10 in der rechten Kammer links zu sehen). Sicherheitshalber mit einem Ohmmeter überprüfen, daß kein galvanischer Kontakt vorliegt!

Der Bestückungsplan (Bild 9) und das Foto der fertigen Sendeumsetzerplatine (Bild 10) zeigen den Aufbau dieser Baugruppe.

### ■ Abgleich des Sendeumsetzers

Der Abgleich des Sendeumsetzers ist etwas kritischer, weil dazu entweder ein Empfänger auf 50 MHz oder ein HF-Tastkopf notwendig ist. Wer ein empfindliches Meßinstrument (max. 200 µA) als HF-Output-Anzeige vorsehen will, kann es zunächst als einfachen Feldstärkeindikator nutzen. Dazu werden eine Koppelspule aus 3 Wdg. isoliertem Schaltdraht, eine Diode und ein Kondensator benötigt. An den HF-Ausgang schließt man einen Lastwiderstand von 47 Ω/1 W an. Um bei Verwendung

Bild 10: Ansicht der Baugruppe Sendeumsetzer



eines üblichen KW-Transceivers eine genügend geringe Steuerleistung zu erzielen, empfiehlt sich die Zwischenschaltung eines Dämpfungsgliedes (mehr dazu im Teil 3 dieses Beitrags).

Bei konstantem Steuersignal auf 28 MHz und mit angeschlossenem 22-MHz-Oszillator wird an L1 mit Hilfe der beiden Trimmer auf höchsten Ausschlag am Meßinstrument abgeglichen. Zunächst sind die beiden 45-pF-Trimmer wechselseitig so zu verdrehen, daß beide etwa gleich weit ein- bzw. ausgedreht sind.

Dasselbe wiederholt man stufenweise mit den nachfolgenden Kreisen. Ein Stehwellenmesser am Ausgang muß einen deutlichen Ausschlag zeigen. Steht ein weiterer KW-Empfänger zum Nachweis der

Injektionsfrequenz zur Verfügung, kann man die Gegentaktspule an den Mischer-FETs durch Symmetrieren auf höchste Unterdrückung dieser Frequenz am Ausgang nachstimmen. Auch dazu Orientierungswerte für die ungefähren Stellungen der Abgleichtrimmer:

- C201,
- C202,
- C203: knapp zur Hälfte eingedreht (etwa 20 pF),
- C204: etwa ein Drittel eingedreht (etwa 25 pF),
- C205: zu drei Viertel eingedreht (etwa 45pF),
- C206: zu zwei Drittel eingedreht (etwa 70 pF).

### Bauteile und Spulendaten für die Baugruppe Linearverstärker

C301 bis C304	Folientrimmer 10 mm, 90 pF (rot)
L301	8 Wdg., 1-mm-CuL, 6 mm Innend.
L302	10 Wdg., 1-mm-CuL, 6 mm Innend.
L304	7 Wdg., 1-mm-CuL auf Ringkern T 50-6 (gelb), gleichmäßig gewickelt
L305, L306	5 Wdg., 1-mm-CuL, 10 mm Innend.
LDr301	5 Wdg., 0,2-mm-CuL, durch Ferrit-Dämpfungspere
LDr302	4 Wdg., 0,5-mm-CuL, durch UKW-Doppellochkern (oder VK 200)
LDr303	wie L301
VD301	1 N 4148 (Si-Universaldiode)
VD302	1 N 4007
VT301	2 SC 1306 (NEC, u. a.)

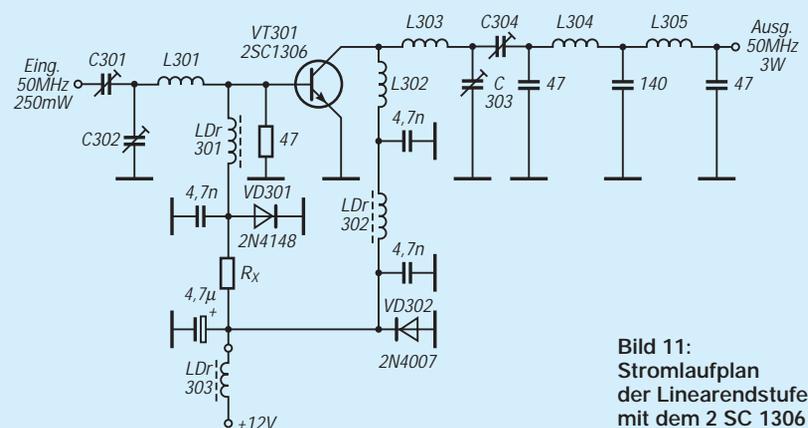


Bild 11: Stromlaufplan der Linearendstufe mit dem 2 SC 1306

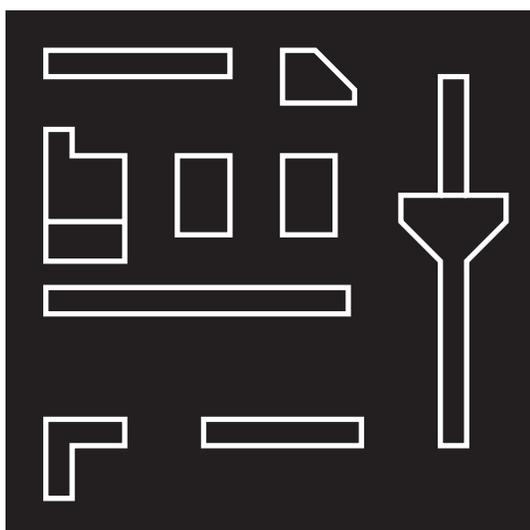
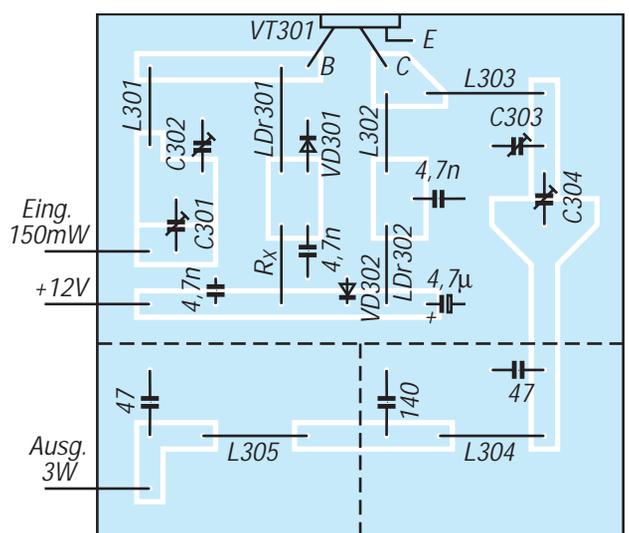


Bild 12: Leitungsführung der Platine für die Linearendstufe mit dem 2 SC 1306. Die Bestückungsseite der Platine ist eine durchgehende Massefläche.

Bild 13: Bestückungsplan der Linearendstufe mit 2 SC 1306 (gestrichelte Linien: Abschirmbleche). Alle Bauelemente werden direkt auf der Leiterseite angelötet.



## ■ Linearverstärker

Die dritte Baugruppe besteht aus dem Linearverstärker und einem Tiefpaßfilter. Eine ganze Reihe von Endstufentransistoren, die für CB-Geräte gefertigt werden, hat eine hinreichend hohe Grenzfrequenz, um auch bei 50 MHz noch eine Verstärkung von 10 bis 13 dB zu erreichen. Mehr, etwa durch Verwendung spezieller VHF-Transistoren, ist nicht vorteilhaft, da Probleme durch Selbsterregung entstehen können. Außerdem sind CB-Transistoren recht preiswert erhältlich. Hier wird ein 2 SC 1306 eingesetzt, der „kleine Bruder“ des 2 SC 1307, der in Generationen von AM-CB-Transceivern als Arbeitspferd zu finden ist. Die Transistfrequenz von 150 MHz des 2 SC 1306 ergibt gute Eigenschaften bei 50 MHz. Ein Testaufbau mit dem 2 SC 1307 dagegen hatte leider in diesem Frequenzbereich mit etwa 6 dB zu wenig Verstärkung.

Die beschriebene Endstufe liefert bei einer Ansteuerung von 100 bis 200 mW etwa 3 bis 4 W HF; bei 400 mW sind bis 6 W bei sauberem Signal erreichbar. Die Schaltung (Bild 11) entspricht der bei 2-m-Endstufen bekannten Schaltungstechnik und bietet mit einem nachgeschalteten Tiefpaßfilter ein sehr oberwellenarmes Signal. Das ist besonders wichtig, da die 1. Oberwelle im UKW-Rundfunkband liegt.

Über ein Eingangsnetzwerk, bestehend aus C301, C302 und L301, wird die Steuerleistung der Basis des Transistors 2 SC 1306 zugeführt. Er arbeitet mit einem Ruhestrom von etwa 50 mA hinreichend linear. Die Basisvorspannung entsteht mit Hilfe der Diode VD301, die bei Betriebsspannungen zwischen 11,5 und 13,5 V für einen einigermaßen konstanten Ruhestrom von (45 und 60 mA) sorgt. Das aus L302, C303 und C304 bestehende Ausgangsnetzwerk schafft die Anpassung vom Ausgangswiderstand von 50 Ω auf die für den Endstufentransistor optimale Lastimpedanz. Um eine erhöhte Sicherheit gegen wilde Schwingungen zu erhalten, ist L302 eine

Ringkernspule mit entsprechend geringem Streufeld.

Die Betriebsspannung wird über zwei Drosseln zugeführt und mit drei Kondensatoren abgeblockt. VD2 schließlich dient als Verpolungsschutz. Das zweistufige Tiefpaßfilter in Doppel-Pi-Schaltung besteht aus den Spulen L3 und L4 mit den zugehörigen Kondensatoren.

## ■ Aufbau des Linearverstärkers

Auch der Linearverstärker paßt in ein handelsübliches Weißblechgehäuse der Maße 72 mm × 72 mm.

Beim Aufbau beginnt man damit, anstelle des Bodendeckels die Platine (Bild 12; Leiterbahnen nach oben) rundherum einzulöten und gleich auch schon die Trennwände einzusetzen. Dann werden die Anschlüsse des Transistors 2 SC 1306 so gebogen und gekürzt, daß sie möglichst dicht über der Leiterplatte liegen. Nach Bohren des Befestigungsloches für die Kollektorfahne wird der Transistor unter Zwischenlegen eines Glimmerplättchens und zweier Isoliermipfel aus Plastik an der Gehäusewand festgeschraubt. An der Außenseite muß man zur unumgänglichen Kühlung noch einen Aluminiumwinkel anbringen!

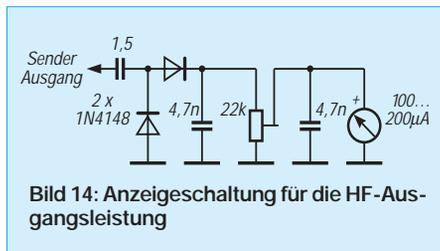


Bild 14: Anzeigeschaltung für die HF-Ausgangsleistung

Die Betriebsspannung gelangt über einen Durchführungskondensator (1 bis 10 nF) zur Schaltung. Zwischen ihm und der Leiterplatte befindet sich freitragend LDr303. Anschließend bestückt man die Platine mit allen Bauteilen (Bild 13) außer dem Widerstand  $R_x$ . Er wird erst nach dem Abgleich eingesetzt. Bild 15 zeigt den fertigen PA-Baustein.

Bild 15 zeigt den fertigen PA-Baustein.

Bild 15: Foto der Baugruppe 3-W-Linearendstufe

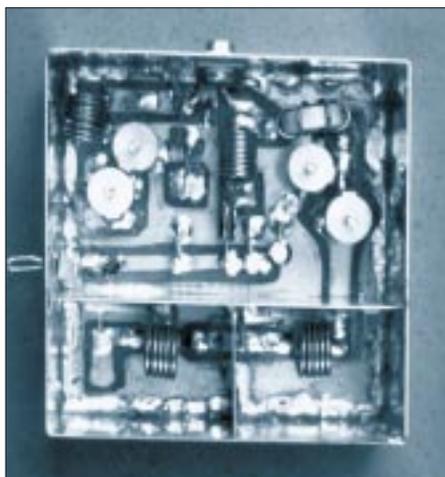
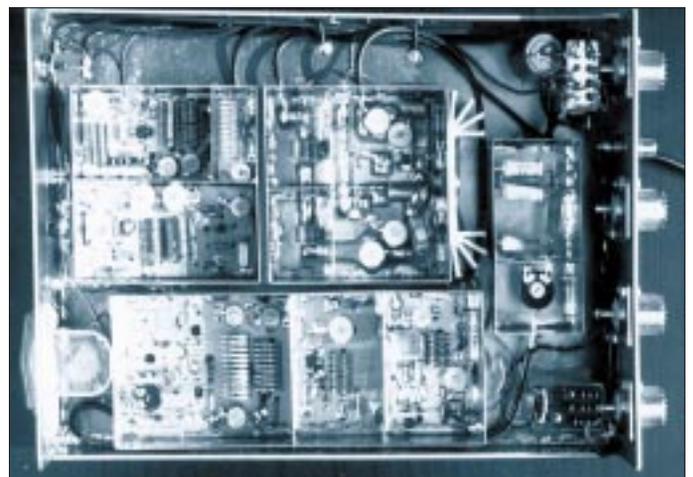


Bild 16: Der komplette Transverter mit allen Baugruppen



## ■ HF-Ausgangsanzeige

Es ist auf einfache Weise möglich, mit einem kleinen Profilinstrument von 100 bis 200 µA eine Output-Anzeige aufzubauen. Mich beruhigt es jedenfalls immer sehr, wenn ein zappelndes Meßinstrument anzeigt, daß HF den Transverter verläßt! Dazu kann man die einfache Schaltung (Bild 14) freitragend aufbauen. Der Koppelkondensator mit 1,5 pF wird an den HF-Ausgang der Endstufenleiterplatte angeschlossen und kann unverändert für beide beschriebenen Linearverstärker eingesetzt werden.

## ■ Abgleich des Linearverstärkers

Zum Abgleich des Linearverstärkers wird zunächst der Widerstand  $R_x$  weggelassen. Der Vorabgleich erfolgt im B-Betrieb an einem 50-Ω-Lastwiderstand (drei Metalloxid-Schichtwiderstände 150 Ω/2 W parallel) zunächst ohne das Tiefpaßfilter. Letzteres kommt erst nach dem Abgleich in die Antennenleitung. Ein Netzgerät mit einstellbarer Strombegrenzung kann nützlich sein, um einem plötzlichen Ansteigen des Kollektorstroms bei eventuellen wilden Schwingungen zu begegnen. Notfalls erfüllt ein 2,7-Ω-Widerstand mit 2 W Belastbarkeit in der Plusleitung den gleichen Zweck.

Wechselseitig werden nun die Ein- und Ausgangstrimmer auf maximale Leistung abgeglichen, wobei verringerte Ansteuerleistung für die ersten Einstellungen hilfreich ist. Anschließend werden  $R_x$  als Kombination aus einem Festwiderstand von 180 Ω in Reihe mit einem Trimpotentiometer von 500 Ω eingeschaltet und ein Ruhestrom von 50 mA eingestellt. Nach Ausmessen der Kombination läßt sie sich durch einen Festwiderstand gleichen Widerstandswerts ersetzen. Danach erfolgt der Endabgleich mit den Trimmern C1 bis C4, erst dann wird das Tiefpaßfilter eingeschleift und auf maximale Ausgangsleistung getrimmt.

(wird fortgesetzt)