

Handbuch zum
70cm-FM/FSK-Transceiver
T7F

Holger Eckardt
DF2FQ
Lorenzstr. 4
81737 München

Technische Daten

Allgemein	
Frequenzbereich	430,000 ... 439,975 MHz
Kanalraaster	25 kHz
Sende-Empfangsumschaltzeit	<25ms
Temperaturbereich	-5 ... +50°C
Stromversorgung	7...14V, 60mA RX, max. 2,5A TX
Größe	145x75x22mm
Empfänger	
Empfindlichkeit digital	-120dBm (=0.22µV) für BER<10 ⁻⁴ (mit DF9IC-Modem gemessen)
Empfindlichkeit analog	-118dBm für 20dB SINAD (CCITT)
Frequenzgang	1Hz ... 7000Hz bei -3dB
Intermodulation	-54dB (3-Ton Messung)
Nachbarkanalselektion	>56dB
Nebenempfangsunterdrückung	>60dB 1. Spiegel, >51dB 2. Spiegel
Sender	
Ausgangsleistung	1.5W bei 7V, 6.5W bei 12V
Frequenzgang	1Hz ... 15000 Hz bei -3dB
Klirrfaktor	<1.5%
Nebenaussendungen	-66dBc (1. OW), <-75dBc sonst
Transiente Nachbarkanalstörungen	< -40dB

Funktion

Zur besseren Übersichtlichkeit ist das Schaltbild auf vier Seiten verteilt. Bild 1 zeigt den Synthesizer mit Modulationsschaltung, Bild 2 den Empfangsteil und Bild 3 den Sender, auf Blatt 4 ist die Steuerung dargestellt.

Synthesizer

Kernstück des Synthesizers bildet der VCO, er wird für Sender und Empfänger verwendet. Ein Helixkreis garantiert geringes Oszillatorrauschen und niedrige Mikrofonieempfindlichkeit. Getrennte Varicaps sind für Abstimmung und Modulation zuständig, dies erleichtert die Einspeisung des NF-Signals. Der VCO schwingt auf der halben Sendefrequenz, um eine größere Entkopplung von der PA zu erreichen. Auf den VCO folgt eine Verdopplerstufe, auf diese wiederum ein Puffer. Das Dämpfungsglied zwischen den beiden ist ebenfalls für die Entkopplung zwischen Oszillator und PA gedacht. Im Kollektorkreis des Puffers liegt ein Saugkreis, der die Reste der VCO-Frequenz ausfiltert.

Die Steuerung des VCOs übernimmt ein der Synthesizerbaustein MB1504. Da die Ladungspumpe des ICs für die schnelle Umschaltzeit viel zu wenig Strom liefert, sitzt am Ausgang der Phasenvergleichers eine Gegentaktendstufe. Diese speist das niederohmige Schleifenfilter.

Würde das Modulationssignal nur in den VCO eingespeist, wäre der Frequenzgang für Packet Radio Betrieb unzureichend. Unterhalb der Grenzfrequenz des Schleifenfilters würde der Hub mit 6dB pro Oktav abnehmen, auf der Schleifenresonanzfrequenz hätte er einen großen Überschwinger. Da die Schleifengrenzfrequenz in unserem Fall bei 700Hz liegt, wäre bei 10Hz kein nachweisbarer Anteil des Modulationssignals mehr vorhanden. Daher moduliert das NF-Signal auch den Referenzoszillator. Der Frequenzgang an dieser Stelle ist dem des VCO-Einspeisepunktes komplementär. Zusammengenommen ergibt sich ein völlig lineares Übertragungsverhalten.

Das Signal des Referenzoszillators wird gleichzeitig als Mischsignal für den zweiten Empfängermischer verwendet. Da die Referenzfrequenz ohne Rest durch 25kHz teilbar sein muß, ergibt sich für die zweite ZF ein Wert von 450 statt der sonst üblichen 455kHz. Dies wird beim verwendeten ZF-Filter berücksichtigt.

Empfänger

Zur Eingangsselektion benutzt der Empfänger zwei zweikreisige Helixfilter, eines vor und eines nach der Vorstufe. Ein Dual-Gate-Fet arbeitet als Mischer, die Anpassung der hochohmigen Gates erfolgt mit Hilfe gedruckter Spulen. Im Drainkreis wird das ZF-Signal ausgekoppelt. Wegen der hohen Anforderungen an ein gutes Gruppenlaufzeitverhalten ist ein Trimmer zur Anpassung des Quarzfilters vorgesehen.

Auf das Quarzfilter folgt eine Verstärkerstufe und darauf der ZF-Schaltkreis MC3371. Dieser Baustein enthält neben dem zweiten Mischer einen Begrenzerverstärker, den Demodulator, eine RSSI-Schaltung und einen Operationsverstärker. Letzterer ist hier als 2-poliges Tiefpassfilter zur Unterdrückung von ZF-Resten beschaltet. Das Filter für die zweite ZF hat gegenüber den etwas gebräuchlicheren CFW-Typen zwar eine um wenige dB schlechtere Nachbarkanalselektion, dafür aber ein erheblich besseres Gruppenlaufzeitverhalten.

Der RSSI-Ausgang (Radio Signal Strength Indikator) gibt einen Strom ab, der über einen Dynamikbereich von ca. 60dB proportional dem Logarithmus der Eingangsspannung ist. Dieses Signal ist für die Ansteuerung eines S-Meters geeignet, wenn man es hochohmig auskoppelt. Mit Hilfe eines Transistors wird daraus ein schnelles DCD-Signal (Data Carrier Detect) gewonnen, das vor allem beim Betrieb über Multimode-Digipeatern nützlich ist. Die Ansprechschwelle ist innerhalb des RSSI-Dynamikbereichs über ein Trimpoti einstellbar.

Sendezeit

Wie bei direkt modulierten Synthesizertransceivern üblich, ist der Sender nicht sehr kompliziert. Das VCO-Signal wird in der Treiberstufe auf ca. 30mW verstärkt. Damit wird ein PA-Modul angesteuert, das bei 12Volt Betriebsspannung eine Ausgangsleistung von etwa 7 Watt erzeugt. Hinter dem Tiefpassfilter und dem PIN-Diodenschalter, der für die Sende- Empfangsumschaltung zuständig ist, stehen dann noch gut 6 Watt zur Verfügung. Eine Konstantstromquelle steuert den Schalttransistor an, der die Betriebsspannung des Sendeteils schaltet. Mit Hilfe einer RC-Kombination erzeugt diese eine lineare Rampe mit einer Zeitkonstanten von 5ms. Durch das langsame Hochfahren des Senders vermeidet man Störungen in den Nachbarkanälen durch harte Einschaltflanken. Ein 5V-Spannungsregler versorgt alle Schaltungsteile außer Treiber und PA. Die unregulierte Betriebsspannung speist den Sendezeit.

Steuerung

Ein wesentlicher Teil des Transceiver ist die Steuerung. Es wird hierzu ein Mikrocontroller PIC16F84 der Fa. Microchip verwendet. Dieser übernimmt die Abfrage der PTT-Leitung, oder, im Falle eines Wechsels von Senden auf Empfang oder umgekehrt, die Programmierung des Synthesizerchips. Er schaltet Sender und Empfänger in einem genau vorgegeben Zeitschema ein und aus und kontrolliert daneben, ob über die Benutzerschnittstelle z.B. ein Kanalwechsel vorgenommen, oder eine neue Frequenz gespeichert werden soll. Das nötige Programm dazu ist im Chip selbst einprogrammiert.

Aufbau

Die komplette Schaltung findet auf einer Platine mit den Abmessungen 72x144mm Platz. Bild 5 zeigt den Bestückungsplan. Am Ende des Textes findet man die Stückliste. Es ist günstig, jedes bestückte Teil dort abzuhaken, damit man keine Komponenten vergißt. Der Bestückungsaufdruck der Platine zeigt einige Bauteile, die nicht bestückt werden müssen. Dazu gehören die beiden Dioden D6 und D7 in der Nähe der Antennenbuchse, der Kondensator C53 am PA-Modul und die acht SMD-Kondensatoren an den I/O-Ports von IC 1.

Der VMOS-Transistor T11 (BS170) wird erst nach dem Abgleich eingelötet (s.u.). Beim Bestücken sollte man darauf achten, daß die Bauteile auf der Platine aufliegen und auf der Unterseite kurz abgeschnitten sind. Außer bei IC1 dürfen keine Sockel verwendet werden. Bei letzterem empfiehlt sich die Sockelung jedoch, da ein Wechsel auf eine andere Softwareversion dadurch einfacher wird. Bei T5 ist das lange Bein Drain, bei T6 der Collector. D2 (BB405) hat keine aufgedruckte Bezeichnung, man erkennt sie am schwarzen Körper mit weißem Ring.

Vier Spulen muß man selbst wickeln. Sie sind im Schaltbild mit 3W3D gekennzeichnet. Dies bedeutet drei Windungen, 3mm Durchmesser. Man verwendet für die Spulen 0,4mm starken Kupferlackdraht, von dem man drei Windungen auf einen 3mm-Bohrer wickelt. Die Drahtenden werden vor dem Einlöten verzinkt. Die Spulen zieht man auf den Lochabstand auseinander. Die Festinduktivitäten sind, wie Widerstände mit Farbringen codiert. Vorsicht, die Farbringe von L14 (3,3µH, or, or, gold) sind denen der 0,33µH (or, or, silber) Spulen sehr ähnlich, genau wie 0,1µH (br, schw, silber) und 1µH (br, schw, gold).

Das PA-Modul lötet man als einziges Bauteil von unten auf die Platine. Die Kühlfläche schaut dabei von der Platine weg. Der Abstand zwischen den Montagefahnen und der Platine muß 4mm betragen. Dies wird durch je zwei übereinanderliegende 2mm-Distanzröllchen gewährleistet.

Nachdem die Platine bestückt ist, wird sie in das Gehäuse eingebaut. Dazu steckt man die beiden Seitenteile und das Bodenblech zusammen. Die Distanzstücke werden montiert. Die 5mm langen kommen auf die beiden mittleren Bohrungen, zwischen dem Flansch des PA-Moduls und der Platine kommen je zwei übereinandergesteckte 2mm-Stücke. Das Ganze wird nun auf das Bodenblech aufgeschraubt. Wenn es stramm sitzt, wird die Platine an den von Lötstoplack freigehaltenen Stellen an der Wand des Gehäuses angelötet und die Seitenteile des Gehäuses an den Kanten zusammengelötet. Die beiden letzten zu montierenden Teile sind die BNC-Buchse und der Durchführungskondensator für die Betriebsspannung. Sie werden von außen ohne Mutter in die entsprechenden Bohrungen gesetzt und an der Seitenwand festgelötet.

Will man den Sender für Dauerbetrieb auslegen, ist ein Kühlkörper mit 5K/W oder weniger notwendig. Für den üblichen Packet Radio Betrieb mit <50% Sendeanteil, reicht die beiliegende 2,5mm dicke Aluplatte.

Abgleich

Der Transceiver hat 9 Abgleichpunkte, trotzdem ist der Abgleich relativ einfach. Ein paar Meßgeräte sind dazu allerdings notwendig:

- Vielfachmeßgerät mit hochohmigen Eingang (Digitalvoltmeter),
- Frequenzzähler mit mindestens 30MHz Meßfrequenz und genauer Zeitbasis (die handelsüblichen Billig-Zähler sind oft nicht genauer als 50ppm, das macht bei 70cm 20kHz Ablage!),
- Oszilloskop für den NF-Bereich (5MHz reicht),
- 500Hz Generator mit 250mV Ausgangsspannung und umschaltbarem Sinus- und Rechteckausgang (eine einfache Schaltung zeigt Bild 7),
- Ein stabiles, möglichst unmoduliertes 70cm-Signal mit einem Pegel zwischen -60 und -90 dBm (falls kein Meßsender zur Verfügung steht, tut es eine 0,5 Watt Handfunke in ca. 30 Metern Entfernung).

Als erstes legt man eine Betriebsspannung von 7 .. 12 Volt an das Gerät an. Wenn keine Kurzschlüsse auf der Platine sind, fließt ein Strom von ca. 60mA. Nach zwei Minuten Anwärmphase schließt man den Frequenzzähler an Pin 2 von IC3 (MC3371) an. Die Frequenz sollte in der Nähe von 20.950MHz liegen. Man muß nun mit R4 die Frequenz genau auf diesen Wert hinziehen. Dabei sollte man bedenken, daß jedes Herz Ablage bei der Referenzfrequenz den zwanzigfachen Fehler auf der Endfrequenz zur Folge hat. Wegen der großen Koppelkondensatoren reagiert dieser Abgleich relativ träge.

Nun wird die Frequenz 430.000 MHz eingestellt. Wie das geschieht steht im Kapitel „Frequenzeingabe“. Der Kern von L1 muß soweit eingedreht werden, daß im Empfangsbetrieb an C75 eine Spannung von ca. 0,8Volt ansteht.

Als nächstes stellt man eine Frequenz möglichst in der Bandmitte ein. Die Frequenz muß mit dem unmodulierten Träger übereinstimmen, der von Generator (dem nächsten Relais, der Handfunke) geliefert wird. Das Digitalvoltmeter schließt man an den RSSI-Ausgang der Platine an. Der DCD-Trimmer R53 muß in Mittelstellung stehen, da die RSSI-Spannung etwas von der Stellung des Trimmers abhängt. Ohne Signal muß eine Spannung von ca. 0,4 bis 0,8 Volt anstehen. Je nach Stärke des Eingangssignals steigt dieser Wert um einen bestimmten Betrag. Man kann nun wechselseitiges Drehen an den Kernen von L6 und L7 den Wert auf Maximum bringen. Wenn die Eingangsspannung über -60dBm liegt (RSSI-Spannung ca. 3,5Volt), steigt der Wert nicht weiter, man muß, um mit dem Abgleich fortfahren zu können den Eingangspegel reduzieren.

Wenn kein Meßsender zur Verfügung steht reicht zum Abgleich des Demodulatorkreises ein unmodulierter Träger auf der Empfangsfrequenz. Man muß an den Modulationseingang der Platine einen Sinusgenerator (z.B. aus Bild 7) anschließen und auf 300mV einstellen. Wichtig ist, daß T11 nicht bestückt ist, dieser Transistor schaltet normalerweise im Empfangsfall den Modulationseingang ab. Am Pin NF-OUT muß nun auf dem Oszilloskop ein Signal mit ca. 1V_{ss} zusehen sein. Mit L9 stellt man es auf maximale Ausgangsspannung ein, C70 wird so eingestellt, daß das Signal die optimal Sinusform hat. Sehr gut kann man das auf einem Zweikanaloszilloskop sehen, wenn der zweite Kanal direkt am Sinusgenerator angeschlossen ist.

Der Empfangspfad ist hiermit betriebsbereit, als letztes kommt der Sender dran. Dazu braucht man das Gerät nicht auf Senden zu schalten, alles was man tun muß, ist den Generator auf Rechteck umzuschalten. Ein rechteckähnliches Signal mit großer Amplitude sollte man nun auch auf dem Oszilloskop sehen, das immer noch am

NF-OUT Anschluß liegt. Auch der unmodulierte Träger muß noch am Empfänger anliegen. Man dreht nun an R41 im Uhrzeigersinn an den Anschlag. Dann dreht man solange zurück (ca. 6 Umdrehungen), bis das Signal eine optimale Rechteckform und ca. 1V_{ss} Amplitude besitzt. Ganz wird man das nicht schaffen, da die Verzerrungen des Empfangszweiges auch einen Einfluß auf die Signalform haben. Nun darf man nicht vergessen, T11 einzulöten.

Zum Schluß tastet man den Sender hoch und mißt zur Kontrolle mit einem Wattmeter die Ausgangsleistung.

Userinterface

Neben Antennen- und Betriebsspannungsanschluß hat das Gerät zwei Buchsen, eine 10-polige (X2) und eine 14-polige Pfostenleiste (X1), die Pinbelegung zeigt Tabelle 2. Pin 1 ist jeweils oben rechts bei Blick auf die Stiftleiste. Es gibt für beide passende Stecker, an die man Flachbandkabel anschlagen kann. X1 dient zur Frequenzeinstellung. Die Signale auf X2 verbinden das Funkgerät mit Modem oder TNC.

X1				X2			
1	D0	2	n.c.	1	GND	2	+5V
3	D1	4	n.c.	3	DCD	4	PTT
5	D2	6	n.c.	5	GND	6	MOD
7	D3	8	TXD	7	GND	8	NF-OUT
9	n.c.	10	RXD	9	n.c.	10	RSSI
11	PTT	12	n.c.				
13	GND	14	+5V				

Frequenzeingabe

Wie aus den technischen Daten zu ersehen ist, überstreicht der Transceiver das komplette 70cm-Band im 25kHz-Raster, man kann eine beliebige Relaisablage (oder auch keine) verwenden. Das Gerät besitzt dazu einen Speicher für 10 Kanalpaare für Senden und Empfangen. Der aktuelle Kanal wird über die Pins D0 bis D3 auf Stecker X1 ausgewählt. Die Einstellung erfolgt im BCD-Code und kann z.B. über einen BCD-Schalter oder mit Steckbrücken vorgenommen werden. Hierbei bedeutet eine gesteckte Brücke Eins, eine offene Brücke Null. Bei Verwendung eines BCD-Schalters muß der gemeinsame Pin auf Masse (Pin 13) gelegt werden, D0 ist das niedrigstwertige, D3 das höchstwertige Bit. Die Kurzschlußbrücken steckt man jeweils auf ein übereinanderliegendes Pinpaar, z.B. 1 und 2, 3 und 4 usw. Obwohl n.c. eigentlich „no connection“ bedeutet, sind diese Pin während des normalen Betriebs vom Prozessor aus auf Masse gelegt und können von den Steckbrücken als solche verwendet werden.

Im Auslieferungszustand sind die 10 Kanäle vorbelegt. Kanal 0 hat 430,000MHz, Kanal 1 431,000MHz bis zu Kanal 9, der auf 439,000MHz programmiert ist. Die Frequenzen gelten für Sender und Empfänger.

Im Allgemeinen wird man jedoch andere Frequenzen für den Funkbetrieb benutzen wollen. Dazu muß man die entsprechenden Frequenzen vorher einprogrammieren. Dies geschieht über die serielle Schnittstelle mit Hilfe eines Computers mit V24 Schnittstelle und einem Terminalprogramm. Terminalprogramme sind Bestandteil der meisten Betriebssysteme. Bei Windows 3.11 heißt die entsprechende Software TERMINAL, bei Windows95 HYPER TERMINAL. Auch für DOS gibt es Terminalprogramme, z.B. TERM von DL5FBD, das man in vielen PR-Boxen findet.

Man schließt die TXD-Leitung (Pin 3 des Sub-D Steckers) der seriellen Schnittstelle (bei DOS-Computern z.B. COM1 oder COM2) an die RXD-Leitung des Transceivers (Pin 10, X1) und die RXD-Leitung (Pin 2, Sub-D) des Computers an die TXD-Leitung beim T7F (Pin 8, X1). Ground (Pin 5 beim 9-poligen und 7 beim 25-poligen Sub-D-Stecker) kommt an Ground des Transceivers (PIN 13, X1).

Die Übertragungsparameter des Terminalprogramms stellt man auf 1200 Bit pro Sekunde, 8 Bit, kein Parity, zwei Stopbits, kein lokales Echo, keine Datenprotokoll. Nun kann man mit einer einfachen Syntax die Kanäle programmieren. Die Zeichenfolge, die man eingeben muß lautet

Cntttrrr[RETURN]

Dabei ist „C“ das große C auf der Tastatur (HEX 43), für n gibt man die zu programmierende Speicherstelle zwischen Null und Neun ein, rrr steht für die Empfangsfrequenz und ttt für die Sendefrequenz. Die einzugebende Zahl ist die Kanalnummer ab 430,000 MHz im 25kHz Raster gezählt, sie muß immer dreistellig eingegeben werden, auch wenn die erste Ziffer eine Null ist. Die Eingabe wird mit RETURN abgeschlossen. Die

Zeichenfolge ist nicht editierbar, d.h. die Löschtaste wird als Fehleingabe gewertet. Hat man sich vertippt, gibt man RETURN ein und fängt nochmal von vorne an. Kanalnummern über 399, entsprechend 439,975MHz, werden ignoriert. Zur Verdeutlichung ein Beispiel:

Man möchte die Speicherstelle Null mit der Empfangsfrequenz 438,100 MHz und der Sendefrequenz 430,500 MHz belegen. Die zugehörige Eingabefolge lautet C0324020. Will man die Speicherstelle Acht mit der Simplexfrequenz 434,125 MHz belegen so tippt man C8165165.

Alle Zeichen, die auf dem Computer eingegeben werden, werden von Transceiver als Echo ausgegeben, dies ist eine gute Kontrolle, ob die Übertragung funktioniert. Mit dem großen E (Hex 45) erhält man einen Hex-Dump der 40 Bytes des Kanalspeichers im Little-Endian-Format.

Modemsignale

NF-Ein- und Ausgang sind zu den meisten 9k6-Modems kompatibel. Der NF-Pegel am Ausgang bei 3kHz Hub beträgt 1V_{ss}, beim Sender sind 300mV_{ss} nötig, um einen Hub von 3kHz zu erzeugen. Manche Modems liefern auch im Empfangsbetrieb ein NF-Signal, daher ist der Eingang während des Empfangs abgeschaltet.

Der Transceiver liefert ein schnelles DCD-Signal (Pin 3). Es wird von der RSSI-Spannung abgeleitet. Wenn ein Eingangssignal anliegt, das über der mit R53 einstellbaren Schwelle liegt, geht der Pegel von 0 auf 5V. Die Verzögerung beträgt ca. 5ms. Steht das Poti auf Linksanschlag, ist die Funktion abgeschaltet.

Als Parameter für TX-Delay hat sich T4, also 40 Millisekunden bewährt. Eigentlich müßte T3 auch funktionieren, nur habe ich festgestellt, daß bei den gängigen Z80-TNCs diese Zeit nicht sehr genau eingehalten wird. Bei T3 kann das wirkliche TX-Delay durchaus hin und wieder nahe an 20ms liegen, was für den Transceiver zu wenig ist.

Die Analogteile mancher 9k6-Modems benötigen selbst eine sehr lange Zeit bis sie von Senden auf Empfang umgeschaltet haben. Der Grund sind die Koppelkondensatoren an den Operationsverstärkern. Oft hilft es das Modem auf Dauer-NF zu stellen um das Problem zu beseitigen.

Sprechfunkbetrieb und was man sonst noch machen kann

Mit wenig zusätzlichem Aufwand kann der Transceiver auch für Sprechfunkbetrieb verwendet werden. Alles was man braucht ist ein Mikrofonverstärker (1 Transistor) und eine NF-Enstufe (z.B. LM386) für den Lautsprecher. Der Squelch wird aus dem DCD-Signal abgeleitet, R53 kann als Squelch-Poti über X2 nach außen geführt werden. Auf Seite 16 findet sich dazu ein Schaltungsbeispiel.

Für Packet Radio Betrieb mit 1200 Bps ist das Gerät unmodifiziert verwendbar. Will man es für höhere Baudraten verwenden, z.B. 19200 Bps, so muß man beim Empfänger breitere ZF-Filter einbauen, am Sendeteil ändert sich nichts. Durch die erhöhte ZF-Bandbreite wird sich die Empfindlichkeit und die Nachbarkanalselektion etwas verschlechtern. Versuche dazu habe ich jedoch noch nicht gemacht.

Schlußbemerkung

Die hier veröffentlichte Schaltung darf von jedermann zur privaten Nutzung nachgebaut werden. Jede kommerzielle Verwertung, auch von Teilen der Schaltung, bedarf zumindest der Genehmigung des Autors. Darüberhinaus können für Schäden, die aus der Nutzung oder dem Nachbau der hier veröffentlichten Schaltung entstehen, keine Haftungsansprüche gegen den Autor abgeleitet werden.

Die Schaltung erfüllt bei sachgerechtem Aufbau alle Anforderungen der neuen europäischen Bestimmung für Amateurfunkgeräte ETS 300-684 sowie der EMV-Norm EN 55022, soweit sie hier anwendbar sind. Jedoch ist das Gerät nicht behördlich nach einer dieser Vorschriften zertifiziert.

Für technischen Fragen bin ich auf Packet Radio, über das Internet (holger.eckardt@vlsi.com), oder auch schriftlich (Rückporto!) erreichbar.

Stückliste

Part	Value	Package	C3	1uF	ELKO
C1	33p	C25	C4	47n	C5
C2	10n	C25	C5	10n	C25

C6	1p5	C25	C75	.1uF	C5
C7	1n	C25	C76	8p2	C25
C8	1n	C25	C77	100p	C25
C9	10n	C25	C78	470p	C25
C10	10uF	ELKO	C79	47n	C5
C11	4u7	ELKO	D1	BB204	TO92
C12	100p	C25	D2	BB405	D5
C13	10n	C25	D3	1N4148	D7
C14	1p	C25	D4	BA479	D5
C15	33p	C25	D5	BA479	D5
C16	33p	C25	D8	BA479	D7
C17	100p	C25	D9	ZF5V1	ZD
C18	1p	C25	D10	BB204	TO92
C19	100uF	ELKO	FI1	21U15A	HC45U
C20	33p	C25	FI2	CFUS450D	CFU
C21	.1uF	C5	IC1	PIC16F84	DIL18
C22	10uF	ELKO	IC2	MB1504	DIL16
C23	10uF	ELKO	IC3	MC3371	DIL16
C24	10n	C25	IC4	78L05	TO92
C25	47n	C5	L1	514630	HELIX
C26	47n	C5	L2	.33uH	SP7
C27	47n	C5	L3	.33uH	SP7
C28	5p6	C25	L4	.33uH	SP7
C29	10n	C25	L5	3W3D	SP5
C30	3p3	C25	L6	511765	HELIX
C31	2p2	C25	L7	511765	HELIX
C32	33p	C25	L8	3.9uH	SP7
C33	47n	C5	L9	455kHz,sw	BANDFI
C34	100p	C25	L10	.33uH	SP10
C35	100p	C25	L11	3W3D	SP5
C36	10uF	ELKO	L12	3W3D	SP5
C37	10n	C25	L13	.33uH	SP10
C38	10uF	ELKO	L14	3.3uH	SP7
C39	10n	C25	L15	.33uH	SP10
C40	10n	C25	L16	.1uH	SP7
C41	3p3	C25	L17	3W3D	SP5
C42	100p	C25	L18	1uH	SP10
C43	5p6	C25	P3	ANT	PIN
C44	5p6	C25	P4	+UB	PIN
C45	2p2	C25	PMOD	M67749M	PWR-MOD
C46	100p	C25	Q1	20.95MHz	HC49/U
C47	2u2	ELKO	Q2	ZTB920	QS
C48	1n	C25	R1	100	R10
C50	100p	C25	R2	1M	R10
C51	100p	C25	R3	1M	R10
C52	47n	C5	R4	1M-tr	R_TR_ST
C54	100p	C25	R5	680	R10
C55	100p	C25	R6	3k3	R10
C56	10uF	ELKO	R7	10k	R10
C57	100p	C25	R8	4k7	R10
C58	47n	C5	R9	4k7	R10
C59	4p7	C25	R10	10k	R10
C60	100p	C25	R11	3k3	R10
C61	1uF	ELKO	R12	100k	R10
C62	22p	C25	R13	10k	R10
C63	1uF	ELKO	R14	100	R10
C64	33p	C25	R15	10k	R10
C65	33p	C25	R16	15k	R10
C66	47n	C5	R17	100	R10
C67	10n	C25	R18	180	R10
C68	10n	C25	R19	47k	R10
C69	100p	C25	R20	100	R10
C70	30p	CT5	R21	1k	R10
C71	5p6	C25	R22	6k8	R10
C72	10p	C25	R23	2k7	R10
C73	10μ	ELKO	R24	10k	R10
C74	47n	C5	R25	10k	R10

R26	33k	R10	R54	10k	R10
R27	10k	R10	R55	10k	R10
R28	4k7	R10	R56	270	R10
R29	33	R75	R57	10k	R10
R30	18k	R10	R58	100	R75
R31	220	R10	R59	100	R10
R32	82	R10	R60	330	R10
R33	18k	R10	R61	100	R10
R34	82	R10	R62	2k2	R10
R35	10k	R10	R64	1M	R10
R36	470	R10	T1	BC547	TO92
R37	2k2	R10	T2	BC557	TO92
R38	2k2	R10	T3	BFR91	SOT103
R39	1k	R10	T4	BC547	TO92
R40	100	R10	T5	BF966	SOT103
R41	25k-tr	R_TR_ST	T6	BFR91	SOT103
R42	100k	R10	T7	BFR96	SOT103
R43	100	R10	T8	BD140	TO139
R44	150	R10	T9	BFR91	SOT103
R45	220	R10	T10	BFR91	SOT103
R46	18k	R10	T11	BS170	TO92
R47	470	R10	T14	BC547	TO92
R48	150	R10	T15	BF255	TO92
R49	39	R10	T16	BC557	TO92
R50	470	R10	T17	BS170	TO92
R51	470	R10	X1	2X07/90	RM2.54
R52	100	R10	X2	2X05/90	RM2.54
R53	100k-trim	R_TR_ST			

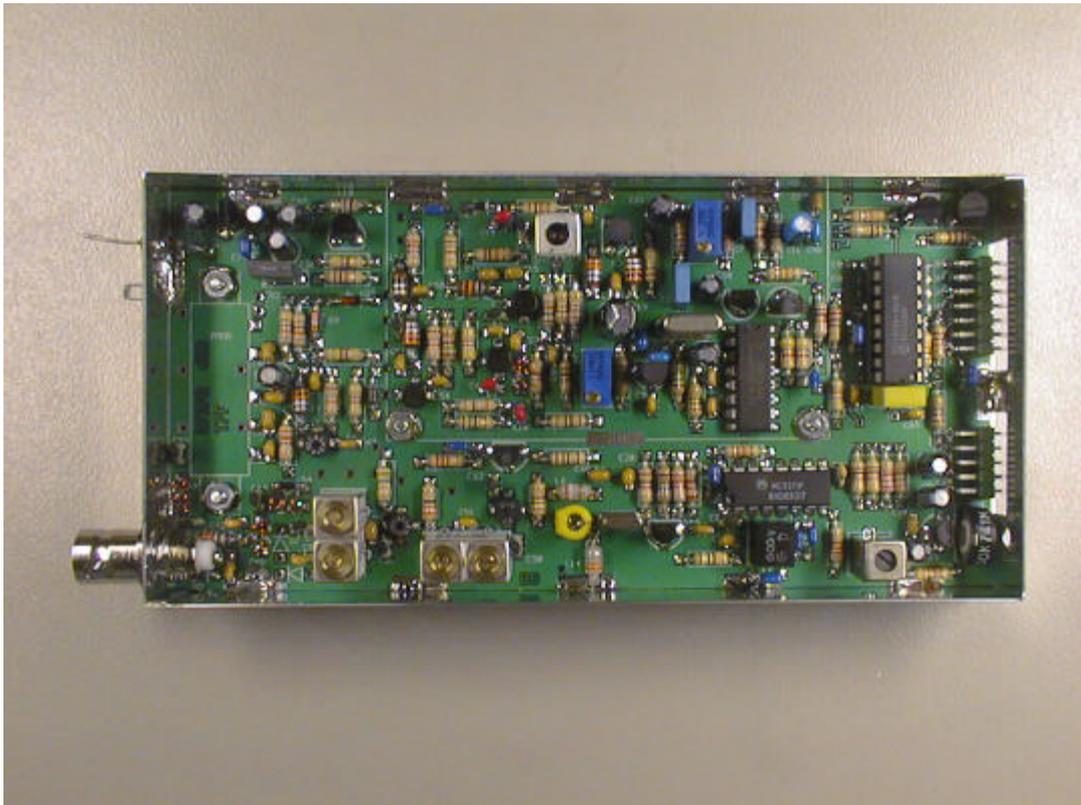
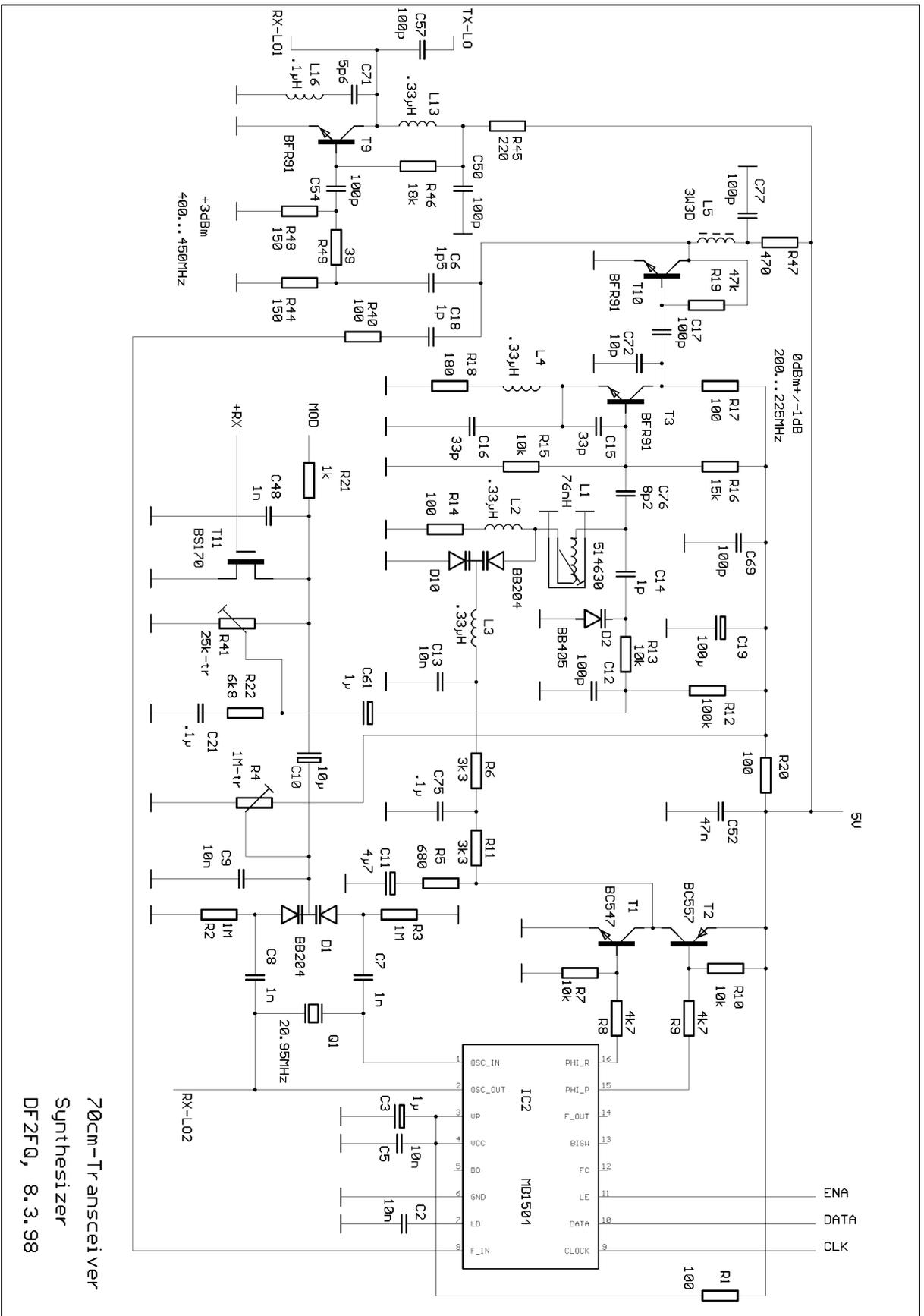
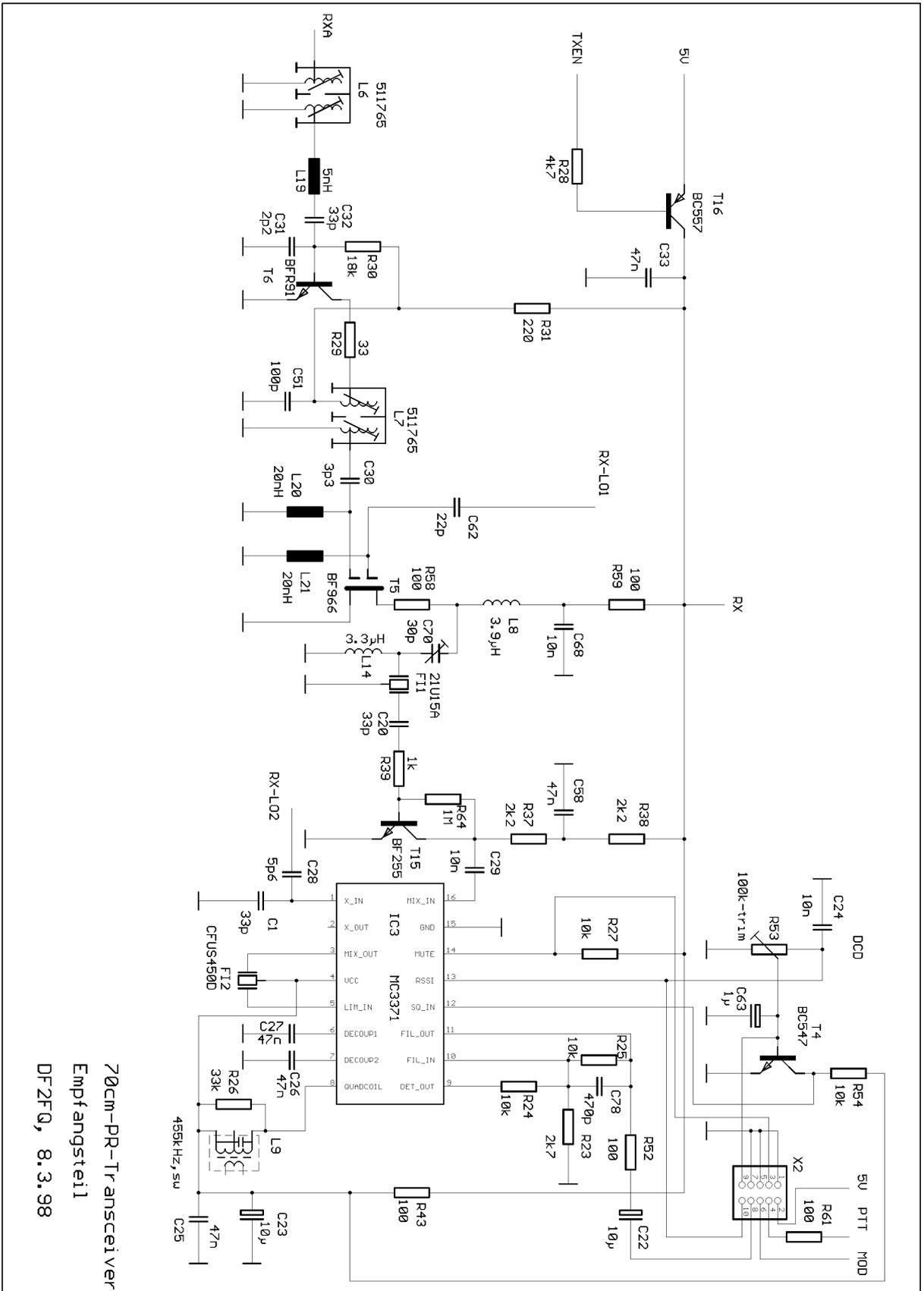


Foto des fertigen Transceivers



70cm-Transceiver
 Synthesizer
 DF2FQ, 8.3.98

Bild 1



70cm-PR-Transceiver
Empfangsteil
DF2FQ, 8.3.98

Bild 2

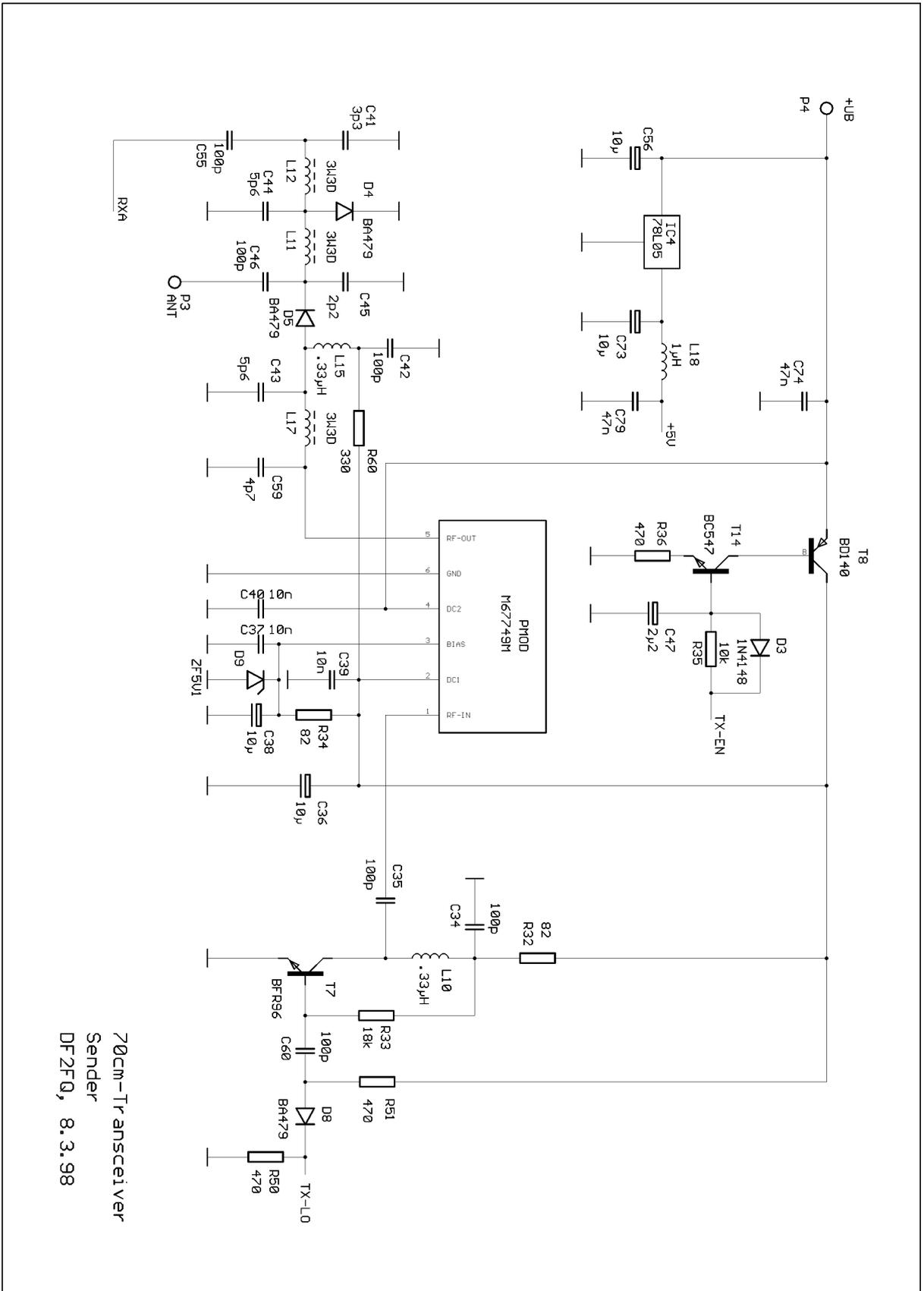
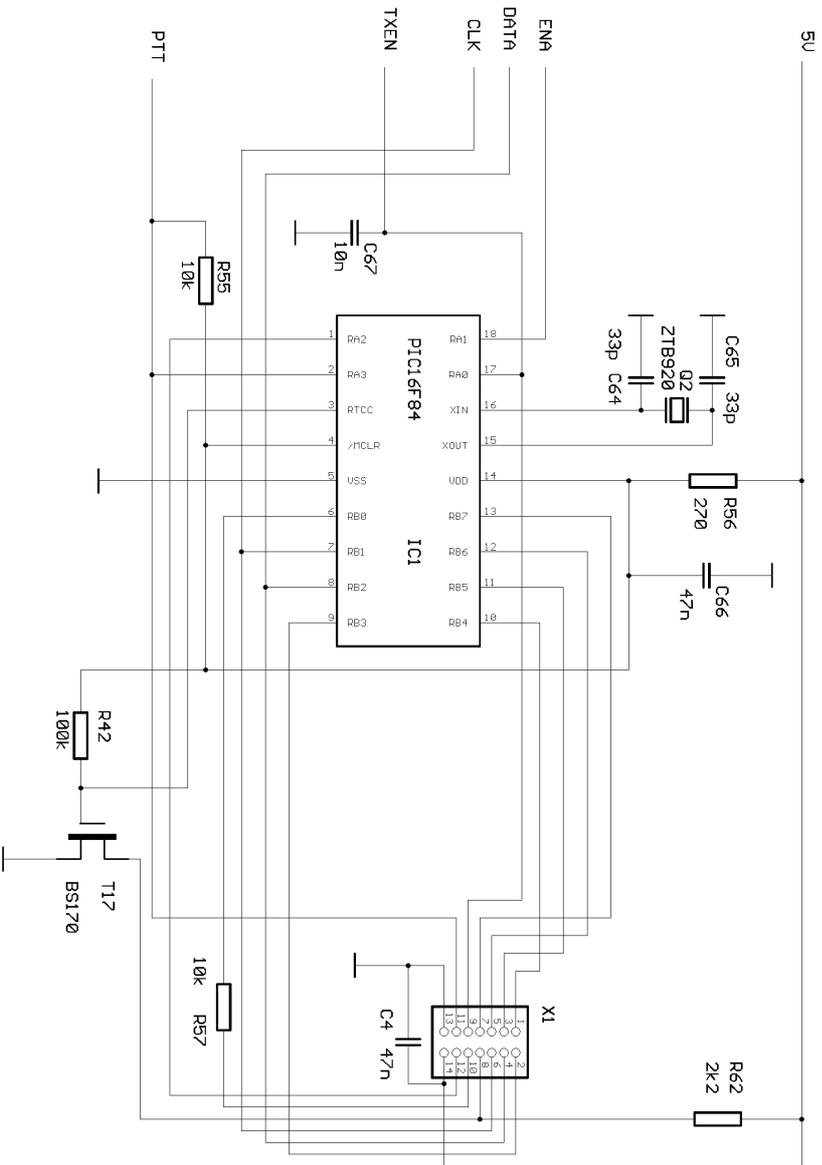
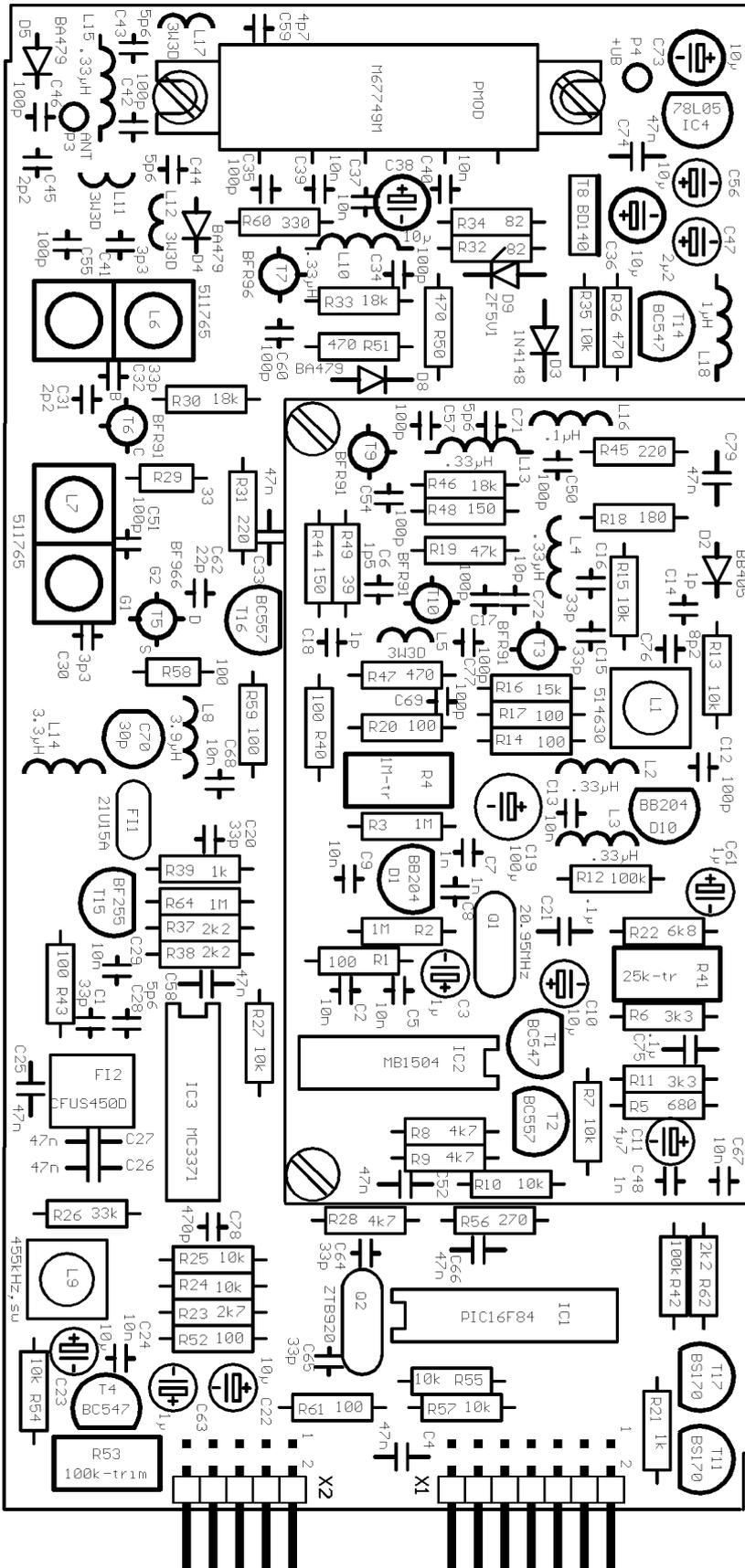


Bild 3

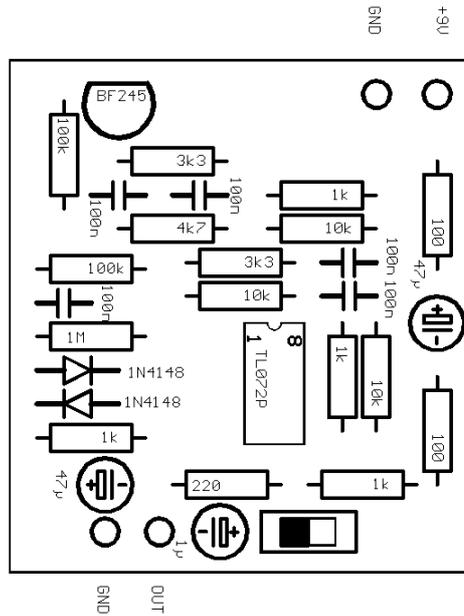
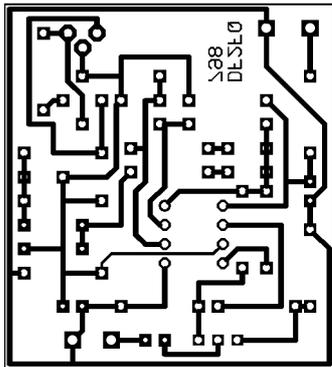
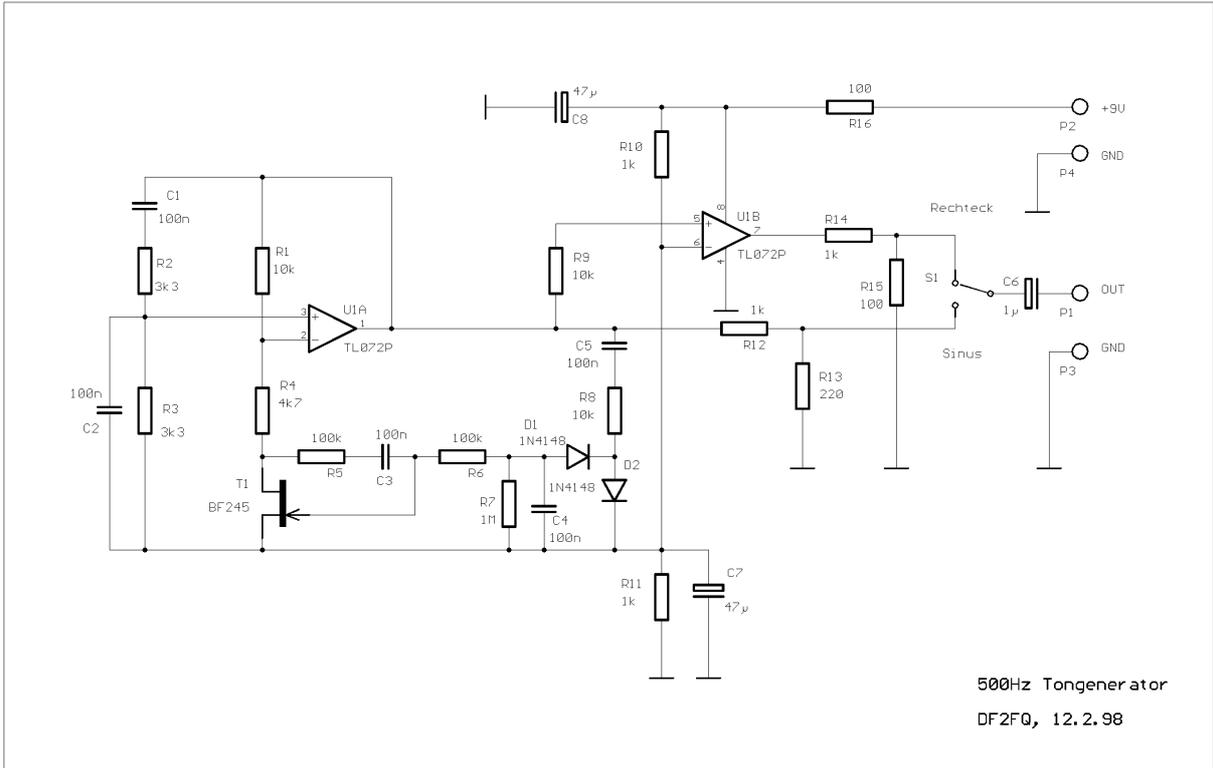


70cm-Transceiver
Steuerung
DF2FQ, 8.3.98

Bild 4



T7F, PCB
DF2FQ, 8.3.98



Patenvorschlag des Tongenerators

Tabelle zur Umrechnung der 70cm-Frequenzen in die T7F Kanalnummern

000 430.000	100 432.500	200 435.000	300 437.500	051 431.275	151 433.775	251 436.275	351 438.775
001 430.025	101 432.525	201 435.025	301 437.525	052 431.300	152 433.800	252 436.300	352 438.800
002 430.050	102 432.550	202 435.050	302 437.550	053 431.325	153 433.825	253 436.325	353 438.825
003 430.075	103 432.575	203 435.075	303 437.575	054 431.350	154 433.850	254 436.350	354 438.850
004 430.100	104 432.600	204 435.100	304 437.600	055 431.375	155 433.875	255 436.375	355 438.875
005 430.125	105 432.625	205 435.125	305 437.625	056 431.400	156 433.900	256 436.400	356 438.900
006 430.150	106 432.650	206 435.150	306 437.650	057 431.425	157 433.925	257 436.425	357 438.925
007 430.175	107 432.675	207 435.175	307 437.675	058 431.450	158 433.950	258 436.450	358 438.950
008 430.200	108 432.700	208 435.200	308 437.700	059 431.475	159 433.975	259 436.475	359 438.975
009 430.225	109 432.725	209 435.225	309 437.725	060 431.500	160 434.000	260 436.500	360 439.000
010 430.250	110 432.750	210 435.250	310 437.750	061 431.525	161 434.025	261 436.525	361 439.025
011 430.275	111 432.775	211 435.275	311 437.775	062 431.550	162 434.050	262 436.550	362 439.050
012 430.300	112 432.800	212 435.300	312 437.800	063 431.575	163 434.075	263 436.575	363 439.075
013 430.325	113 432.825	213 435.325	313 437.825	064 431.600	164 434.100	264 436.600	364 439.100
014 430.350	114 432.850	214 435.350	314 437.850	065 431.625	165 434.125	265 436.625	365 439.125
015 430.375	115 432.875	215 435.375	315 437.875	066 431.650	166 434.150	266 436.650	366 439.150
016 430.400	116 432.900	216 435.400	316 437.900	067 431.675	167 434.175	267 436.675	367 439.175
017 430.425	117 432.925	217 435.425	317 437.925	068 431.700	168 434.200	268 436.700	368 439.200
018 430.450	118 432.950	218 435.450	318 437.950	069 431.725	169 434.225	269 436.725	369 439.225
019 430.475	119 432.975	219 435.475	319 437.975	070 431.750	170 434.250	270 436.750	370 439.250
020 430.500	120 433.000	220 435.500	320 438.000	071 431.775	171 434.275	271 436.775	371 439.275
021 430.525	121 433.025	221 435.525	321 438.025	072 431.800	172 434.300	272 436.800	372 439.300
022 430.550	122 433.050	222 435.550	322 438.050	073 431.825	173 434.325	273 436.825	373 439.325
023 430.575	123 433.075	223 435.575	323 438.075	074 431.850	174 434.350	274 436.850	374 439.350
024 430.600	124 433.100	224 435.600	324 438.100	075 431.875	175 434.375	275 436.875	375 439.375
025 430.625	125 433.125	225 435.625	325 438.125	076 431.900	176 434.400	276 436.900	376 439.400
026 430.650	126 433.150	226 435.650	326 438.150	077 431.925	177 434.425	277 436.925	377 439.425
027 430.675	127 433.175	227 435.675	327 438.175	078 431.950	178 434.450	278 436.950	378 439.450
028 430.700	128 433.200	228 435.700	328 438.200	079 431.975	179 434.475	279 436.975	379 439.475
029 430.725	129 433.225	229 435.725	329 438.225	080 432.000	180 434.500	280 437.000	380 439.500
030 430.750	130 433.250	230 435.750	330 438.250	081 432.025	181 434.525	281 437.025	381 439.525
031 430.775	131 433.275	231 435.775	331 438.275	082 432.050	182 434.550	282 437.050	382 439.550
032 430.800	132 433.300	232 435.800	332 438.300	083 432.075	183 434.575	283 437.075	383 439.575
033 430.825	133 433.325	233 435.825	333 438.325	084 432.100	184 434.600	284 437.100	384 439.600
034 430.850	134 433.350	234 435.850	334 438.350	085 432.125	185 434.625	285 437.125	385 439.625
035 430.875	135 433.375	235 435.875	335 438.375	086 432.150	186 434.650	286 437.150	386 439.650
036 430.900	136 433.400	236 435.900	336 438.400	087 432.175	187 434.675	287 437.175	387 439.675
037 430.925	137 433.425	237 435.925	337 438.425	088 432.200	188 434.700	288 437.200	388 439.700
038 430.950	138 433.450	238 435.950	338 438.450	089 432.225	189 434.725	289 437.225	389 439.725
039 430.975	139 433.475	239 435.975	339 438.475	090 432.250	190 434.750	290 437.250	390 439.750
040 431.000	140 433.500	240 436.000	340 438.500	091 432.275	191 434.775	291 437.275	391 439.775
041 431.025	141 433.525	241 436.025	341 438.525	092 432.300	192 434.800	292 437.300	392 439.800
042 431.050	142 433.550	242 436.050	342 438.550	093 432.325	193 434.825	293 437.325	393 439.825
043 431.075	143 433.575	243 436.075	343 438.575	094 432.350	194 434.850	294 437.350	394 439.850
044 431.100	144 433.600	244 436.100	344 438.600	095 432.375	195 434.875	295 437.375	395 439.875
045 431.125	145 433.625	245 436.125	345 438.625	096 432.400	196 434.900	296 437.400	396 439.900
046 431.150	146 433.650	246 436.150	346 438.650	097 432.425	197 434.925	297 437.425	397 439.925
047 431.175	147 433.675	247 436.175	347 438.675	098 432.450	198 434.950	298 437.450	398 439.950
048 431.200	148 433.700	248 436.200	348 438.700	099 432.475	199 434.975	299 437.475	399 439.975
049 431.225	149 433.725	249 436.225	349 438.725	100 432.500	200 435.000	300 437.500	400 440.000
050 431.250	150 433.750	250 436.250	350 438.750				

