

„Oberon“ 2-m-Sender-/Empfänger-Konzept zum Selbstbau (1)

Harald Helpert, DJ9HH, Oberer Kirchwiesenweg 7a, 6000 Frankfurt 56

Récepteur FM 144-146 MHz à double conversion. FI: 10,7 MHz et 450 kHz, alimentation: 12 V/25 mA, sensibilité: 0,2 μ V à 12 dB S/S+N. IP 3^e ordre: -10 dBm, sortie BF: 0,3 W, dimensions: 76x67 mm. Détails de fonctionnement, de construction et d'alignement.

A 2 meter FM receiver for the local area. Requires 12 VDC at 25 mA. IF: 10,7 MHz and 450 kHz, sensitivity: 0,2 μ V at 12 dB S/S+N, 3rd grade IP: -10 dBm, AF output: 0,3 W, PC-board: 76 x 67 mm. Construction and alignment details are included.

DJØSL

Der Selbstbau von Sendern und Empfängern ist für uns Funkamateure seit jeher ein brandaktuelles Thema gewesen. Nicht umsonst erfreuen sich Selbstbauprojekte größter Beliebtheit, nicht nur beim Newcomer - wo sie dazu dienen, mit erschwierlichen Kosten nützliche Kenntnisse auf dem Gebiet des Aufbaus von Oszillatoren, ZF-Verstärkern, rauscharmen Vorstufen, Meßgeräten etc. zu erwerben, sondern auch beim Oldtimer - wo vielleicht noch ein Zweitempfänger für das OV-Telephon benötigt wird oder wo für die nächste Fuchsjagd noch schnell ein kleiner Sender zusammengestellt werden soll.

Für diese Art von Anwendung ist der „Oberon“ gedacht, ein recht kompakter 2-m-Empfängerbaustein und ein dazu passender 2-Watt-Sender.

Werden nur ein Kanal oder wenige Kanäle benötigt, so wird man nicht gleich zum Synthesizer greifen, sondern bei der „Quarzmühle“ bleiben.

Das bedeutet keineswegs Qualität 2. Wahl, die beschriebenen Bausteine bringen aufgrund moderner Schaltungskonzepte ebenso gute, wenn nicht bessere Daten als die Ware aus Fernost.

Besonderer Wert wurde auf Nachbausicherheit und leichten Abgleich ohne exotische Meßmittel gelegt. So wurde beispielsweise versucht, bei den Spulen weitestgehend auf Fertigfabrikate zurückzugreifen, da

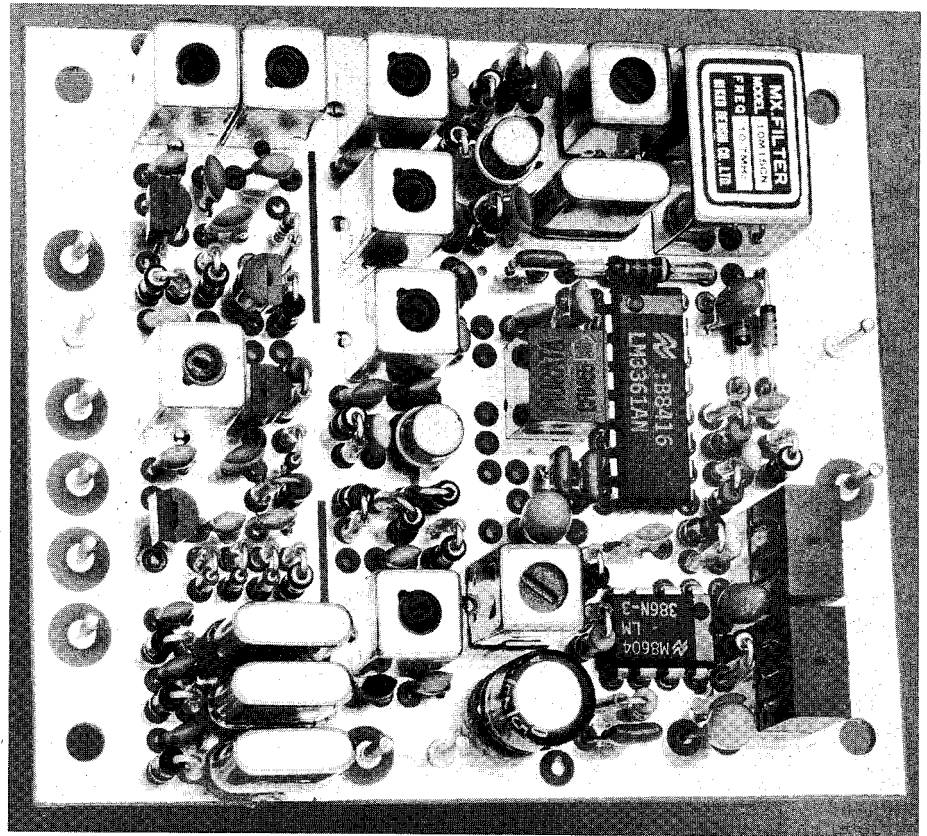


Abb. 1: Photo der Empfängerplatine

erfahrungsgemäß beim Spulnwickeln die meisten „Böcke geschossen werden“.

An der Entwicklung der Platinen wurde - wenn auch mit Unterbrechungen - ca. zwei Jahre gearbeitet. Daraus sollte lediglich der Schluß gezogen werden, daß eine einigermaßen durchentwickelte Sache ohne Kinderkrankheiten dabei herauskommen sollte.

Mein Freund Gerd, DC6HL, hatte bei manchem Detail seine Hand mit im Spiel, wofür ich ihm an dieser Stelle danken möchte.

1. Empfänger 1.1. Schaltung

Der Empfänger ist als Doppelsuper mit den Zwischenfrequenzen 10,7 MHz und 455 kHz ausgelegt. Er besteht aus HF-Vorstufe T1, Mischstufe T2, ZF-Verstärker- und Demodulator IC1 sowie dem NF-Verstärker IC2. Hinzu kommt der 3-Kanal-Quarzoszillator T3 auf 45 MHz, Verdreifacher auf 135 MHz ist T4, schließlich noch T5 und T6, die den Oszillatorteil und das ZF-/NF-Teil mit stabilisierten Spannungen versorgen.

Im einzelnen: Die Antennenspannung gelangt über C1 an den Eingangskreis L1/C2. C3 paßt den relativ niederohmigen Eingangswiderstand der Vorstufe an den Kreis an. Die Arbeitspunkteinstellung von T1 erfolgt mittels

R2/R1, ferner ist eine HF-Gegenkopplung mit R3 vorhanden, die die Verstärkung dieser Stufe auf etwa 12 dB reduziert, dafür jedoch die Intermodulationseigenschaften des Eingangsteils verbessert. R3 kann auch weggelassen werden, dann ist die Empfindlichkeit des Empfängers geringfügig besser.

Die am Arbeitswiderstand R4 anstehende verstärkte HF-Spannung wird über C6 einem dreikreisigen Bandfilter zugeführt.

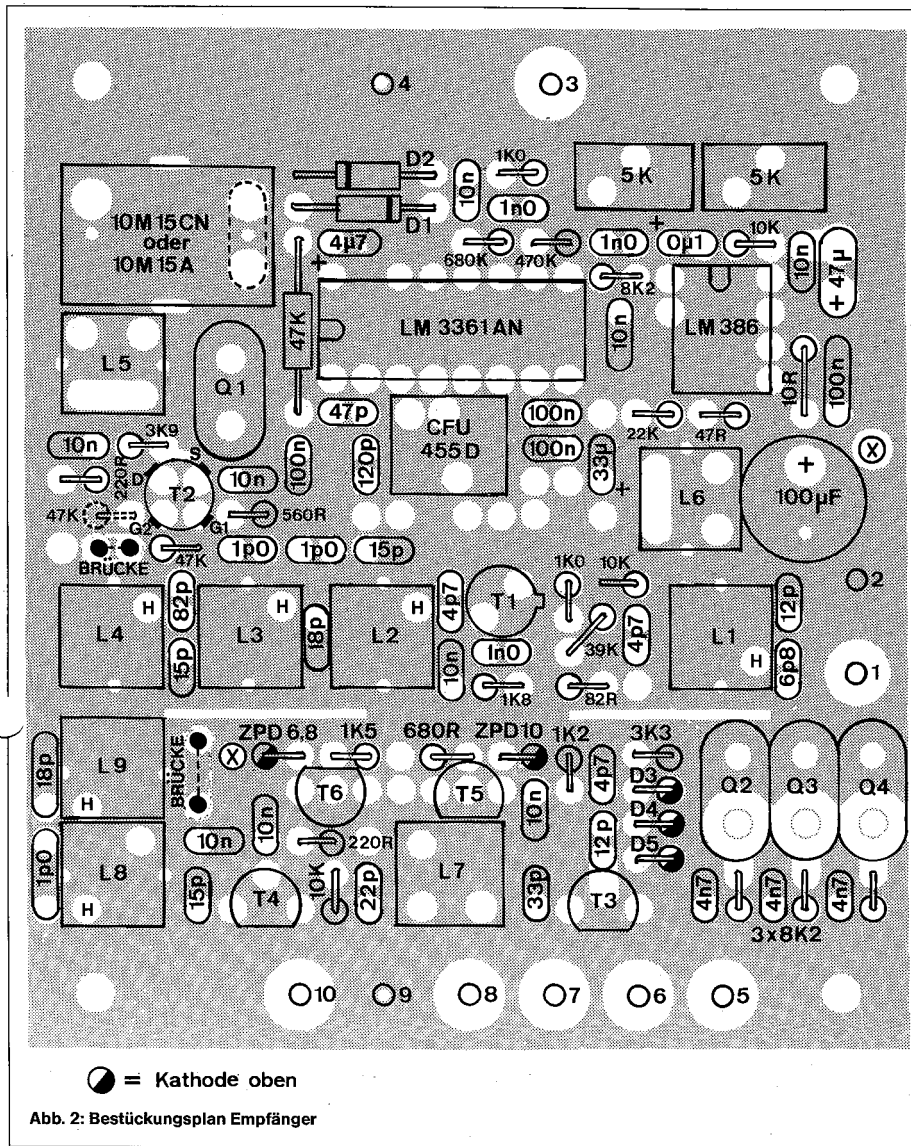
Die drei Kreise sind über C8 und C10 kapazitiv hochpunktgekoppelt. Vom dritten Kreis geht es - leicht heruntertransformiert über C11/C12 - aufs Gate 1 des Mischtransistors. Durch Wahl eines anderen Teilverhältnisses bei C11/C12, etwa 33 p : 33 p, ließe sich die Spiegelfrequenzdämpfung noch um 3 bis 5 dB verbessern, leider sinkt dann durch das Herunterzapfen der Signal-Rauschabstand um etwa 2 dB.

Am Gate 2 wird die Injektionsfrequenz des ersten Überlagerers von ca. 135 MHz eingespeist. C14 und R7 entfallen normalerweise, sie werden nur benötigt, wenn man ein externes Überlagerersignal - etwa eines Synthesizers - zuführen will.

Die Differenz aus Eingangsfrequenz und Überlagererfrequenz - also die gewünschte Zwischenfrequenz von 10,7 MHz - wird durch L5 ausgesiebt. Das Kreis-C dieser Spule hat

Kenndaten des Empfängers

Frequenzbereich	144 - 146 MHz
Nominelle	
Betriebsspannung	12 Volt
Zulässige	
Betriebsspannung	10 - 15 Volt
Stromverbrauch	23 mA ohne Signal
Empfindlichkeit	0,2 μ V für 12 dB S/S+N
	fmod = 1 kHz, Hub = 4 kHz
Nachbarkanaldämpfung	73 dB mit Filter 10 M 15 CN
	30 dB mit Filter 10 M 15 A
Spiegelfrequenzdämpfung	60 dB bei $f_e - 21,4$
IP-Punkt 3. Ordnung	-10 dBm
NF-Ausgangsleistung	0,3 Watt
Abmessungen	76 x 67 mm



eine Bezeichnung, weil es bereits in der Fertigungsspule enthalten ist.

Zwischen Mischer und ZF-Stufen muß nun etwas für die Trennschärfe des Empfängers getan werden. Die HF-technisch beste Lösung ist dann gegeben, wenn die gesamte Selektion des Empfängers auf der ersten ZF erfolgt - leider ist dieser Weg auch der teuerste, denn er würde bedeuten, hier ein 8poliges Quarzfilter einzusetzen. Der billigste Weg besteht darin, die Selektion auf der zweiten ZF von 455 kHz mit einem entsprechend preiswerten Keramikfilter zu realisieren. Hierbei besteht natürlich die Gefahr, den zweiten Mischer mit starken Störsignalen zu übersteuern, die das „schlechte“ Filter auf 10,7 MHz noch durchgelassen hat. Im vorliegenden Fall wird es dem OM und seinem Geldbeutel überlassen, ob er auf 10,7 MHz ein Zweipolfilter 10 M 15 A oder ein 6-Pol-Filter 10 M 15 CN zum Einsatz bringt.

Die beiden erwähnten Quarzfilter haben eine Bandbreite von 15 kHz, sind also für das 25-kHz-Kanalraster vorgesehen. Bei einem

eventuellen Übergang auf das 20-kHz- oder 12,5-kHz-Raster kann durch Austausch des Quarzfilters auf die neue Situation umgestellt werden. Hierbei wäre noch darauf zu achten, daß - bedingt durch die geringeren Hübe bei diesen Rastern - die Diskriminatoreurve durch Vergrößern von R11 steiler gemacht wird, um noch genügend NF-Ausbeute zu erhalten.

Nach Passieren des Quarzfilters gelangt die 1. ZF an Pin 16 des IC1, einem MC 3361 oder LM 3361. Dieser ist die Weiterentwicklung der bekannten MC 3357 und MC 3359. Er zeichnet sich durch verbesserte Begrenzungseigenschaften und einen problemlosen Squelch aus. Die Leiterplatte ist jedoch so ausgelegt, daß auch ein MC 3357 Verwendung finden kann. Letzterer bedarf einiger zusätzlicher Bauteile, für die die entsprechenden Löcher bereits vorgesehen wurden.

Im IC selbst wird zunächst mit Hilfe des Quarzes Q1 auf die zweite ZF von 455 kHz heruntergemischt. Das Signal durchläuft dann vom Pin 3 aus das Keramikfilter CFU

455 D und wird am Pin 5 einem internen Begrenzerverstärker zugeführt.

Phasenschieberkreis L6 und ein Quadraturdemodulator wandeln die FM in die Niederfrequenz um, die am Pin 9 erscheint.

Nach Durchlaufen eines Tiefpasses R12/C22 wird die NF einerseits über C25 dem Rauschsperrpoti R13 bzw. über C23-R17 dem NF-Poti zugeführt. Bei fehlendem Nutzsignal - also wenn der Empfänger rauscht - gelangt diese Rauschspannung über R14/C26 an den Eingang eines im IC1 enthaltenen Operationsverstärkers (Pin 10). Seine Verstärkung wird im wesentlichen durch R 15 bestimmt.

Die verstärkte Rauschspannung erscheint am Pin 11 und wird in den Dioden D1 und D2 gleichgerichtet. Es entsteht eine negative Richtspannung, die den normalerweise am Pin 12 anstehenden DC-Pegel von 0,95 Volt unter die Schaltschwelle von 0,65 Volt drückt. Damit ist das Squelchkriterium erfüllt, Pin 14 geht auf „low“ und sperrt den NF-Verstärker IC2.

Der Oszillorteil des RX beginnt bei T3 mit dem 45-MHz-Oszillator. Es werden die bekannten Quarze im 3. Oberton auf 45 MHz nach der Formel $(f_e - 10,7) : 3$ benutzt. Zur möglichst problemlosen Umschaltung der Quarze - d.h. beliebig langer Zuleitung zum Kanalschalter - erfolgt diese mit DC-Pegeln und Schaltdioden. Übrigens müssen hier Dioden wie HF-Schaltdioden aus den Fernseh-Kanalwählern genommen werden und nicht die üblichen Logikdioden 1 N 4148! L7-C37 ist auf 45 MHz abgestimmt. Verdreifacher T4 arbeitet im C-Betrieb und wird nur bei Ansteuerung leitend. Das Bandfilter mit L8

Stückliste des Empfängers

Halbleiter

IC 1	MC 3361 od. LM 3361	Motorola/NS
IC 2	LM 386	NS
T1	BFT 66	Siemens
T2	BF 981	Valvo
T3, T4	BF 224	TI
T5, T6	BC 238 C	ITT od. ähnl.
D1, D2	1 N 4148	
D3 - D5	BA 244	Siemens/Valvo
D6	ZPD 10	ITT od. ähnl.
D7	ZPD 6,8	ITT od. ähnl.

Kondensatoren

Keramische Kondensatoren Bauform EDPU RM 2,5 mm Tantal-Perlen, die übrigen mit Ausnahme C31 = Töpfchen-Elko 100 µF/16 bis 20 Volt

Widerstände

0,25 Watt, 5 %, Abmaße 2,5 x 6,5 mm

Sonstiges

Platine	DJ9HH 035	DJ9HH
doppelt kaschiert und durchkontaktiert		
10 M 15 A oder 10 M 15 CN		DJ9HH
Quarz 10,245 MHz HC-18/U		DJ9HH
Parallelresonanz 30 pF Bürde		DJ9HH
Kanalquarz Q 2 - 4 HC-25/U		DJ9HH
Keramikfilter CFU 455 D		Murata
L1 - 4,8,9 = Type 511830		Neosid
L7 Bausatz 7T1S		Neosid
8 Wind. 0,22 CuL Anzapf bei 2,75 Wind. vom kalten Ende		
L5 ZF-Spule 10,7 MHz 7 x 7 mm Kennfarbe grün		
L6 ZF-Spule 455 kHz 7 x 7 mm Kennfarbe schwarz		
R13, R18 Potis 5 kΩ Spoerle Type 760-40		
6 Quarzfassungen 1 mm Type 450-5301-01-06-00		
Cambion		
10 Löt Nägel 1,3 mm		

und L9 siebt die dritte Oberwelle auf 135 MHz aus und gibt sie an das Gate 2 des Mixers weiter.

Da IC1 und IC2 eine maximal zulässige Betriebsspannung von nur 12 Volt haben, ist eine simple Stabilisierung mit T6 und D7 auf 6 Volt vorgesehen. Diese hat außerdem den Vorteil, daß die Schaltungspunkteinstellung des Squeelchreglers über einen weiten Spannungsbereich konstant bleibt. Der Oszillator ist ferner mit T5 und D6 auf ca. 9 Volt stabilisiert.

1.2. Aufbau und Abgleich

Man beginnt mit dem Einlöten der zehn Löt-nägel, wobei man zweckmäßigerweise einen dazugehörigen Stecker aufsteckt, um sich nicht die Finger zu verbrennen. Auf senkrechten Sitz der Stifte achten! Es folgt die Bestückung des Oszillatorteils bis zu L8 und L9. Um den richtigen Abstand bei den Quarzfassungen zu gewährleisten, steckt man zwei Cambion-Buchsen auf die Pins des Quarzes und lötet dergestalt die beiden Fassungen ein.

Die Spulen L1 und L4 sowie L8 und L9 sind fertigschulen, bei deren Einlöten auf kaltes und heißes Ende gemäß Bestückungsplan geachtet werden sollte. Man zieht zu diesem Zweck die Spule aus dem Becher. Vorsicht, der Spulenkörper zerfällt in zwei Hälften, zwischen denen der lose Silberdrahtwickel liegt. Das Drahtende, welches oben wegführt, wird hier als „heißes Ende“ bezeichnet und ist im Bestückungsplan mit H gekennzeichnet.

Damit die Masselaschen des Abschirmbeckers die richtige Lage erhalten, den Becher ggf. um 90 oder 180 Grad versetzt überstülpen.

Transistoren und Dioden sollten mit ihren Körpern etwa 3 bis 4 mm über der Platine bleiben.

Spannungstabelle

Spannungen gemessen mit Digitalvoltmeter 10 M Ω m gegen Masse bei einer Betriebsspannung von 12,0 Volt. Abweichungen können sich durch Toleranzen bei den Zenerdioden ergeben.

T1	Kollektor	5,06
T2	Source	0,61
T2	Drain	11,75
IC1	Pin 4	5,80
IC2	Pin 6	6,05
T3	Emitter	1,65
T4	Emitter	0,66
T5	Emitter	9,20
T6	Emitter	6,05

Oszillator- und Regelteil werden nun probeweise in Betrieb genommen. Plus Ub an Pin 8, Minus an Pin 9. Mittels Stecker ist Pin 10 mit Pin 5 zu verbinden und ein Quarz einzusetzen.

Die Gesamtstromaufnahme wird etwa 8 bis 9 mA betragen, sofern Oszillator T3 noch nicht schwingt, und ca. 11 mA betragen, wenn L7 richtig abgestimmt ist. Zur genauen Abstimmung legt man an das obere Ende von Widerstand R27 (220 R) ein Voltmeter an, anderes Ende an Masse. Man beginnt die Abstimmung von L7 mit ganz herausgedrehtem Kern und dreht langsam ein. Bei Einsetzen der Schwingungen wird die Spannung an R27 von 0 Volt auf 0,5 bis 0,6 Volt springen und dann bei weiterem Eindrehen des Kerns langsam abfallen, um dann wieder schlagartig auf Null zu fallen.

Man wiederholt den Vorgang mehrmals und markiert die Stellung des Abgleichkernschlitzes mit Filzstift auf dem Gehäuse bei Einsetzen und Abreißen. Die richtige Einstellung liegt in der Mitte zwischen den beiden

Endstellen bzw. ein wenig zum höheren Spannungswert hin.

Durch Einsetzen anderer Quarze bzw. Umschalten kann geprüft werden, ob diese ebenfalls ordnungsgemäß schwingen. Eine Kontrolle der Frequenz wäre nach C39 mit dem Frequenzzähler möglich.

Es wird übrigens davor gewarnt, bei Verwendung von zwei oder drei Quarzkanälen Exemplare unterschiedlicher Quarzhersteller einzusetzen. Meist sind die Quarze dann nach leicht unterschiedlichen Spezifikationen geschliffen, und der Anwender hat die Schwierigkeit, die auseinanderlaufenden Toleranzen unter einen Hut zu bringen.

Geringfügige Eingriffsmöglichkeiten für den Kenner sind eine geänderte Abstimmung bei L7 bzw. Änderung des Kondensators C36.

Die Abstimmung des Bandfilters L8/L9 ist praktisch nur mit einem HF-Tastkopf möglich. Wer dieses nützliche Instrument noch nicht hat, kann sich für wenige Pfennige ein Provisorium erstellen: Eine Metallröhre mit Isolierscheibe an einem Ende nimmt einen Koppelkondensator von 2,2 pF auf, dahinter eine x-beliebige Germaniumdiode nach Masse. Als Sieb- und Integrationsglied folgt ein 100-k Ω -Widerstand mit 10 bis 100 nF nach Masse. Das ganze wird an ein 50- μ A-Instrument angeschlossen oder an ein hochohmiges FET-Voltmeter.

Durch Anlegen des Tastkopfes an das heiße Ende von L9 kann nun das Bandfilter auf Maximum gezogen werden. Ein Nachgleich findet noch statt, wenn der Mischer in Betrieb genommen wurde, siehe hierzu weiter unten.

Man bestückt nun den restlichen Teil des Empfängers. Hierbei ist auf folgende Punkte zu achten:

- Bei Einsatz des Quarzfilters 10M 15 CN sind für die Massefahnen die beiden dort ange-

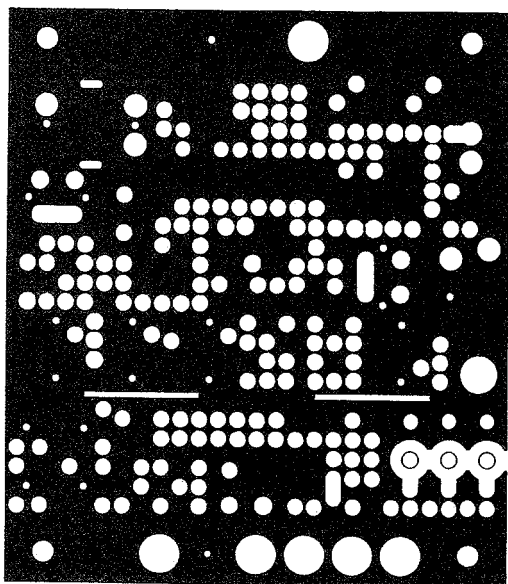


Abb. 3: Oberseite Platine Maßstab 1:1

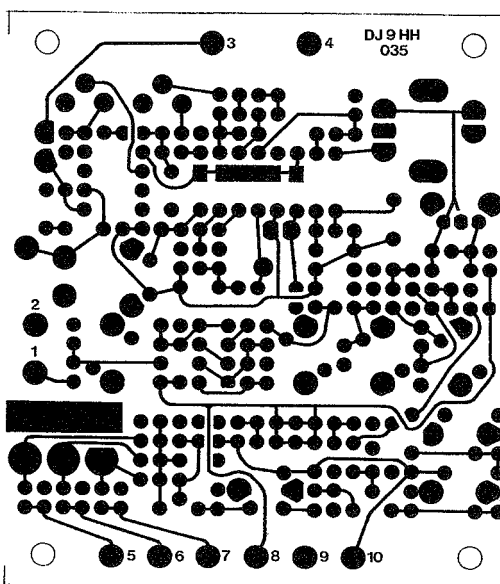


Abb. 4: Unterseite Platine Maßstab 1:1

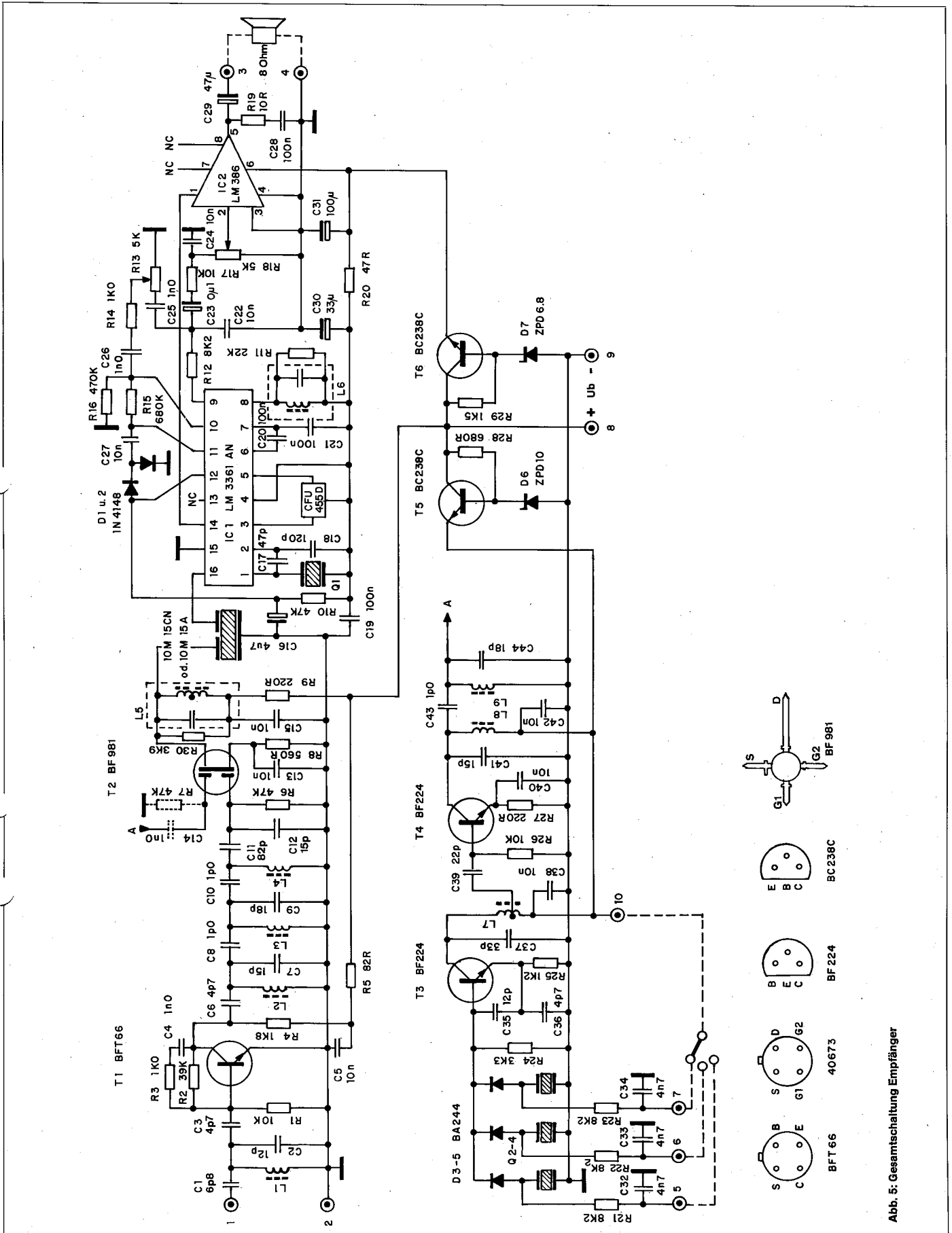


Abb. 5: Gesamtschaltung Empfänger

brachten Doppellöcher zu einem Schlitz zu erweitern.

- Beim Einlöten des Dual-Gate-Mischers bitte besondere Vorsicht walten lassen! Dieser ist gegen statische Aufladungen recht empfindlich. Dem Transistor in einer Alufolie die Beine an den Leib biegen und vorsichtig einlöten. ZF-Spule L5 (10,7 MHz) zunächst noch nicht einlöten. Auf der Unterseite über die beiden Anschlüsse von L5 eine beliebige HF-Drossel von 4,7 μ H oder mehr (unkritisch) anlöten und mittels HF-Tastkopf und eingeschaltetem Gerät nochmals Bandfilter L8/L9 auf Maximum abgleichen. Der Tastkopf liegt dabei am Drain von T2. Hier kann erforderlichenfalls auch die Frequenz des Überlagerers mit einem Frequenzzähler überwacht werden. Bedenken Sie dabei die Toleranzen der Quarze. Eine Abweichung von bis zu 2,5 kHz von der Sollfrequenz ist zulässig. Diejenigen, die eventuell einen Wobbler zur Verfügung haben, können mit dem gleichen Meßaufbau - d.h. der HF-Drossel am Drain von T2 - mit dem Tastkopf des Wobblers am Drain die Durchlaßkurve des gesamten HF-Kopfes aufnehmen.

Anschließend L5 einlöten.

- Die beiden Punkte X - X sind auf der Unterseite der Platine mit einer isolierten Drahtbrücke zu verbinden.

- Die beiden mit „Brücke“ bezeichneten Drahtbrücken auf der Unterseite einlegen.

- Bei den Elektrolytkondensatoren auf richtige Polung achten.

- Bei den ZF-Spulen sind diejenigen Pins mit einem Seitenschneider zu kürzen, für die kein Loch in der Leiterplatte vorgesehen ist. Die

große ovale Aussparung an den ZF-Filtern auf der Masseseite ist übrigens die Seite mit den drei Anschlüssen.

Zum Abgleich: An Pins 1 und 2 geeignete Antenne anschließen, im Notfall 0,5 m Draht an Pin 1. An Pins 3 und 4 passenden Lautsprecher mit 8 Ohm Impedanz anklemmen.

Durch wechselseitiges Betätigen der Squelch- und NF-Regler muß ein Rauschen hörbar werden, welches durch geeignete Einstellung des Squelch-Potis verstummen muß. Squelch wieder aufdrehen und mittels L6 auf stärkstes Rauschen einstellen. Mit einer geeigneten Signalquelle, wie nächstes 2-m-Relais oder ein befreundeter OM, mit seinem Transceiver Spulen L1 bis L5 auf besten Empfang einstellen. Optimal gelingt der Abgleich, wenn dieser OM einen Träger auf der gewünschten Frequenz hinstellen kann (mit angeschlossenem Mikrophon, jedoch nicht besprechen). Auf Trägermitte ist dann ein leises Hintergrundrauschen zu hören, welches man durch wechselseitigen Abgleich von L1 bis L6 minimiert.

Erfahrungsgemäß ist der Signal-Rauschabstand eines derart abgeglichenen Geräts kaum 1 bis 2 dB schlechter als bei einem exakten Meßsenderabgleich.

Um abschließend die finanzielle Seite eines solchen Projektes nicht aus den Augen zu lassen.

Falls alle Teile gekauft werden müssen, wird man bei der Empfängerversion mit 2-Pol-Filter etwa 115,- DM, bei der aufwendigeren 6-Pol-Version etwa 165,- DM auszugeben haben.

(Fortsetzung folgt.)

Die Spannung sollte in dieser Schaltung auch ohne eingeschalteten Transceiver auf ca. 12,8 V hochlaufen. Dabei natürlich nicht vergessen, den Regler voll aufzudrehen.

Man kann die erwähnten Bauteile auch leicht in das Gerät einbauen, nachdem die bereits vorhandenen Cs und Ls herausgelötet worden sind.

Als sehr gute Schutzmaßnahme für den Schalttransistor hat sich ein zusätzlicher Widerstand von ca. 15 Ohm/10 Watt erwiesen. Er liegt in einer der Wechsellspannungszuleitungen zum Gleichrichter und verhindert bei Kurzschlüssen und Aussetzen der Schwingungen den Ausfall des Transistors. In dieser Konfiguration sollte der 12-Volt-Teil bis an die 7 A liefern, ca. 19 A bei 9,5 V und bei 7,5 A dann durchaus brauchbare 11,5 Volt. Daß dabei permanent im 5-V-Kreis Energie „verbraten“ wird, tut weh und ist technisch ein Anachronismus. Leider ist es mir bislang noch nicht gelungen, eine bessere Lösung zu verwirklichen.

Die hier vorgeschlagene C/R-Belastung ist wesentlich von Bedeutung für das Verhalten des 12-V-Teils. Man verhindert derart ein Abreißen der Schwingungen bei hohen Spitzenbelastungen. Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Leistungsreserve durch weiteres Vergrößern der Lade-Cs oder der Speicher-Sieb-drossel (bei anderen Schaltnetzteilen, wie z. B. von Sony, hat dies bis an die 30 % mehr gebracht) war sinnlos.

Falls bei den ersten Versuchen nach dem Umbau doch einige Halbleiter ihren Geist aufgeben sollten, so sind diese durchaus noch im Fachhandel erhältlich (dank eines Tips von Dipl.-Ing. M. Schulze bei der Fa. Enatech