# Baubeschreibung zum 6m-Linear-Transverter **XV6/2**

Siegfried Hari
Elektronische Bausätze
Spessartstraße 80
63500 Seligenstadt

## 6m Lineartransverter XV6/2

| **Technische Daten :** | **XV6/10** | **XV6/2** |
|---|---|---|
| Eingangsfrequenz | 28 ... 30 MHz | 144 ... 146 MHz |
| Ausgangsfrequenz | 50 ... 52 MHz | |
| Betriebsspannung | 11.5 ... 13.8 Volt | |
| Stromaufnahme (empf./send.) | 0.04A / 1.8A | |
| **Empfänger :** | | |
| Rauschzahl | 2.5 dB | |
| Verstärkung | 20 dB +/-1.5dB | |
| Spiegelfrequenzunterdrückung | > 70dB | |
| Eingangsinterceptpunkt IP3 | 0dBm | |
| **Sender :** | | |
| Nennausgangsleistung bei 12 V | 6 Watt | |
| Eingangsleistung | 0.1 ... 15 Watt einstellbar | |
| Ober- und Nebenwellenunterdrückung | > 56 dB | |
| max. SWR an der Antennenbuchse | 4 | |

**Schaltungsbeschreibung**
Im Empfangsfall läuft das Eingangssignal über das Sende-Empfangs-Relais und einen Eingangskreis hoher Güte zum Vorstufentransistor T1, der Gate-Basisschaltung betrieben wird. Im Sendefall wird diese Stufe über eine positive Vorspannung abgeschaltet, die über die Diode D1 an die Source angelegt wird. Auf ein Bandfilter zur Spiegelfrequenzselektion folgt der Mischer mit dem Dual-Gate-Fet T2. Am Drain des Transistors wird das ZF-Signal über ein weiteres Bandfilter ausgekoppelt und über das S/E-Relais dem Ausgang zugeführt.
Beim Senden gelangt das Steuersignal auf zwei parallelgeschaltete induktionsarme 100Ohm-Metall-oxidwiderstände. Da die maximal zulässige Ansteuerleistung des Mischtransistors T4 nur 1mW beträgt, müssen sie die gesamte Transceiverleistung aufnehmen. Die Steuerleistung darf daher die Belastbarkeit der Widerstände nicht überschreiten, sie beträgt bei Dauerträger 8Watt, bei SSB und CW-Betrieb etwa

das doppelte. Die Aussteuerung des Transverters kann mit Hilfe des Trimmers R22 eingestellt werden. Ein Saugkreis bestehend aus L3 und C15 verhindert das Eindringen von 50MHz Resten auf den Mischereingang.
Ein schmalbandiges Filter (L4, L5) verbindet als Hauptselektionsglied den Mischer mit der Treiberstufe. Am Kollektor von T6 steht eine Leistung von etwa 500mW zur Verfügung. Diese wird über ein Anpassnetzwerk auf die niederohmige Eingangsimpedanz des Endstufentransistors T7 geführt.
Die 6 - 8Watt der Endstufe gelangen über ein Tiefpassfilter zum Ausgangs. Ein zusätzlicher Dämpfungspol wird im Filter mit C34 realisiert, dadurch wird die erste Oberwelle um mehr als 60dB unterdrückt.
Der Transistor T2 ist als Quarzoszillator beschaltet, je nachdem ob man einen Grundwellen- (10m-Version) oder einen Obertonquarz (2m-Version) einsetzt, wird eine unterschiedliche Beschaltung verwendet. Abhängig von der Version werden daher manche Bauteile auf der Platine nicht bestückt.
Es gibt drei Möglichkeiten zur Umschaltung zwischen Senden und Empfang:

- Eine positive Spannung zwischen 3 und 12V an Pin 7 (CTL),
- Pin 4 (PTT) auf Masse legen,
- HF-Vox-Betrieb.

Für den HF-Vox Betrieb muß Pin 6 mit Pin 7 verbunden werden. Ab einer Eingangsleistung von ca. 50mW reicht die von D3/D4 gleichgerichtete Spannung um über T9 und T5 den Sendeteil mit Spannung zu versorgen.

**Aufbau :**
Der Aufbau der Schaltung erfolgt auf einer doppelseitig kupferkaschierten Platine von 71x109mm Größe. Die meisten Leiterbahnen befinden sich auf der Lötseite, die Bauteileseite besteht im Wesentlichen aus Massefläche. Da die Platine mit Lötstoplack versehen ist, sollte der Aufbau keine Probleme bereiten.
Am einfachsten ist es beim Bestücken mit den flachen Bauteilen (Widerstände, Dioden, T3, T4) zu beginnen. Danach fährt man mit den Kondensatoren fort usw. bis zum Schluß die großen Brocken, wie Filterspulen und Quarz bestückt werden. Während des Bestückens streicht man alle bereits eingebauten Teile auf der Stückliste ab, so hat man sie beste Gewähr keinen Fehler zu machen.
Die Dual-Gate-Fets haben ein langes Bein, das Drain und eines mit einer kleinen Fahne direkt am Gehäuse, die Source (Masseseite). Dadurch ist die Einbaulage festgelegt. Meisten schaut die Beschriftung des Transistors dabei nach oben. Neben dem BF981 sind BF980, BF960 oder BF961 ebenso geeignet. Zum Einbau von T2 werden dessen Anschlußdrähte direkt am Gehäuse nach unten abgebogen.
Manche Kondensatoren haben eine Codierung, die den Wert in Pikofarad angibt. Es ist zuerst der Wert und dann die Anzahl der Nullen danach aufgedruckt. 47nF wird also mit 473 gekennzeichnet, auf den 10nF Kondensatoren steht 103 usw. Die Kondensatoren C7 und C18, befindet sich als Leiterstruktur auf der Platine und braucht nicht bestückt zu werden. Die Trimmer müssen so eingelötet werden, daß die abgeflachte Seite auf die Spulenfilter zeigt.
Die Lötstützpunkte werden mit einer Zange fest in die zugehörigen Löcher eingepreßt, damit sie einen guten Halt haben. Die beiden Lastwiderstände R7 und R13 können ziemlich warm werden. Daher sollten sie mit ca. 1mm Abstand zur Platine montiert werden.
Die Spule L13 besitzt einen kupfernen Abschirmbecher und ist durch einen Aufdruck "5061" gekennzeichnet. L12 sieht aus, wie ein 1/2-Watt Widerstand (Codierung: ge, vl, si), L8 und L9 werden aus 1mm starkem versilbertem Kupferdraht gefertigt. Der Draht wird dazu mit der entsprechenden Widungszahl um einen 6mm-Bohrer gewickelt, abgeschnitten und soweit auseinandergezogen, daß die Anschlüsse der Spule in die dafür vorgesehen Bohrungen passen. L11 ist mit einem orangen Punkt markiert. Alle übrigen Spulen sind in einem blauen Gehäuse, der Wert ist in Mikrohenry aufgedruckt.
Zwischen Treibertransistor T7 und Platine liegt ein Montagescheibe damit der Aufsteckkühlkörper die umliegenden Bauteile nicht berührt.
Der Enstufentransistor T7 und die Diode D2 werden auf der Platinenunterseite bestückt. Zuerst biegt man die Anschlußdrähte T7 rechtwinklig um, so daß sie von seiner Kühlfläche wegschauen. Mit der 4mm langen M3 Schraube wird nun der (kurze) **5mm** Stehbolzen an die Platine angeschraubt. T6 wird nun so in seine Bohrungen eingeführt, daß seine Befestigungsbohrung über der Bohrung des Stehbolzen liegt. Dann lötet man ihn an. Der Kühlflansch schaut nun von der Platinen weg und erlaubt das Anschrauben eines Kühlkörpers. Damit dieser einen zweiten Befestigungspunkt hat, wird der (lange) **6mm** Stehbolzen am anderen Platinenende in der entsprechenden Bohrung angeschraubt. Die Anschlußdrähte der Diode

D2 läßt man etwas länger und montiert sie so, daß ihr Gehäuse das des Transistors berührt. Sie wird dort mit einem Tropfen Sekundenkleber fixiert.
Bei der Montage der Platine in das Gehäuse muß man darauf achten, daß der Abstand der Platinenunterseite genau 6mm zur Gehäuseunterkante beträgt. Der PA-Transistor muß direkt auf dem Kühlkörper aufliegen, die Bohrung im unteren Deckel muß daher mindestens 20mm Durchmesser haben. Deckel Kühlkörper und Gehäuse werden mit 8mm langen M3 Schrauben zusammengeschraubt. Als Kühlkörper eignet sich der Typ SK51-100 der Fa. Fischer.
Um die Vorschriften nach dem EMVG (CE-Kennzeichen) einzuhalten ist es unbedingt notwendig die Platine in ein HF-dichtes Metallgehäuse einzubauen (Schubert, 72x111x30mm). Alle Leitungen bis auf Antenne- und Transceiverbuchse sind mit 1nF Durchführungskondensatoren abzublocken. Zwischen dem +12V-Anschluß der Platine und dem zugehörigen Durchführungskondensator muß eine 6-Loch Ferroxcube-Drossel eingebaut werden.

**Abgleich**

Zum Abgleich werden benötigt :
- 50 MHz Signalquelle z.B. Grid-Dip Meter,
- 144 MHz Steuersender und Empfänger (2m-Transceiver),
- Wattmeter oder SWR-Meter mit Dummyload,
- Frequenzzähler (min. 100 MHz, 20mV Empf.),
- Volt- und Amperemeter

Zuerst wird die Betriebsspannung (12 Volt ) angelegt, die Stromaufnahme muß zwischen 20 und 30mA liegen. Legt man den Pin PTT auf Ground muß sie auf ca. 150mA steigen, dabei muß an der Anode von D2 eine Spannung 0.65 ... 0.75 Volt anliegen.

Oszillator :
Der Frequenzzähler wird mit dem Emitteranschluss von T8 verbunden. Durch Drehen am Kern von L11 eine Frequenz von 94MHz ±1kHz einstellen.

Empfänger :
Die Signalquelle wird auf 50.250 MHz eingestellt und an die Antennenbuchse angeschlossen (Ausgangsspannung ca. 1mV, evtl. Dämpfungsglied dazwischen schalten ). Einen Empfänger mit 144.250MHz schließt man an die TRX-Buchse an. Mit C2, C5, C26 und C27 wird nun wechselseitig auf maximale S_Meteranzeige des Empfängers abgeglichen. Mit diesem Abgleich werden die ersten 500kHz des 6m-Bandes überdeckt. Ein Abgleich über die vollen 2MHz (50 ... 52 MHz) ist mit Wobbelsender möglich.

Sender :
**Achtung, der Sender darf niemals ohne Kühlkörper betrieben werden!** Der Endstufentransistor geht schon nach Sekunden durch Überhitzung kaputt.
An die TRX-Buchse wird der Steuersender angeschlossen, an die Antennenbuchse kommt das Wattmeter und die Dummyload. R22 wird auf Rechtsanschlag gedreht. Der Transceiver wird auf 144.250 MHz und auf eine Leistung von ca. 1Watt eingestellt. Der PTT-Pin wird auf Masse gelegt. Nun wird mit C28, C29 und C23 die Ausgangsleistung optimiert. Achtung, die Peeks von C28 und C29 sind sehr scharf , daher langsam drehen!
Bei voller Steuerleistung wird die Ausgangleistung mit C23 noch mal auf Maximum eingestellt. Dann wird R22 so lange zurückgedreht (nach rechts), bis die Ausgangsleistung 6 Watt beträgt. Der Strom sollte dabei 1.2 A nicht wesentlich überschreiten.

Der Sender arbeitet stabil bei einem SWR < 3 und einer Ausgangsleistung von <= 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.

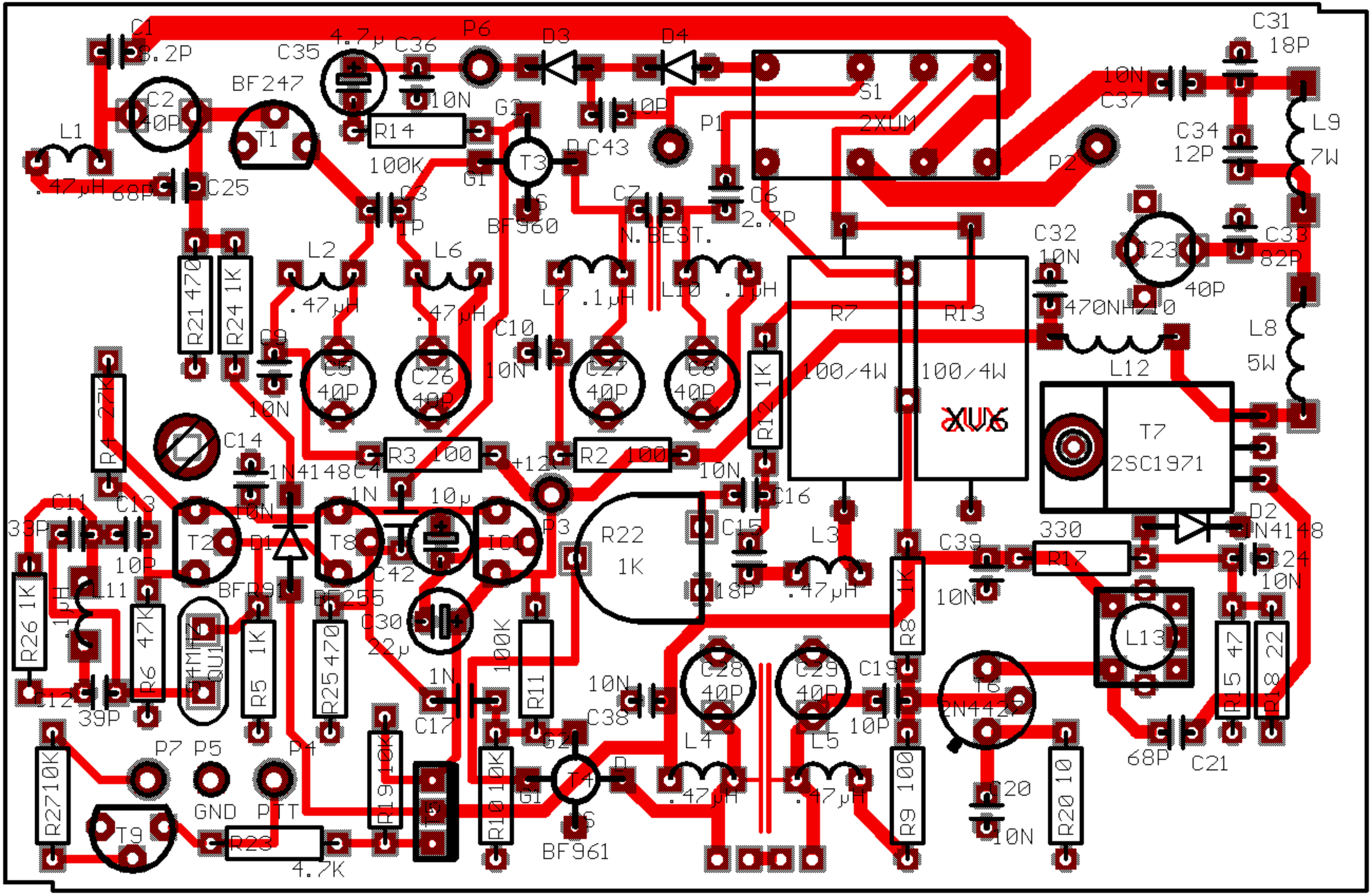
**Stückliste XV6/2**

| | |
|---|---|
| C1 | 8.2P |
| C2 | 40P |
| C3 | 1P |
| C4 | 1N |
| C5 | 40P-TRIM |
| C6 | 2.7P |
| C8 | 40P-TRIM |
| C9 | 10N |
| C10 | 10N |
| C11 | 33P |
| C12 | 39P |
| C13 | 10P |
| C14 | 10N |
| C15 | 18P |
| C16 | 10N |
| C17 | 1N |
| C19 | 10P |
| C20 | 10N |
| C21 | 68P |
| C23 | 40P-TRIM |
| C24 | 10N |
| C25 | 68P |
| C26 | 40P-TRIM |
| C27 | 40P-TRIM |
| C28 | 40P-TRIM |
| C29 | 40P-TRIM |
| C30 | 22µ |
| C31 | 18P |
| C32 | 10N |
| C33 | 82P |
| C34 | 12P |
| C35 | 4.7µ |
| C36 | 10N |
| C37 | 10N |
| C38 | 10N |
| C39 | 10N |
| C42 | 10µ |
| C43 | 10P |
| D1 | 1N4148 |
| D2 | 1N4148 |
| D3 | 1N4148 |
| D4 | 1N4148 |
| IC1 | 78L05 |
| L1 | .47µH Neosid, stehend |
| L2 | .47µH Neosid, stehend |
| L3 | .47µH Neosid, stehend |
| L4 | .47µH Neosid, stehend |
| L5 | .47µH Neosid, stehend |
| L6 | .47µH Neosid, stehend |
| L7 | .1µH Neosid, stehend |
| L8 | 5W Luftspule, 6mm |
| L9 | 7W Luftspule, 6mm |
| L10 | .1µH Neosid, stehend |
| L11 | .1µH Philips Comi-Coil |
| L12 | .47µH |
| L13 | BV506100 Neosid |
| QU1 | 94MHZ 5.OT |
| R2 | 100 |
| R3 | 100 |
| R4 | 27K |
| R5 | 1K |
| R6 | 47K |
| R7 | 100/4W |
| R8 | 1K |
| R9 | 100 |
| R10 | 10K |

| | |
|---|---|
| R11 | 100K |
| R12 | 1K |
| R13 | 100/4W |
| R14 | 100K |
| R15 | 47 R10 |
| R17 | 330 |
| R18 | 22 R10 |
| R19 | 10K |
| R20 | 10 R10 |
| R21 | 470 |
| R22 | 1K-TRIM |
| R23 | 4.7K |
| R24 | 1K |
| R25 | 470 |
| R26 | 1K |
| R27 | 10K |
| S1 | 2XUM |
| T1 | BF247 |
| T2 | BFR91 |
| T3 | BF981 |
| T4 | BF981 |
| T5 | BD140 |
| T6 | 2N4427 |
| T7 | 2SC1971 |
| T8 | BF255 |
| T9 | BC547 |

C1
8.2P
C2
40P
T1
BF247
L1
470NH
C25
68P
R21
470
R24
1K
C5
40P
C26
40P
R14
100K
T3
BF960
C27
40P
C3
1P
C7
.3P
2.7P
C6
L2
470NH
L6
470NH
C4
1N
L7
.1µH
L10
.1µH
C8
40P
C10
10N
R2
100
D1
1N4148
C9
10N
R3
100
S1A
1XUM
S1B
1XUM
REL
1N4148
D4
1N4148
D3
C36
10N
C35
4.7µ
P6
VOX
C43
10P
P1
144 MHZ
P2
50MHZ
FCX
L16
C40
1N-DFC
P3
+12V
C30
22µ
P5
GND
C41
1N-DFC
P4
PTT
R23
10K
T5
BD140
4.7K
R19
T9
BC547
R27
10K
P7
CTL
R4 27K
IC1
78L08
C13
10P
T2
BFR91
C14
10N
C42
10µ
C11
33P
T8
BF255
QU1
94MHZ
1K R1
L11
1µH
C12
39P
R6
47K
R5
1K
R25
470
C39
10N
330
R17
C24 10N
D2
1N4148
R15
47
R18
22
C32
10N
L12
470NH
C37
10N
C17
1N
C38 10N
L4
470NH
L5
470NH
C19 10P
T6
2N4427
C21
68P
R8
1K
L13
N5061
R11
100K
T4
BF961
C18
0.5P
C28
40P
C29
40P
R9
100
C20
10N
R20
10
T7
2SC1971
L9 5W
100nH
L8 7W
230nH
C23
40P
C33
82P
C34 12P
C31
18P
1K
R12
C16 10N
L3
470NH
C15
18P
R22
1K
R7
100/4W
R13
100/4W
R10
10K

6m-Transverter
XV6-2

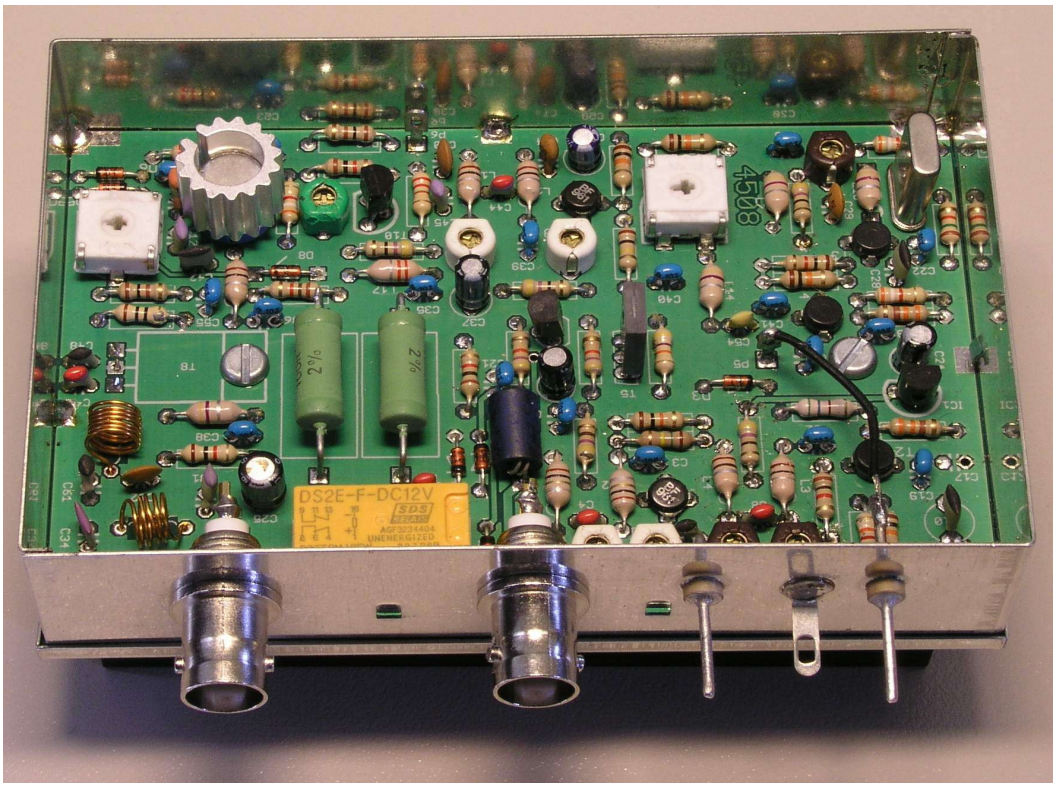


C1
3.2P
C35
4.7μ
C36
P6
D3
D4
C31
18P
BF247
C2
40P
T1
R14
100K
G2
10N
10P
S1
2XUM
10N
C37
L1
.47μH
68P
C25
G1
T3
D
C43
P1
C34
12P
L9
7W
P2
C3
1P
BF960
C7
N.BEST.
C6
2.7P
C32
10N
C23
40P
C33
82P
L2
.47μH
L6
.47μH
L7
.1μH
L10
.1μH
R7
100/4W
R13
100/4W
470NH/10
L8
5W
R21 470
R24 1K
C9
10N
C10
10N
C5
40P
C26
40P
C27
40P
C8
40P
R12 1K
L12
T7
2SC1971
R4 27K
C14
1N4148
C4
1N
R3 100
+12
R2 100
10N
C16
C11
33P
C13
10N
T2
D1
T8
10μ
IC1
P3
R22
1K
C15
L3
330
R17
D2
1N4148
C24
10N
10P
L11
BFR91
BF255
C42
C30
22μ
18P
.47μH
R8 1K
C39
10N
L13
R26 1K
R6 47K
R5 1K
R25 470
100K
R11
1N
C17
10N
C38
C28
40P
C29
40P
C19
10P
T6
2N4427
R15 47
R18 22
C12
39P
P7
P5
P4
R19 10K
T5
R10 10K
G2
T4
D
G1
BF961
L4
.47μH
L5
.47μH
R9 100
C20
10N
R20 10
68P
C21
R27 10K
T9
GND
PTT
R23
4.7K

Baubeschreibung

***Transverter für das 4m Band***

# XV4-10




Holger Eckardt

DF2FQ@darc.de

Schwer zu sagen, wann der Amateurfunk in DL eine Zuteilung für das 4m-Band erhalten wird. Jedoch gibt es in Europa immer mehr Länder, in denen Funkamateure auf dem Band aktiv werden können. Auch hierzulande gibt es bereits einige wenige Sondergenehmigungen. Bild 1 zeigt die weltweiten Frequenzzuweisungen an den Amateurfunk [aus 2]. Sollte jemand Lust haben, sich auf den neuen Frequenzen zumindest hörend zu betätigen, so findet er hier eine Transverterschaltung, die einfach nachzubauen ist und sich in ähnlicher Form als 6m-Version schon seit vielen Jahren bewährt hat.

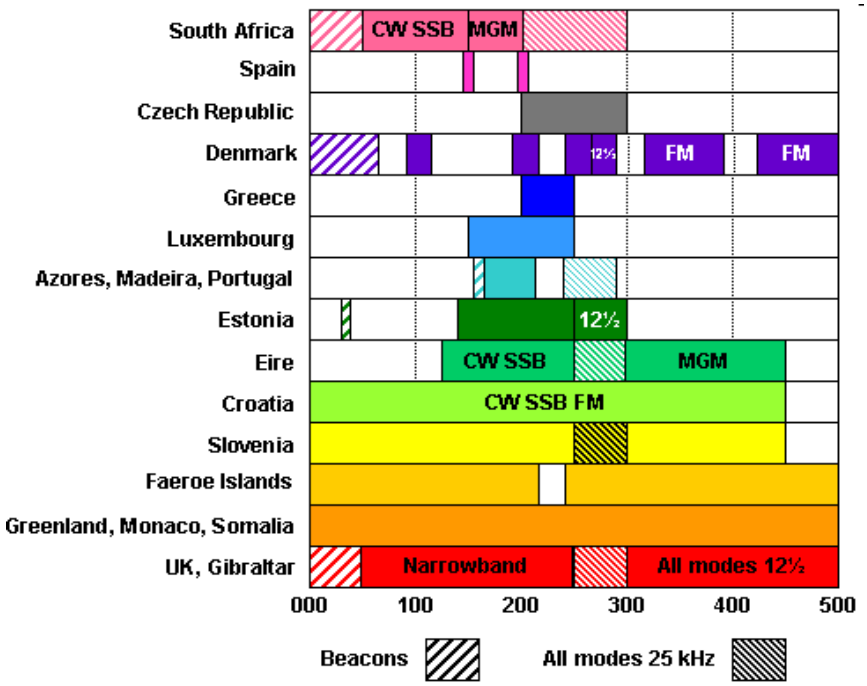



Bild 1, Stand Januar 2009, (aus www.70mhz.org)

**Ein bewährtes Konzept**

Einige Zeit nachdem 1987 die ersten Sonderlizenz für das 6m Band erteilt worden waren, hatte ich in [2] eine Baubeschreibung für einen 6m-Transverter veröffentlicht. Die Schaltung hat zwar im Laufe der Jahre immer mal wieder ein paar Verbesserungen erfahren. Das Konzept hat sich seit der Zeit aber nicht geändert.

Es sollte also kein Problem sein, dachte ich, mit einem anderen Quarz und ein paar geänderten Spulen, das Gerät auf 70 MHz zum Laufen zu bringen. So ganz einfach war es aber dann doch nicht. Ärger machen vor allem sendeseitig die Mischprodukte höherer Ordnung. Bei einem Transverter nutzt man einen vorhandenen (Kurzwellen-) Transceiver um dessen Sende-und Empfangsbereich auf das gewünschte Band umzusetzen.

Wenn man zwei Frequenzen mischt, also in unserem Fall die des Transceivers und die eines Quarzoszillators im Transverter, entstehen im idealen Fall die Summe und die Differenz der beiden Frequenzen. Leider liefert der Mischer daneben auch Produkte höherer Ordnung. D.h., die Vielfachen der Eingangsfrequenzen mischen sich ebenfalls. Ist der Frequenzabstand zur Nutzfrequenz groß genug, kann man sie durch geeignete Filter unterdrücken. Im ungünstigen Fall ergeben sich jedoch Signale im oder in der Nähe des Nutzbandes.

Diese Produkte entstehen immer, unabhängig davon, in welcher Technik der Mischer aufgebaut ist. Je nach Art des Mischers sind sie verschieden stark. Die Formel zum Errechnen der Mischprodukte lautet:

$$f(m,n)=m*f_e \pm n*f_o$$

Hierbei sind m und n ganze Zahlen, die von 0 bis unendlich gehen. $f_e$ ist die Eingangsfrequenz und $f_o$ die Oszillatorfrequenz.

Wählt man z.B. als Eingangsfrequenz 28,1MHz so benötigt man, um auf 70,1MHz zu kommen, einen 42 MHz Oszillator. Damit ergeben sich folgende Mischprodukte:

| m | n | Ausgangsfrequenz | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 70,1MHz | Die erwünschte Ausgangsfrequenz |
| 2 | 3 | 69,8MHz | Fällt genau ins Band und kann nicht ausgefiltert werden. |
| 4 | 1 | 70,4MHz | Fällt genau ins Band und kann nicht ausgefiltert werden. |

Natürlich gibt es noch viel mehr Produkte. Alle, die mehr als ein paar MHz neben der Nutzfrequenz liegen, wurden jedoch nicht berücksichtigt. Für eine Eingangsfrequenz von 144 MHz sieht es auch nicht viel besser aus:

| m | n | Ausgangsfrequenz | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 74 MHz | Die Oszillatorfrequenz. Sie liegt zwar etwas außerhalb des Bandes, hat aber eine große Amplitude und würde hohe Anforderungen an das Filter stellen. |
| 1 | 1 | 70 MHz | Die erwünschte Ausgangsfrequenz |
| 2 | 3 | 66 MHz | Mit nur 4 MHz Abstand ebenfalls nur mit hohem Aufwand zu filtern |

Auf www.df2fq.de findet man ein kleines Kommandozeilenprogramm, das unter Windows die kritischen Mischprodukte für jede beliebige Frequenzkombination ausrechnet. Wenn man nun eine Weile herumprobiert, findet man, dass das 21 MHz Band für den Nachsetzer günstig ist. Dort liegen die nächsten Mischprodukte 7 MHz entfernt. Mit 29 MHz funktioniert es ebenfalls. Hier liegen die unerwünschten Frequenzen in 5 MHz Abstand. Nachdem sich für Transverterbetrieb das 10m Band eingebürgert hat, verwende ich es auch für die hier vorgestellte Schaltung. Die Oszillatorfrequenz beträgt 40,5MHz.

Ein paar technische Daten des Transverters:

**Allgemein**

| | |
|---|---|
| Betriebsspannung | 11 ... 13,8 V |
| Stromaufnahme | 50mA Empfang, 1,2A Senden |

**Empfangszweig**

| | |
|---|---|
| Frequenzbereich | 69,5MHz ... 71 MHz (→ 29 ... 30,5 MHz) |
| Verstärkung | 20dB |
| Rauschzahl | 3dB |
| IP3e | -3dBm |
| ZF-Durchschlag | <60dB |

**Sendezweig**

| | |
|---|---|
| Frequenzbereich | 70 MHz ... 70,5MHz (→ 29,5 ... 30MHz) |
| Ansteuerleistung | 100mW ... 10W einstellbar |
| Ausgangsleistung | ca. 10 Watt (s. Text) |
| Intermodulation | -30dBc bei 5Wpep |
| Nebenaussendungen | <-55dB |

**Die Schaltung im Detail**

Bild 2 zeigt das Schaltbild. Im Empfangsfall läuft das Eingangssignal über das Sende-Empfangs-Relais zum Vorstufentransistor T2, der in Basisschaltung betrieben wird. Im Sendefall wird diese Stufe über eine positive Vorspannung gesperrt, die über die Diode D3 an den Emitter angelegt wird. Der LC-Kreis am Eingang ist auf Rauschanpassung ausgelegt. Der Transistor selbst hat auf 70 MHz eine Rauschzahl von 2dB. Der Konverter insgesamt erreicht wegen der Dämpfung des Eingangskreises und des Rauschbeitrags des Mischers einen Wert von 3dB. Der Wert ist für terrestrischen Funkbetrieb völlig ausreichend, da das Rauschen, das in diesem Band über die Antenne herein kommt ohnehin deutlich darüber liegt.

Auf ein Bandfilter zur Spiegelfrequenzselektion (C11, L3, C13, L4) folgt der Mischer mit dem Dual-Gate-FET T1. Am Drain des Transistors wird das ZF-Signal über ein weiteres Bandfilter (C15, L2, C16, L5) ausgekoppelt und über das S/E-Relais dem Ausgang zugeführt. Die Empfangsbandbreite des Konverters ist ungefähr 2 MHz breit und überdeckt damit alle derzeit noch sehr zerstückelten Bandsegmente der europäischen Frequenzzuweisungen. Die Durchlasskurve des Empfangsteils zeigt Bild 3.

Beim Senden gelangt das Steuersignal auf zwei parallel geschaltete, induktionsarme 100Ω Metalloxidwiderstände. Da die maximal zulässige Ansteuerspannung des Mischtransistors T9 nur ein paar hundert Millivolt beträgt, müssen sie die gesamte Transceiverleistung aufnehmen. Die Steuerleistung darf die Belastbarkeit der Widerstände nicht überschreiten, sie beträgt bei einem Dauerträger 8 Watt, bei SSB und CW-Betrieb etwa das doppelte. Die Aussteuerung des Transverters kann mithilfe des Trimmers R27 eingestellt werden. Ein Saugkreis, bestehend aus L14 und C54, verhindert das Eindringen von 70MHz Signalen auf den Mischereingang.

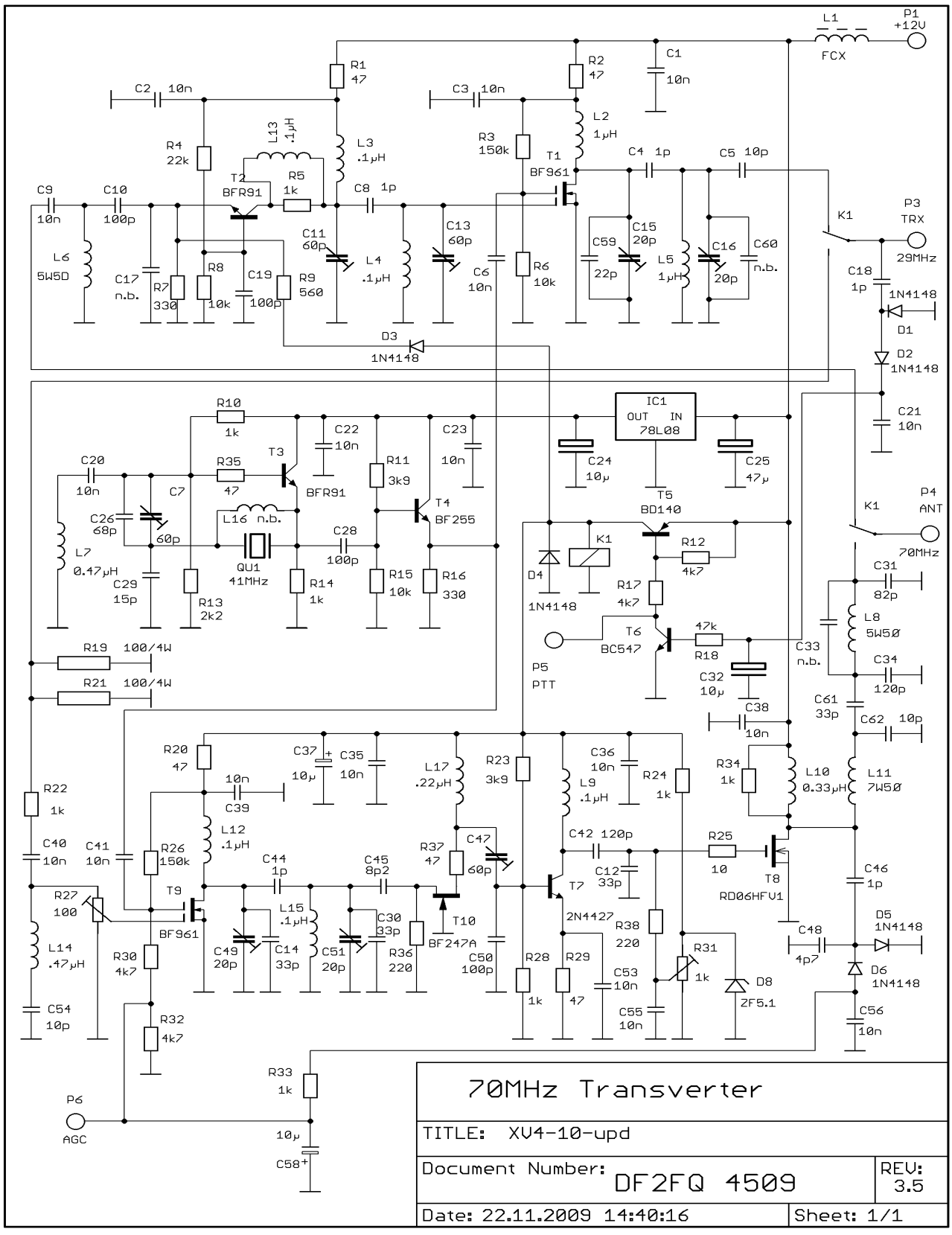



Bild 2, Schaltbild

In Senderichtung verbindet ein schmalbandiges 2-kreisiges Filter den Mischer mit der Treiberstufe. Am Drain von T10 folgt ein weiterer Kreis hoher Güte. Mit den insgesamt drei Filterkreisen ist kein unerwünschtes Mischprodukt weniger als 55dB unterdrückt, sofern es nicht näher als 5 MHz am Nutzsignal liegt. Allerdings ist das Sendefilter dadurch auch nur 500kHz breit.

Der Treiber T7 könnte an 50 Ω eine Leistung von etwa 500mW liefern. Um den Endstufentransistor T8 auszusteuern, ist diese Leistung aber nicht notwendig. Es geht bei dem FET nur um den Spannungshub am Gate. Der Lastwiderstand, auf den der Treiber arbeitet, ist R38.

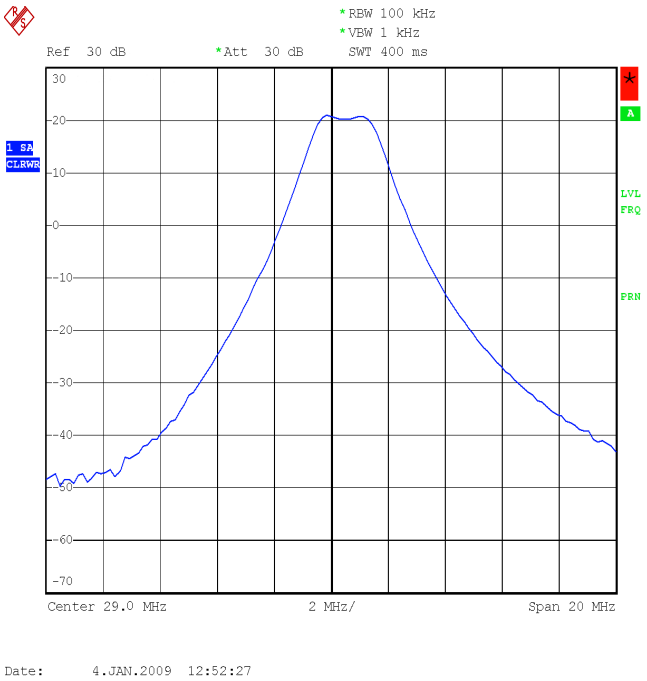



Bild3

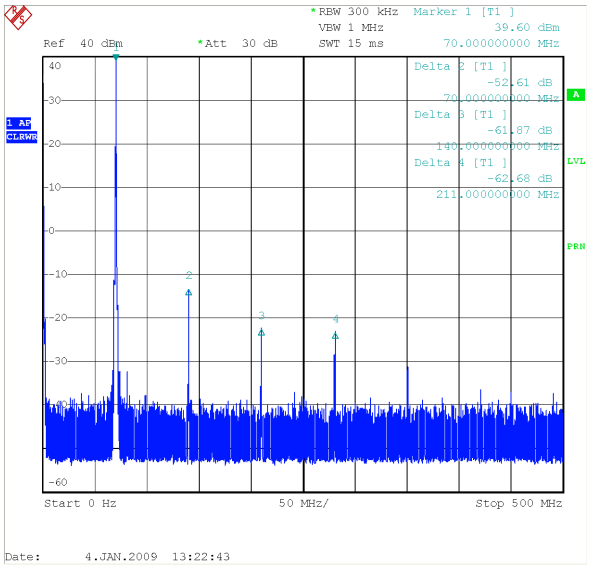
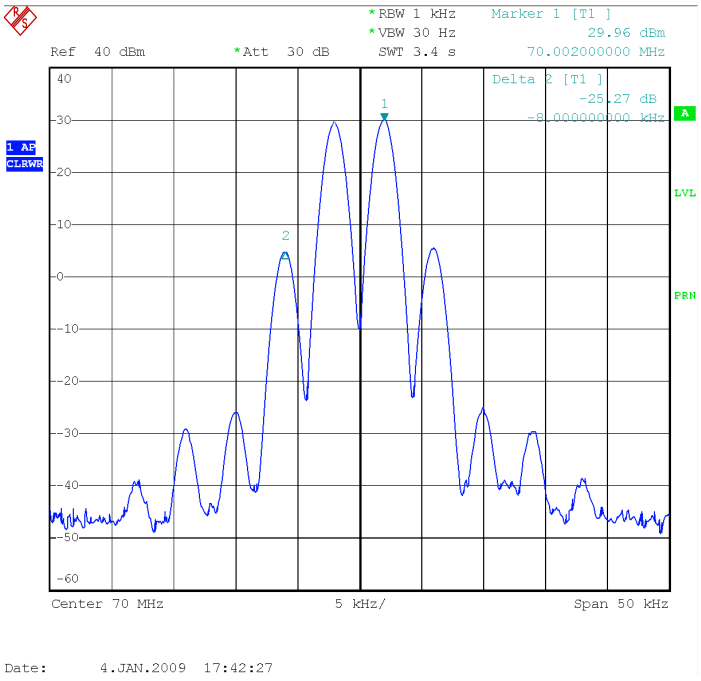



Bild 4

Würde man den FET am Gate anpassen, so wäre die Verstärkung extrem hoch und ein stabiles Arbeiten unmöglich. R25 verhindert ein Schwingen der PA im GHz Bereich. R34 verhindert das Anschwingen auf der Spulenresonanz von L10. Der PA-Ruhestrom wird mit R31 eingestellt. Die Gatevorspannung stabilisiert D8. Mit dem 5-kreisigen Tiefpassfilter am Ausgang wird eine Oberwellenunterdrückung von über 50dB erreicht. Mit C33 könnte man einen zusätzlichen Dämpfungspol auf der ersten Oberwelle erzeugen, wenn diese Störungen bereiten würde. Das Ausgangsspektrum des Senders zeigt Bild 4.




Mit D5/D6 wird aus der Kollektorspannung des PA-Transistors eine negative Regelspannung gewonnen, die über das Gate 2 von T9 dafür sorgt, dass der Verstärker nicht übersteuert wird. Ohne diese ALC (automatic level control) erreicht die PA eine Sättigungsleistung von zirka 10 Watt. Leider ist der PA Transistor für FM Betrieb entwickelt und daher nicht auf beste Linearität optimiert. Man sollte also, wenn man Splatter durch Intermodulation vermeiden möchte, die PA im SSB Betrieb nicht zu weit aussteuern. Auf Bild 5 sieht man das Intermodulationsspektrum bei Zweitonansteuerung. Bei $4W_{pep}$ beträgt der Intermodulationsabstand dritter Ordnung 25dB. Die Produkte fünfter und höherer Ordnung, die ja eigentlich für die Splatterstörungen verantwortlich sind, spielen bei der Leistung noch keine Rolle. Die ALC ist auf 5W eingestellt. An P6 kann man den Wert der Regelspannung messen.

Der Transistor T3 erzeugt das Oszillatorsignal. Es wird ein Obertonquarz in Serienresonanz verwendet. L16 dient zur Kompensation der Halterkapazität. Je nach Quarz kann sie auch entfallen. Mit dem Trimmer C7 wird die Frequenz exakt eingestellt. Am Emitter der Pufferstufe T4 steht eine Spannung von etwa 4Vss.

Die Sende-Empfangsumschaltung geschieht entweder automatisch über eine HF-VOX, oder vom Transceiver gesteuert über P5. Sobald ein hinreichend starkes Signal (>100mW) am Eingang anliegt, wird ein Teil davon mit D1 und D2 gleichgerichtet und über T6 und T5 schaltet der Transverter auf Senden. Die Abfallszeit der HF-Vox hängt vom Wert von C32 ab beträgt und beträgt ca. ½ Sekunde.

Benötigt man die HF-VOX nicht, so muss man R18 entfernen. Das Gerät schaltet auf Senden, wenn man P5 auf Masse legt (PTT).

**Die praktische Realisierung**

Der Transverter ist mit 71x109mm sehr kompakt. Bilder 6 zeigt den Bestückungsplan. Ein Foto des fertigen Geräts sieht man auf Bild 9. Der Aufbau der Schaltung erfolgt auf einer doppelseitig kupferkaschierten Platine. Die meisten Leiterbahnen befinden sich auf der Lötseite, die Bauteileseite besteht im Wesentlichen aus Massefläche.

Mittlerweile ist es schon ein kleines Kunststück noch einigermaßen moderne Bauteile in bedrahteter Technik aufzutreiben. Es gibt fast nur noch SMD Komponenten. Alle hier verwendeten Bauteile waren, zumindest als der Artikel verfasst wurde, im Elektronikhandel erhältlich. Wie lange das so bleibt, kann leider niemand garantieren.

Am einfachsten ist es beim Bestücken mit den flachen Bauteilen (Widerstände, Dioden, SOT Transistoren) zu beginnen. Danach fährt man mit den Kondensatoren fort usw., bis zum Schluss die großen Brocken, wie Filterspulen und Quarz bestückt werden. Während des Bestückens streicht man alle bereits eingebauten Teile auf der Stückliste (Tabelle 1) ab, so hat man sie beste Gewähr keinen Fehler zu machen.

Das lange Bein bei den Dual-Gate-FETs ist das Drain. Im Bestückungsplan ist es mit einem Punk gekennzeichnet. Die Source hat eine kleine Fahne am Pin-Ansatz. Wenn er richtig herum eingebaut ist, zeigt die Beschriftung zum Betrachter. Das Gleiche gilt für die BFR91. Die Beinchen müssen unmittelbar am Gehäuse abgewinkelt werden. Die beiden Lastwiderstände R19 und R21 können warm werden. Daher sollten sie mit ca. 1mm Abstand zur Platine montiert werden.

Die Festinduktivitäten sehen aus, wie 1/2-Watt Widerstände und haben einen Farbcode. L10 ist etwas dicker als die Übrigen, da sie den PA-Strom liefern muss. L6, L8 und L11 werden aus 0.5mm starkem Kupferlackdraht gewickelt. Der Draht wird dazu ohne Abstand Windung an Windung um einen 5mm-Bohrer gewickelt, und die Drahtenden werden verzinnt. Dabei besitzt L6 und L8 5 Windungen und L11 7 Windungen (Bild 10).

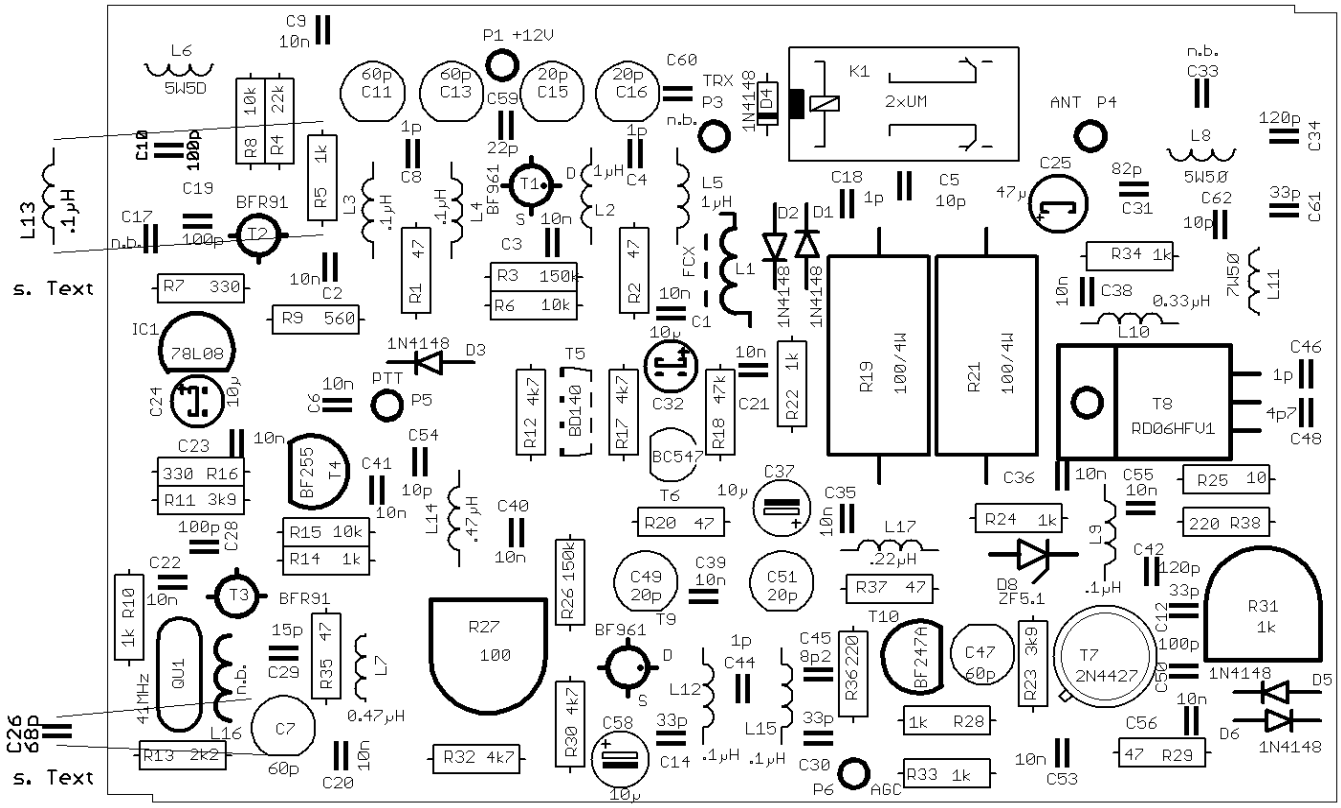



Bild 6, Bestückungsüplan

Auf den Treibertransistor T7 wird ein Aufsteckkühlkörper gesteckt. Er sollte die umliegenden Bauteile nicht berühren. Daher sitzt auch der Transistor auf einem TO5-Abstandhalter aus Kunststoff.

Der Endstufentransistor T8 wird auf der Platinenunterseite bestückt (Bild 11). Zuerst biegt man die Anschlussdrähte rechtwinklig um, sodass sie von seiner Kühlfläche weg schauen. Mit einer M3x4 Schraube wird nun ein 5mm Stehbolzen an die Platine angeschraubt. T8 wird so in seine Bohrungen eingeführt, dass seine Befestigungsbohrung über dem Gewinde des Stehbolzens liegt. Die Beinchen lötet man am besten von der Bauteileseite der Platine an. Der Kühlflansch schaut nun von der Platine weg und erlaubt das Anschrauben eines Kühlkörpers. Damit dieser einen zweiten Befestigungspunkt hat, wird ein 6-mm-Stehbolzen am anderen Platinenende mit einer weiteren M3x4mm Schraube angeschraubt. Die unterschiedlichen Längen der Stehbolzen gleichen die Flanschdicke des Transistors aus.



Bild 11

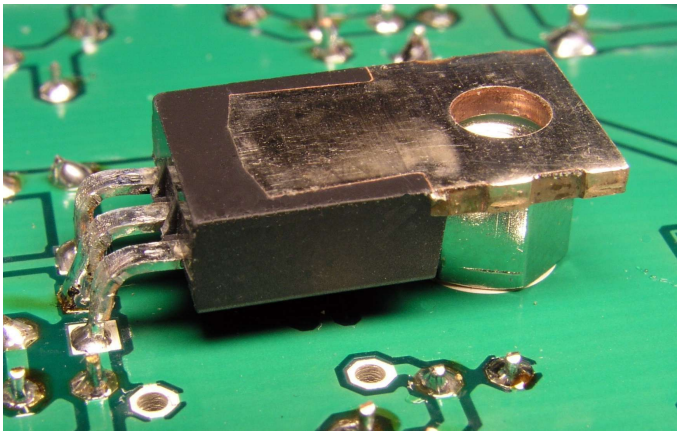


Bild 12

Die BNC-Buchsen können nun auf das Gehäuseseitenteil montiert und die Durchführungskondensatoren eingelötet werden. Die Kontermuttern der BNC-Buchsen müssen sehr fest angezogen werden, damit sich die Buchsen später nicht losdrehen. In die passenden Bohrungen werden die beiden Durchführungskondensatoren eingelötet. Dazwischen lötet man die Lötöse für den Masseanschluss.

Um die Platine in das Gehäuse einzubauen, steckt man zuerst die beiden Seitenteile und den unteren Deckel zusammen und legt die Platine so hinein, dass der Flansch von T6 auf dem Tisch aufliegt. Für die Überlappungen der Gehäuseteile gibt es auf der Platine passende Ausfräsungen.

Nun lötet man mit einem kräftigen Lötkolben die Platine an einigen Stellen am Gehäuse fest. Dabei müssen die Seitenteile ohne Spalt an der Platine anliegen. Die Stoßstellen der Seitenteile werden danach verlötet.

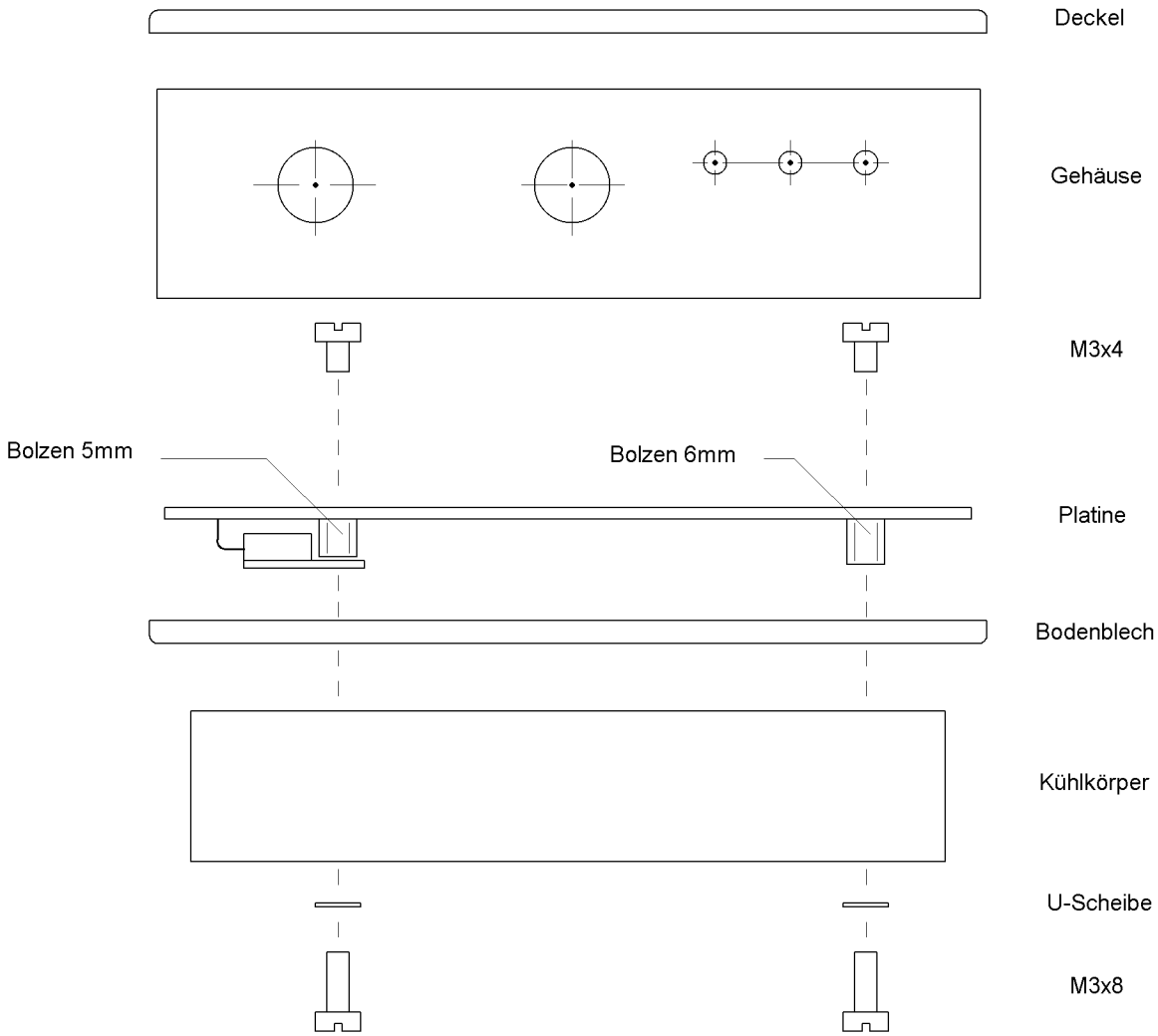
Die Reihenfolge, wie man Platine, Deckel und Kühlkörper montiert, zeigt Bild 11. Der PA-Transistor muss direkt auf dem Kühlkörper aufliegen, daher ist im unteren Deckel eine 22-mm-Bohrung angebracht. Deckel Kühlkörper und Gehäuse werden mit 8mm langen M3 Schrauben zusammengeschraubt. Auf die Schrauben kommen Federringe, damit sich die Schraube nicht mit der Zeit durch die Wärmeausdehnung lockert.

Der letzte Schritt ist das Anlöten der BNC-Buchse und des Betriebsspannungsanschlusses an den entsprechenden Pins und der Einbau eines kurzen Drahtes von Pin 5 zum Durchführungskondensator für die PTT-Leitung, falls benötigt.

**Änderungen zur CQDL-Version**

Seit der CQDL Artikel geschrieben wurde ist ein Jahr vergangen. In der Zwischenzeit wurden eine Reihe Transverter aufgebaut. Die Serie hat gezeigt, dass das Gerät mit ein paar Änderungen besser funktioniert. Diese sind im Einzelnen:

- Einige Bauteilwerte im Bereich der PA haben sich geändert. Sie verbessern vor allem den Wirkungsgrad.
- Die Spule L16 zur Kompensation der Halterkapazität des Quarzes hat sich nicht bewährt. Der Quarz schwingt damit gerne auf irgendwelchen Nebenresonanzen an. Besser ist es, sie wegzulassen und die Quarzfrequenz mit einem Parallelkondensator zum Trimmer C7 einzustellen. 68pF haben sich als brauchbarer Wert erwiesen.
- Der ursprünglich verwendetet BFR91 für T4 hat mitunter auf 2GHz wild geschwungen. Ersetzt man ihn durch den pinkompatiblen BF255, gibt es keine Probleme mehr.
- Der 1kOhm Widerstand im Kollektor von T2 soll hauptsächlich die Verstärkung begrenzen. Leider verschlechtert sich dadurch auch das Großsignalverhalten. Legt man parallel dazu eine 0,1µH Spule, so hat man zwar 6dB mehr Verstärkung, dafür aber einen besseren IP3. Die Spule muss auf der Platinenunterseite eingbaut werden, sonst gibt es Verkopplungen mit dem Bandfilter.
- Auf dem Bestückungsdruck ist die Polarität des Elkos C58 falsch. Beim Bestücken bitte beachten.




**Viele Trimmer, wenig Abgleichaufwand**

Obwohl der Transverter viele Abgleichpunkte enthält, sind die Einstellungen einfach. Zum Abgleich werden benötigt :

- 70 MHz Signalgenerator
- 29 MHz Sender/Empfänger (10m-Transceiver)
- Wattmeter
- Frequenzzähler
- Volt- und Amperemeter

Der Transverter sollte abgeglichen werden, wenn er in dem Weißblechgehäuse eingebaut ist. Im offenen Zustand sind die Verhältnisse undefiniert und der Sendeteil kann instabil arbeiten. Achtung, der Sender darf niemals ohne Kühlkörper betrieben werden! Der Endstufentransistor geht schon nach Sekunden durch Überhitzung kaputt.

Zuerst wird die Betriebsspannung angelegt, die Stromaufnahme muss bei 40mA liegen. Mit einem Voltmeter kontrolliert man, ob die Spannung am Ausgang des Spannungsreglers IC1 8 V beträgt.

Oszillator :

Der Frequenzzähler wird mit dem Emitteranschluss von T4 verbunden. Mit einem Schraubenzieher mit nichtmetallischer Klinge dreht man an C10, bis die Frequenz möglichst genau 40,5MHz beträgt. Erreicht man mit dem Einstellbereich des Trimmers die Frequenz nicht, so kann einen Kondensator parallel zum Trimmer legen.

Ist der Zähler empfindlich genug, reicht auch eine Koppelspule aus einigen Windungen Draht, die über ein Koaxkabel am Zähler angeschlossen ist und in die Nähe des Oszillators gebracht wird. Hat man einen hinreichend breitbandigen Oszillografen, kann man die Spannung am Emitter von T4 kontrollieren. Sie muss ca. 4Vss betragen. An 50 Ohm liefert der Puffer eine Leistung von 10dBm. Mit dem Oszilloskop misst man ca. 4Vss.

Empfänger :

Der Signalgenerator wird auf 70 MHz eingestellt und an die Antennenbuchse angeschlossen (Ausgangsspannung nicht mehr als ein paar Millivolt, evtl. Dämpfungsglied dazwischen schalten). Am Ausgang schließt einen Empfänger auf 29,5 MHz an. Mit C11, C12, C15 und C16 wird nun wechselseitig auf maximale S-Meteranzeige abgeglichen. Steht kein 70 MHz Signal zur Verfügung, kann man den Empfangspfad auch auf Rauschmaximum abgleichen. Durch Parallelkondensatoren ist der Ziehbereich der Trimmer gespreizt, sodass man kaum auf eine falsche Frequenz abstimmen kann. Inzwischen sind ja Netzwerkanalysatoren oder Wobbler in Bastlerkreisen auch nicht mehr ganz unüblich. Damit kommt man auf eine perfekt Durchlasskurve (Bild 9).

Sender :

Um den Sender abgleichen zu können, muss die ALC ausgeschaltet sein. Dazu legt man P6 auf Masse. Den PTT-Pin P5 legt man ebenfalls auf Masse, um den Sendezweig zu aktivieren. Das Relais muss klacken. Am Trimmer R31 wird ein Ruhestrom von ca. 400mA eingestellt.

An die TRX-Buchse wird der Steuersender angeschlossen, an die Antennenbuchse kommt das Wattmeter. R27 wird auf Rechtsanschlag gedreht. Den Steuersender stellt man auf 29,5 MHz, die Ansteuerleistung sollte 100mW betragen. Nun wird mit C47, C49 und C51 die Ausgangsleistung optimiert. Achtung, die Peeks sind sehr scharf, daher langsam drehen.

Die Steuerleistung kann man nun bis auf 500mW erhöhen. Dann wird die Ausgangsleistung durch vorsichtiges Biegen der Spulen L8 und L11 noch mal auf Maximum eingestellt. Die Sättigungsleistung liegt zwischen 7 und 10 Watt.

Schließlich dreht man R27 auf Linksanschlag und stellt den Steuersender auf Nennleistung. Nun muss man R27 so lange nach rechts drehen, bis die Ausgangsleistung ca. 5 Watt beträgt. Nach Entfernen der Kurzschlussbrücke von P6, sollte die Spannung an diesem Punkt nicht mehr als 0,5V betragen.

Damit ist der Abgleich beendet. Nachdem auch bei sorgfältigem Aufbau immer mal Fehler passieren können, zeigt die Tabelle 2 typische Spannungs- und Pegelwerte an den wichtigsten Schaltungsknoten.

| Messpunkt | Wert | Bemerkung (alle Werte bei 12V Betriebsspannung gemessen) |
|---|---|---|
| | | |
| Emitter T2 | 2,3V | Empfang |
| Kollektor T2 | 5,0V | Empfang |
| Gate 2, T1 | 0,7V | Empfang |
| Drain T1 | 11,5V | Empfang |
| Emitter T3 | 4,8V | |
| Emitter T4 | 4Vss | bei 40,5 MHz |
| Kollektor T4 | 8V | |
| Kollektor T5 | 11,3V | Senden |
| Gate 2, T9 | 0,7V | Senden |
| Gate 1, T9 | 500mVss | Senden, Vollaussteuerung |
| Source T10 | 3,5V | Senden |
| Drain T10 | 11,2V | Senden, Vollaussteuerung |
| Kollektor T7 | 12Vss | Senden, Vollaussteuerung |
| Emitter T7 | 1,6V | Senden |
| Gate T8 | 4,5V | Senden |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| C1 | 10n | C48 | 4p7 | R6 | 10k |
| C2 | 10n | C49 | 20p-TRIM (rot) | R7 | 330 |
| C3 | 10n | C50 | 100p | R8 | 10k |
| C4 | 1p | C51 | 20p-TRIM (rot) | R9 | 560 |
| C5 | 10p | C53 | 10n | R10 | 1k |
| C6 | 10n | C54 | 10p | R11 | 3k9 |
| C7 | 60p-TRIM (braun) | C55 | 10n | R12 | 4k7 |
| C8 | 1p | C56 | 10n | R13 | 2k2 |
| C9 | 10n | C58 | 10µ | R14 | 1k |
| C10 | 100p | C59 | 22p | R15 | 10k |
| C11 | 60p-TRIM (braun) | C60 | n.b. | R16 | 330 |
| C12 | 33p | C61 | 33p | R17 | 4k7 |
| C13 | 60p-TRIM (braun) | C62 | 10p | R18 | 47k |
| C14 | 33p | D1 | 1N4148 | R19 | 100/4W |
| C15 | 20p-TRIM (rot) | D2 | 1N4148 | R20 | 47 |
| C16 | 20p-TRIM (rot) | D3 | 1N4148 | R21 | 100/4W |
| C17 | n.b. | D4 | 1N4148 | R22 | 1k |
| C18 | 1p | D5 | 1N4148 | R23 | 3k9 |
| C19 | 100p | D6 | 1N4148 | R24 | 1k |
| C20 | 10n | D8 | ZF5.1 | R25 | 10 |
| C21 | 10n | IC1 | 78L08 | R26 | 150k |
| C22 | 10n | K1 | 2xUM | R27 | 100-TRIM |
| C23 | 10n | L1 | 6-Loch Drossel | R28 | 1k |
| C24 | 10µ | L2 | 1µH | R29 | 47 |
| C25 | 47µ | L3 | 0.1µH | R30 | 4k7 |
| C26 | 68p (s. Text) | L4 | 0.1µH | R31 | 1k-TRIM |
| C28 | 100p | L5 | 1µH | R32 | 4k7 |
| C29 | 15p | L6 | 5Wdg. 5mmØ | R33 | 1k |
| C30 | 33p | L7 | 0.47µH | R34 | 1k |
| C31 | 82p | L8 | 5Wdg. 5mmØ | R35 | 47 |
| C32 | 10µ | L9 | 0.1µH | R36 | 220 |
| C33 | n.b. | L10 | 0.33µH | R37 | 47 |
| C34 | 120p | L11 | 7Wdg. 5mmØ | R38 | 220 |
| C35 | 10n | L12 | 0.1µH | T1 | BF961 (o.ä.) |
| C36 | 10n | L13 | 0.1µH (s. Text) | T2 | BFR91 |
| C37 | 10µ | L14 | 0.47µH | T3 | BFR91 |
| C38 | 10n | L15 | 0.1µH | T4 | BF255 |
| C39 | 10n | L16 | n.b. | T5 | BD140 |
| C40 | 10n | L17 | 0.22µH | T6 | BC547 |
| C41 | 10n | QU1 | 40.5MHz | T7 | 2N4427 |
| C42 | 120p | R1 | 47 | T8 | RD06HFV1 |
| C44 | 1p | R2 | 47 | T9 | BF961 (o.ä.) |
| C45 | 8p2 | R3 | 150k | T10 | BF247A |
| C46 | 1p | R4 | 22k | | |
| C47 | 60p-TRIM (braun) | R5 | 1k | n.b. = nicht bestücken | |

Tabelle 1, Stückliste

**Bemerkungen zum Schluss**

Die Platine ist universell genug, um fast alles auf alles umzusetzen. Eine 6m-Version gibt es schon seit langem. Wer es auf diesem Band versuchen möchte, findet ggf. entsprechende Bestückungsvarianten auf www.df2fq.de. Auch 2m auf 10 m oder umgekehrt sind machbar. Wer sich dafür interessiert, kann mir eine Mail schreiben [df2fq@darc.de]. Auch für alle anderen Fragen oder Anregungen zu dem Artikel ist dieser Weg der beste.

Die hier veröffentlichte Schaltung darf von jedermann zur privaten Nutzung nachgebaut werden. Jede kommerzielle Verwertung, auch von Teilen der Schaltung, bedarf der Genehmigung des Autors. Für Schäden, die aus der Nutzung oder dem Nachbau der hier veröffentlichten Schaltung entstehen, übernimmt der Autor keine Haftung.

**Anhang**

[1] Dreckshage, Klaus, DL3YEE, „Aktuelle Situation auf dem 4m Band“, Vortrag auf der UKW Tagung 2008
[2] Eckardt, Holger, DF2FQ, „Ein Transverter für das 6m-Band“, CQ-DL, Heft 12/1990