

Kurzanleitung: SDR-Spektrumskop für den FT-950 und FT-2000

In [1] hat Klaus Raban, DM2CQL, ein einfaches IQ-SDR-System veröffentlicht, das leicht aufzubauen ist und ohne SMD-Teile auskommt. Kein Wunder, dass die Nachfrage nach den Bausätzen anhaltend hoch ist und inzwischen Varianten für 136 kHz und 50 MHz „nachgeschoben“ wurden.

Einen interessanten Vorschlag erhielten wir von Dr. Michael Welter, DL5IB, dem aufgefallen war, dass der FT-2000 die Möglichkeit bietet, die 1. ZF auszukoppeln und mit einem einfachen IQ-SDR-Empfänger weiterzuverarbeiten.

Da die Redaktion gelegentlich leihweise neue Transceiver zur Erprobung bekommt, konnten wir an einem FT-950 testen, ob sich das Signal der 1. ZF (69,45 MHz) vor den Roofing-Filtern ohne große Umstände „abgreifen“ und per SDR weiterverarbeiten lässt. Dafür gibt es zwar keine Buchse an der Rückseite, aber auf der Hauptplatine eine Auskoppelstufe und eine Mini-Koaxial-Buchse. Über diese wird im Normalfall die Scope-Unit angeschlossen, die zur optionalen Digital Management Unit DMU-2000 gehört.

Dies war der Ausgangspunkt, über eine kostengünstige SDR-Baugruppe als Ersatz für die rund 100 € teure DMU nachzudenken. Da sich die im DM2CQL-Konzept benutzten MAX4544 nur bis etwa 10 MHz als Schaltermischer eignen, ist eine zusätzliche Umsetzung nötig. Die Entscheidung fiel auf eine ZF von 5,5 MHz, für die Keramikfilter mit Bandbreiten von etwa 200 kHz preiswert verfügbar sind. Die passenden TTL-Quarzgeneratoren mit 22,0 MHz waren in unserem Lager vorhanden.

Der IQ-Mischer arbeitet nun auf einer Mittenfrequenz von 5,5 MHz und wird mit einem einfachen Konverter ergänzt, der das Ausgangssignal der 1. ZF des FT-950/2000 (69,450 MHz) auf 5,5 MHz umsetzt.

Im Oszillator des Konverters bringt ein J310 einen 63,95-MHz-Obertonquarz zum

Schwingen. Zwei Dual-Gate-MOSFETs arbeiten als Mischer bzw. in der Eingangsstufe. Deren Verstärkung ist nötig, um die etwa bis zu 15 dB Filter- und Mischdämpfung auszugleichen, die beim FT-950 zwischen Antennenbuchse und 69,45-MHz-ZF-Ausgang messbar sind.

Schaltungsdetails

Die Schaltung entspricht dem bewährten FA-SDR-Kit [1], das auf zwei MAX4544 basiert. Alle zusätzlichen Bauelemente des Konverters ließen sich noch im dafür vorgefertigten Weißblechgehäuse (55 mm × 148 mm × 30 mm) unterbringen.

Die Verstärkung der HF-Vorstufe mit einem BF961 kann bei Bedarf um etwa 20 dB reduziert werden. Dies kann insbesondere nützlich sein, wenn man den Vorverstärker AMP2 der Transceiver zuschaltet. Aber auch beim Senden liegt an Buchse J1028 das 69,45-MHz-Sendesignal mit einem Pegel von -25 dBm, der das SDR übersteuert. Abhilfe ist möglich, indem man die -20-dB-Steuerleitung an Pin 2 der Linearbuchse des FT-950 anschließt, hinter der sich eine Transistorstufe mit offenem Kollektor befindet. Beim Senden wird so die Verstärkung der Vorstufe um etwa 20 dB reduziert und das Spektrum des Sendesignals sauber dargestellt.

Der Ausgangskreis der Vorstufe ist mit dem Widerstand von Gate 1 des Mixers nach Masse relativ stark bedämpft. Das hat den Sinn, die Grundverstärkung der Vorstufe herabzusetzen, was als Nebeneffekt die Stabilität der Schaltung verbessert.

Der Oszillator arbeitet mit einem J310 in erprobter Gate-Schaltung. Die Schwingfrequenz des Obertonquarzes lässt sich mit L5 in Grenzen verstimmen bzw. auf die Sollfrequenz von 63,950 MHz bringen. Auf der Platine sind zwei zusätzliche Lötunkte vorhanden, damit man dem Quarz eventuell eine kleine Induktivität parallelschalten kann, die das Anschwingverhalten verbessert bzw. die Schwingfrequenz verändert.

Aufbau

Zweckmäßigerweise beginnt man von hinten mit der Bestückung. Dabei insbesondere die Polung der Tantal-Cs beachten. Hinter T3 gibt es keinerlei Abgleichpunkte, sodass der nachfolgende Schaltungsteil auf Anhieb funktionieren muss.

In einer gesonderten Tüte befinden sich vier ausgemessene gelbe 10-nF-Kondensatoren (C35, C36, C37 und C38). Außerdem gibt es je vier 1- und 10-kΩ-Widerstände, die in der Schaltung mit Sternchen versehen sind und bei denen es sich um engtolerante 1-%-Ausführungen handelt. Diese sind blau und etwas anders farbcodiert!

Wenn man L4, C19 und C20 eingelötet hat, lässt sich mit einem PC (auf dem natürlich eine geeignete SDR-Software laufen muss) die Funktion des IQ-Mischers testen. Dazu schließt man an den Verbindungspunkt von C19 und C20 einen Messsender oder eine niederohmige Antenne an. Auf dem PC-Monitor muss dann ein Spektrum sichtbar sein.

Nun bestückt man den Oszillator sowie C11 und prüft z. B. mit einem Zähler, ob der Quarz korrekt schwingt. Das Feintuning der Oszillatorfrequenz erfolgt, wenn auch der Mischer in Betrieb genommen ist. Nach dem Bestücken der Bauteile des Mixers sowie C10 kann mit einem Messsender (oder dem Ausgangssignal aus dem FT-950/2000) der Abgleich von L3 und L4 erfolgen. Dazu benötigt man ein gutes Abgleichwerkzeug, da die Kerne der Neosid-Filterspulen recht empfindlich sind und leicht ausbrechen. Als Hilfsmittel beim Abgleich auf Maximum kann die Anzeige auf dem Display des PCs dienen.

Falls der Mischer funktioniert, bestückt man die Bauelemente der Vorstufe. Der Abgleich von L1 und L2 ist unkritisch und kann wiederum auf Maximum erfolgen. Legt man den Punkt ATT auf Masse, gehen die Pegel der im Display angezeigten Signale um etwa 20 dB zurück.

Zum Schluss baut man die fertig bestückte Platine in das vorgefertigte Weißblechgehäuse ein, montiert die Buchsen und verdrahtet sie mit den entsprechenden Lötnägeln. Für den ATT-Anschluss benutzt man, sofern überhaupt gewünscht, das mittlere der drei Löcher und die isolierte Telefonbuchse.

Bei Einlöten der Platine in das Gehäuse schiebt man sie so weit wie möglich in Richtung der Cinch-Buchsen und befestigt sie möglichst nahe an der Unterkante, damit über der Bestückungsseite genug Platz für die Buchsen bleibt.

Anschluss an den Transceiver

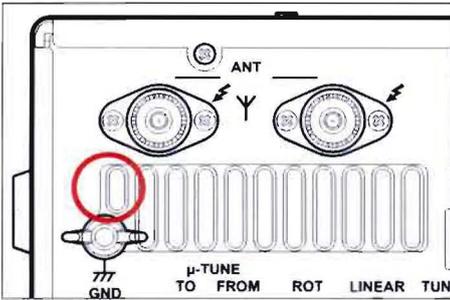
Damit die SDR-Baugruppe mit dem ZF-Ausgang im Transceiver verbunden werden kann, muss der Transceiver geöffnet werden. Dieser Vorgang ist im Handbuch ausführlich dokumentiert, da im Prinzip so vorgegangen wird, als würde man die Scope-Unit für eine optionale DMU einbauen. Zusätzlich entfernt man das obere Abdeckblech des Chassis.

Das dünne Koaxialkabel, das die Buchse

Pegeldifferenzen zwischen ANTI-Buchse und 69,450-MHz-Ausgang beim FT-950

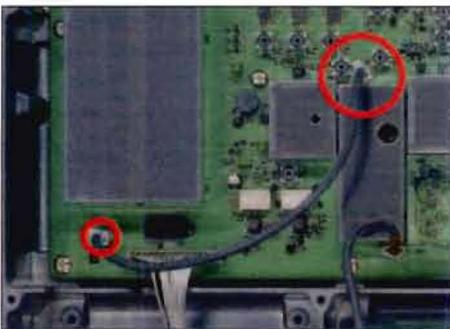
Band	IPO	AMP1	AMP2
160 m	-14 dB	-3 dB	+4 dB
40 m	-15 dB	-3 dB	+5 dB
10 m	-13 dB	-2 dB	+7 dB
6 m	-15 dB	-4 dB	+5 dB

Bei IPO ist keiner der beiden Vorverstärker eingeschaltet.



Lüftungsschlitze auf der Rückseite des FT-950, durch den das Kabel geführt wird

für den Skopeausgang mit dem 50-Ω-Abschlusswiderstand verbindet, wird entfernt und gut aufbewahrt. Der Koax-Ministecker des beiliegenden konfektionierten Kabels wird durch den Lüftungsschlitze dicht neben der Erdklemme gefädelt, durch die Chassis-



Der große Kreis markiert die Buchse des ZF-Ausgangs (SCOPE). Im Auslieferungszustand wird sie über das kurze Koaxialkabel mit 50 Ω abgeschlossen. Foto: DK3RED

öffnung auf die Unterseite durchgesteckt und dann in die dafür vorgesehene Buchse (SCOPE) auf der Leiterplatte.

Wenn man keinen eklatanten Fehler macht, kann am Transceiver kein Schaden entstehen. Und da keinerlei Lötarbeiten nötig sind, kann man den TRX bei Garantiefällen problemlos in den ursprünglichen Zustand zurückversetzen.

Die Stromversorgung der Baugruppe ist unkritisch. Man benötigt eine Gleichspannung von +12 V (9... 15 V möglich), die über eine DC-Buchse zugeführt wird. Diese ist so zu verdrahten, dass der Pluspol am Mittenkontakt liegt.

Betrieb

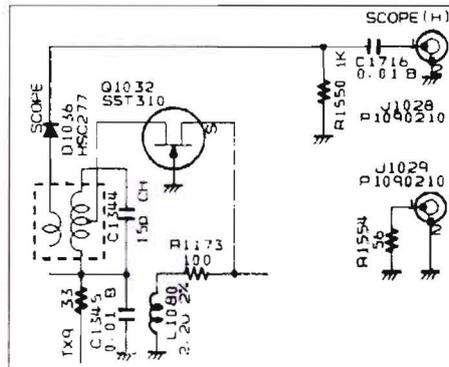
Für die Darstellung des Spektrums auf dem PC-Monitor kann man eines der gängigen

SDR-Programme nutzen: SDRradio, Winrad, Rocky, KDG-SDR, CW-Skimmer usw. bieten sich an. Deren Voreinstellungen gestatten es meist, die Mittenfrequenz auf ±0 kHz zu setzen, sodass man die Ablage der einzelnen Signale an der Ordinate ablesen kann. Mit Rocky hat man sogar einen Zweitempfänger, CW-Skimmer decodiert die im Darstellungsbereich liegenden Telegrafiesignale. Normale Soundkarten ermöglichen eine Anzeige von ±24 kHz, solche mit höheren Sampling-Raten ±48 oder sogar ±96 kHz.

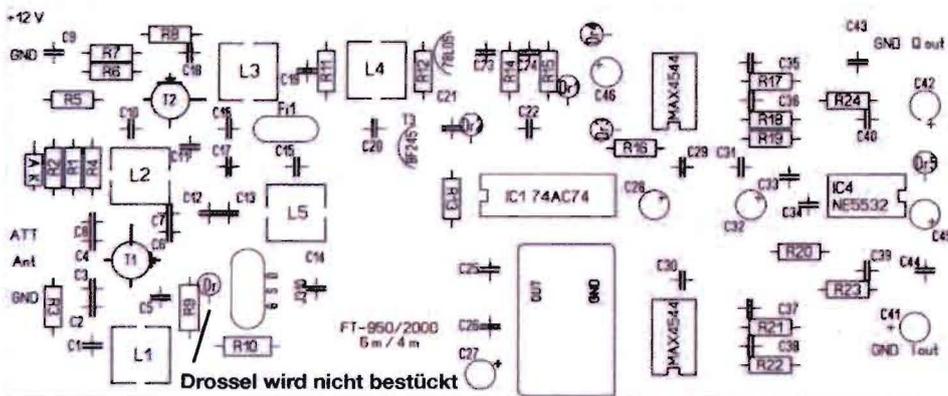
Verwenden Sie nicht den Mikrofoneingang Ihres PCs oder Notebooks. Dieser ist in der Regel monophon und daher für IQ-SDR-Experimente ungeeignet. Daher immer den stereofonen Line-In-Eingang verwenden. Sollte keine oder eine unzureichende Seitenbandunterdrückung festgestellt werden (Signale erscheinen links und rechts neben der Mittenfrequenz mit gleicher Amplitude), liegt es fast immer an fehlerhaften Einstellungen des PCs bzw. der Soundkarte.

Literatur

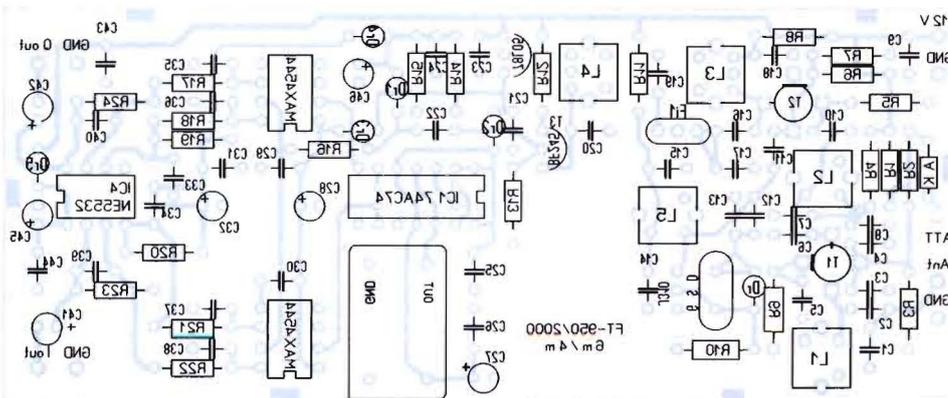
- [1] Raban, K., DM2CQL: IQ-SDR-Minimalsystem für 40/80 m. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 9, S. 1040–1041



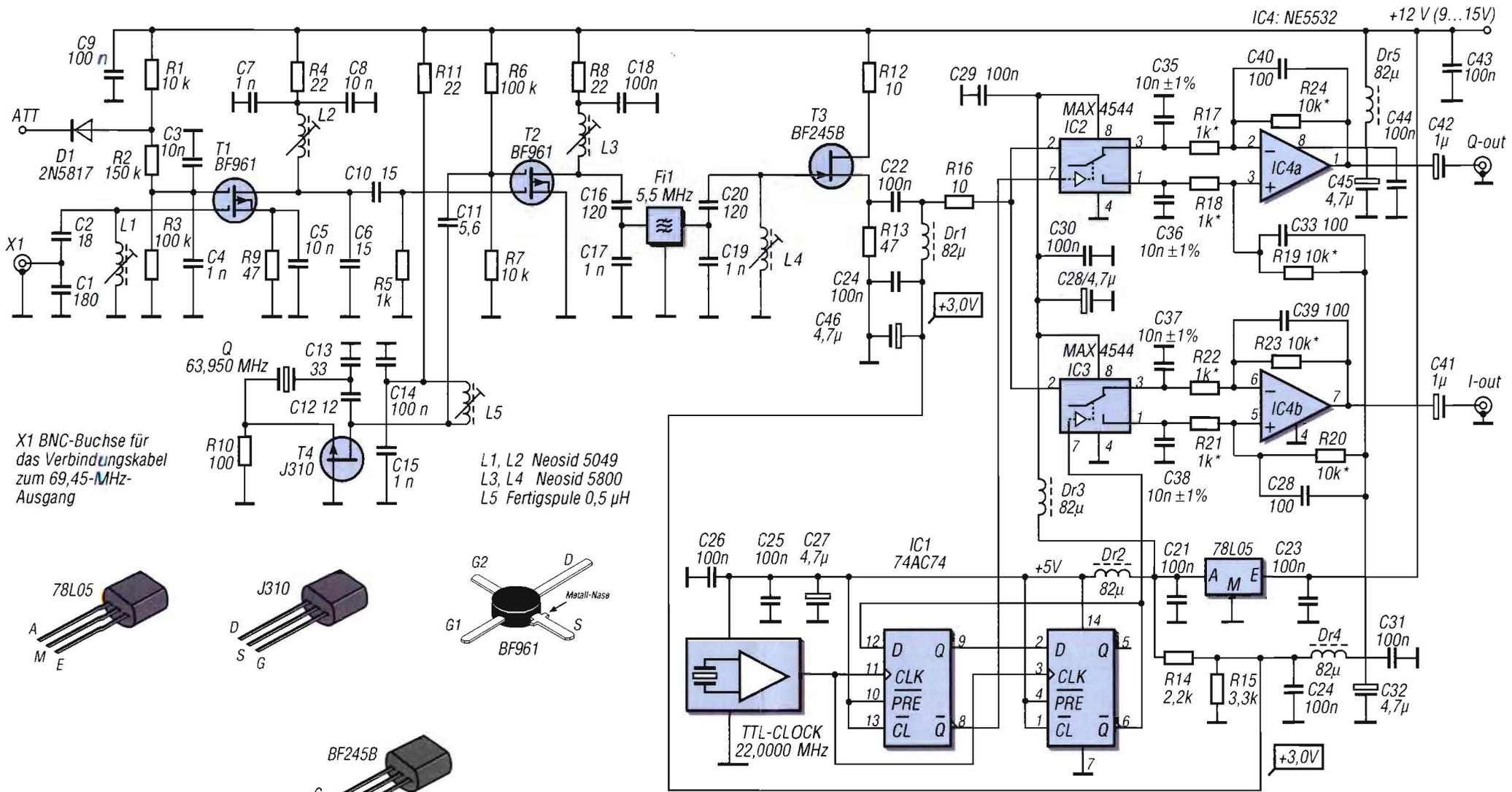
FT-950-Schaltungsdetail: Auskoppelstufe der 1. ZF für die optionale Yaesu-Scope-Unit



Bestückungsplan für die Oberseite der zweiseitigen Platine, M 1:1 (Bestückungsaufdruck)

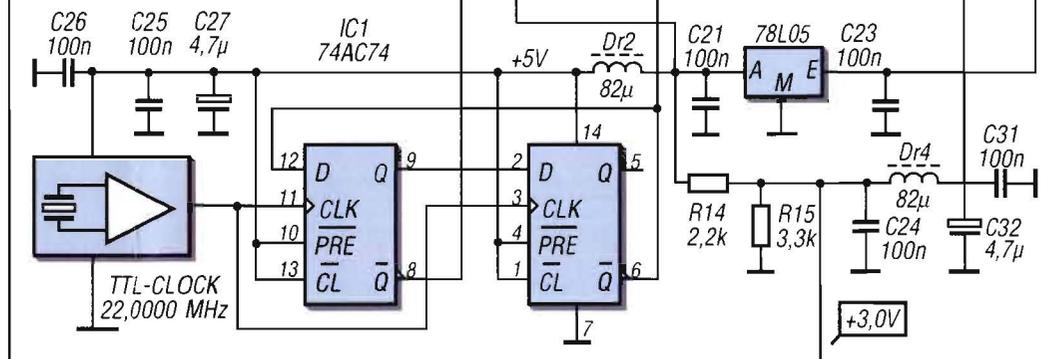
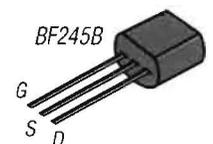
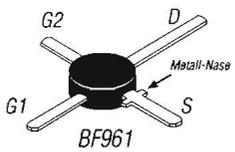
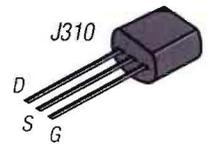
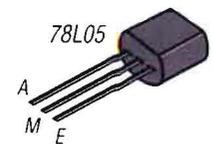


Bestückungsplan für die Unterseite der zweiseitigen Platine, M 1:1 (Leiterseite)



X1 BNC-Buchse für das Verbindungskabel zum 69,45-MHz-Ausgang

Q 63,950 MHz
 L1, L2 Neosid 5049
 L3, L4 Neosid 5800
 L5 Fertigschule 0,5 µH



Bauteil	Wert	Bemerkung	Bauteil	Wert	Rastermass	Bemerkung
R1	10k		C1	180 pF	5 mm	
R2	150k		C2	18 pF	5 mm	
R3	100k		C3	10 nF	5 mm	
R4	22		C4	1 nF	5 mm	
R5	1 k		C5	10 nF	5 mm	
R6	100k		C6	15 pF	5 mm	
R7	10k		C7	1 nF	5 mm	
R8	22		C8	10 nF	5 mm	
R9	47		C9	100 nF	5 mm	
R10	100		C10	15 pF	5 mm	
R11	22		C11	5,6 pF	5 mm	
R12	10		C12	12 pF	5 mm	
R13	47		C13	33 pF	5 mm	
R14	2,2 k		C14	100 nF	5 mm	
R15	3,3 k		C15	1 nF	5 mm	
R16	10		C16	120 pF	5 mm	
R17	1 k	1%	C17	1 nF	5 mm	
R18	1 k	1%	C18	100 nF	5 mm	
R19	10k	1%	C19	1 nF	5 mm	
R20	10k	1%	C20	120 pF	5 mm	
R21	1 k	1%	C21	100 nF	5 mm	
R22	1 k	1%	C22	100 nF	5 mm	
R23	10k	1%	C23	100 nF	5 mm	
R24	10k	1%	C24	100 nF	5 mm	
			C25	100 nF	5 mm	
IC1	74AC74		C26	100 nF	5 mm	
IC2	MAX4544		C27	4,7 µF	2,5 mm	Tantal
IC3	MAX4544		C28	4,7 µF	2,5 mm	Tantal
IC4	NE5532		C29	100 nF	5 mm	
IC5	78L05		C30	100 nF	5 mm	
			C31	100 nF	5 mm	
Quarz	63,950 MHz		C32	4,7 µ	2,5 mm	Tantal
Clock	22.0 MHz		C33	100 pF	5 mm	
			C34	100 pF	5 mm	
L1	5049	Neosid	C35	10 nF	5 mm	
L2	5049	Neosid	C36	10 nF	5 mm	
L3	5800	Neosid	C37	10 nF	5 mm	
L4	5800	Neosid	C38	10 nF	5 mm	
L5	0,5 µH	silberne Kappe	C39	100 pF	5 mm	
			C40	100 pF	5 mm	
Fi 1	5,5 MHz-Filter		C41	1 µF	2,5 mm	Tantal
			C42	1 µF	2,5 mm	Tantal
T1	BF961		C43	100 nF	5 mm	
T2	BF961		C44	100 nF	5 mm	
T3	BF245B		C45	4,7 µF	2,5 mm	Tantal
T4	J310		C46	4,7 µF	2,5 mm	Tantal
D1	1N4148		Gehäuse-Kit			
			Cinch-Buchsen			2
Dr1...5	82 µH	senkrecht	BNC-Einbaubuchse			1
			DC-Einbaubuchse und Stecker			1 + 1
Lötnägel	9 Stück	1 mm	Telefonbuchse, isoliert			1
			Koaxkabel mit Mini- und BNC-Stecker			1
			Gehäuse (4 Teile)			1
			Verbindungskabel zum PC			1