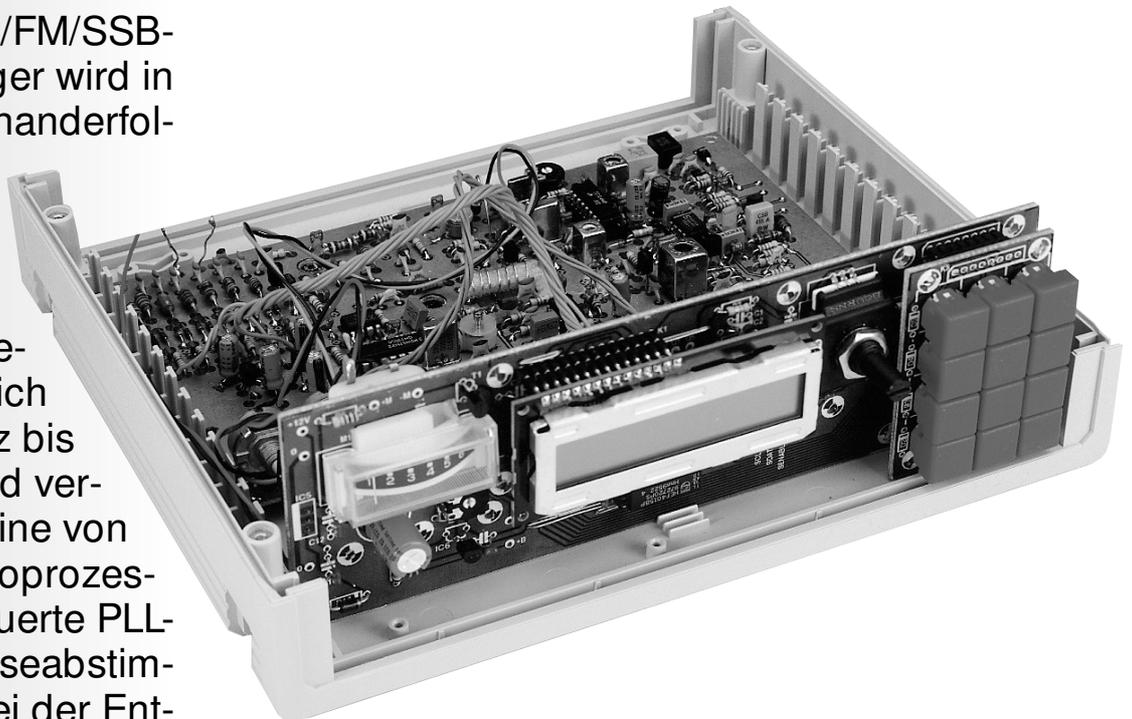


AM/FM/SSB- Empfänger

Teil 1: Schaltungsbeschreibung

Der AM/FM/SSB-Empfänger wird in zwei aufeinanderfolgenden Beiträgen beschrieben. Er hat einen Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz und verfügt über eine von einem Mikroprozessor gesteuerte PLL-Syntheseabstimmung. Bei der Entwicklung wurde vor allem darauf geachtet, die für Elektroniker ohne HF-Erfahrung beim Nachbau häufig auftretenden Probleme von vorne herein zu eliminieren.



Spezifikationen

- ◆ Doppelsuper, 1. ZF 45 MHz, 2. ZF 455 kHz
- ◆ AM-, FM- und SSB-Empfang
- ◆ Mikroprozessorsteuerung der Syntheseabstimmung und anderer Empfängerfunktionen
- ◆ Empfangsfrequenzbereich 150 kHz bis 32 MHz, Abstimmung in 1-kHz-Schritten
- ◆ Umschaltbare ZF-Bandbreite: 3 kHz (schmal) oder 12 kHz (breit)
- ◆ Interner 6-Band-Preselektor mit automatischer Umschaltung
- ◆ 12er-Tastatur für Frequenzeingabe, Bandbreiten- und Betriebsartumschaltung
- ◆ Stationspeicher für 21 Frequenzen inklusive Bandbreiten- und Betriebsarteneinstellung
- ◆ Unterdrückung unerwünschter Mischprodukte > 50 dB
- ◆ NF-Ausgangsleistung ca. 1 W/8 Ω
- ◆ Stromaufnahme max. 400 mA bei 15 V (90 mA weniger ohne NF und LC-Displaybeleuchtung)

Die Vereinfachung des Nachbaus war für den Entwickler natürlich keine Vereinfachung. An vielen Stellen mußten Lösungen gefunden werden, um den Schwierigkeitsgrad bei Aufbau und Abgleich zu verringern. Vor allem sollten selbst zu wickelnde Spulen möglichst ganz außen vor bleiben, ebenso waren spezielle HF-Meßgeräte für den Abgleich nicht zugelassen.

Bis auf eine einzige Spule werden daher nur fertig erhältliche Induktivitäten und Filter eingesetzt. Die Schaltung wurde schließlich so weit optimiert, daß sie bei einwandfreier Bestückung der Platine auf Anhieb funktioniert. Für den Abgleich des Empfängers benötigt man außer einem Multimeter keine weiteren Meßgeräte, und für den eigentlichen (HF-)Abgleich

Abhängigkeit von der verwendeten Antenne zu verringern. Tatsächlich kann man so ziemlich alles an Antennen anschließen, von der einfachen Teleskopantenne über die Langdrahtantenne bis hin zu einem ausgewachsenen "Beam" mit 50 Ω Kabelimpedanz. Als Zimmerantenne kann man natürlich auch die in Elektor September veröffentlichten magnetischen Schleifenantennen in Erwägung ziehen.

Auf den Preselector folgt ein Vorverstärker mit manuell einstellbarer Verstärkung. Auch hier gilt die Devise, starke Signale von der nächsten Stufe, dem Mischer, fernzuhalten. Wer sich mit dem Kurzwellenempfang noch nicht näher befaßt hat, dem sei gesagt, daß es viel wichtiger ist, starke Störsignale vom Empfänger fernzuhalten, als

Das erste ZF-Signal (45 MHz) wird durch den zweiten Mischer mit dem Signal des zweiten Oszillators auf 455 kHz heruntergemischt. Der zweite Oszillator ist ein Quarzoszillator mit einer Frequenz von 44,545 MHz. Am Ausgang des zweiten Mixers liegen zwei Bandpaßfilter, ein schmales mit einer Bandbreite von 3 kHz für den SSB-Empfang und ein breites mit 12 kHz Bandbreite für AM- und FM-Empfang. Die Verstärkung beider ZF-Verstärker (45 MHz und 455 kHz) wird über eine AGC (automatic gain control) geregelt. Da die AGC-Spannung von der empfangenen Signalstärke abhängt, kann sie auch für die S-Meter-Anzeige verwendet werden.

Der letzte 455-kHz-Verstärker ist mit den beiden Demodulatoren für AM

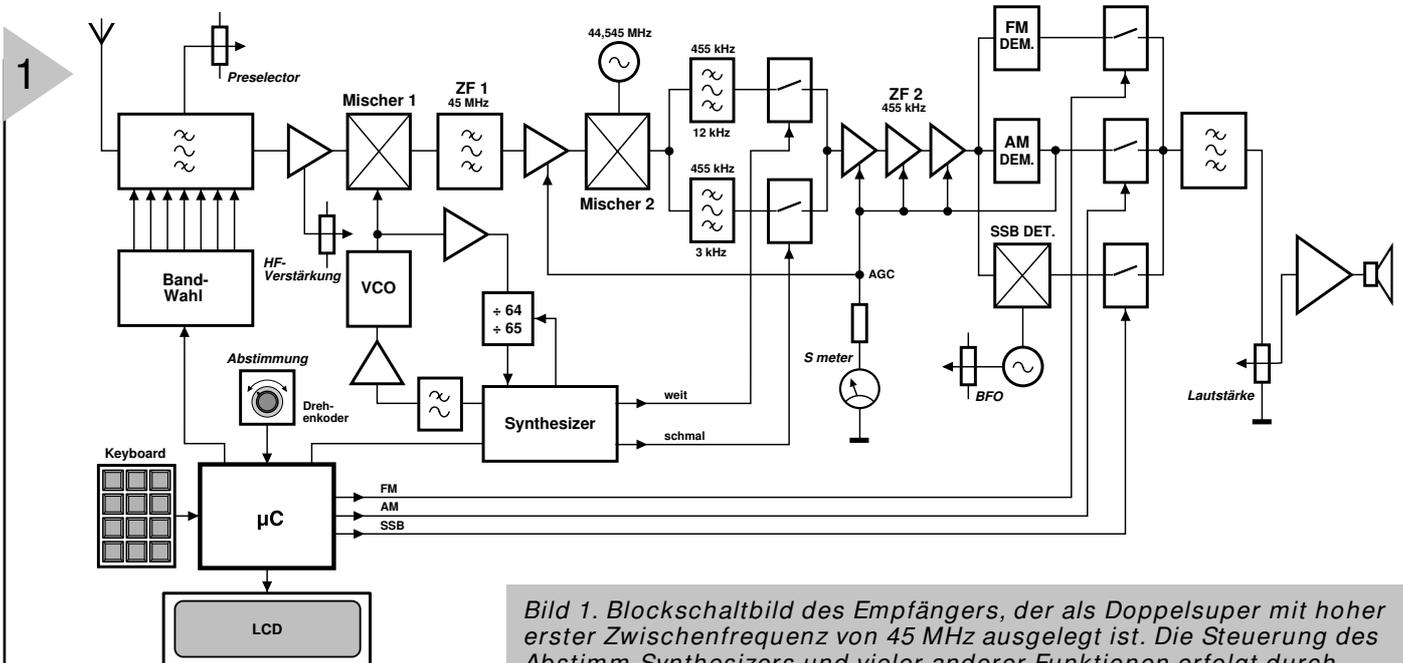


Bild 1. Blockschaltbild des Empfängers, der als Doppelsuper mit hoher erster Zwischenfrequenz von 45 MHz ausgelegt ist. Die Steuerung des Abstimm-Synthesizers und vieler anderer Funktionen erfolgt durch einen PIC-Mikrocontroller.

noch nicht einmal das, weil das eingebaute S-Meter verwendet wird.

DAS KONZEPT

Das Blockschaltbild des Empfängers ist in Bild 1 dargestellt. Vom Konzept her handelt es sich um einen Doppelsuper, also um einen Überlagerungsempfänger mit zwei Oszillatoren, zwei Mischern und zwei Zwischenfrequenzverstärkern. Dabei wird für die erste Zwischenfrequenz eine "hohe" ZF verwendet, die deutlich über der höchsten zu empfangenden Signalfrequenz liegt.

Das Antennensignal wird zuerst durch einen Vorkreis (Preselector) geführt, um die Gefahr von Interferenzen und Kreuzmodulation durch sehr starke Signale außerhalb des Empfangsbereichs zu verringern. Der Vorkreis wird von Hand abgestimmt, um eine möglichst gute Vorselektion zu erreichen. Der Vorkreis dient aber auch dazu, die

im Rauschen nach schwachen Signalen zu lauschen.

Das Oszillatorsignal für den ersten Mischer wird von einem Synthesizer geliefert, der in 1-kHz-Schritten zwischen 45,150 MHz und 77,000 MHz abgestimmt werden kann. Der Synthesizer besteht aus den bekannten Zutaten: einem VCO (spannungsgesteuerter Oszillator), einem Vorteiler und einem Schleifenfilter zur Unterdrückung der Referenzfrequenz (hier 1 kHz). Zusammen mit anderen Teilschaltungen des Empfängers wird auch der Synthesizer durch einen zentralen Mikrocontroller gesteuert.

Das Ausgangssignal des ersten Mixers durchläuft ein 45-MHz-Filter mit einer Bandbreite von etwa 15 kHz. Das Filter hat in erster Linie die Aufgabe, die Spiegelfrequenz des zweiten Mixers von 44,090 MHz (44,545-0,455) zu unterdrücken.

und FM und einem Produktdetektor für SSB verbunden. Der Oszillator des Produktdetektors kann etwas gezogen werden, um zwischen unterem und oberem Seitenband (USB/LSB) wählen zu können. Das entsprechende Poti ist mit BFO (für beat frequency oscillator) bezeichnet. Die Auswahl des verwendeten Demodulators erfolgt durch Analogschalter an den jeweiligen Ausgängen, genauso sind auch an den Ausgängen der 455-kHz-Filter Analogschalter für die Filterwahl angeordnet. Bevor das demodulierte Signal zum NF-Verstärker gelangt, durchläuft es noch ein NF-Bandpaßfilter als "Sprachfilter" mit Eckfrequenzen von 450 Hz und 3,3 kHz.

Der Mikroprozessor steuert nicht nur die Syntheseabstimmung, sondern auch den Preselector, die Auswahl der Filterbreite (breit/schmal) und der Demodulation (FM/AM/SSB) und die

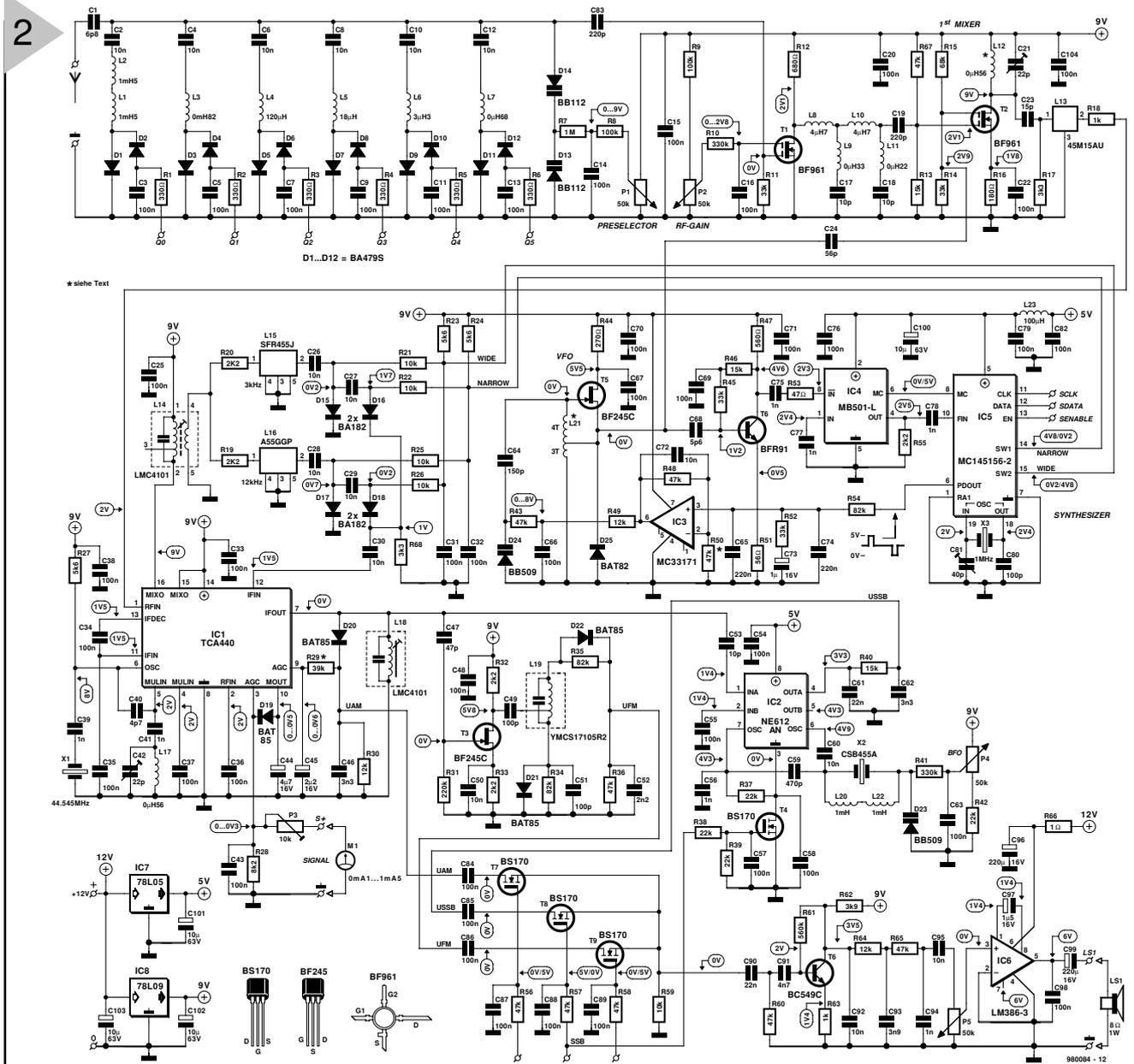


Bild 2. Die Schaltung der eigentlichen Empfängerplatine, in der sich die Funktionsgruppen des Blockschaltbilds leicht wiederfinden lassen.

Anzeige mit dem LC-Display. Die Eingabe erfolgt durch einen Drehknopf mit Drehenkoder für die Abstimmung und durch eine kleine Tastatur für die direkte Frequenzeingabe und verschiedene andere Funktionen wie die Speicherfunktionen und die manuelle Bandbreitenumschaltung.

EMPFÄNGERSCHALTUNG
 Ein Blockschaltbild ist schnell gezeichnet, bis zu einer vollständig ausgearbeiteten Schaltung, die alle Spezifikationen erfüllt, ist es hingegen ein ziemlich langer und manchmal mühsamer Weg. Vom Umfang der Schaltung sollte man sich nicht abschrecken lassen, die Struktur entspricht tatsächlich weitgehend dem Blockschaltbild, dessen Teile im Schaltplan kurz besprochen werden sollen:

Preselector
 Das aktive Element ist der Dual-gate-MOSFET BF961 (T1), der eine minimale Bedämpfung der Induktivitäten im Preselector garantiert. Die Umschaltung erfolgt durch Pin-Dioden, die mit den Ausgängen eines Dezimalzählers verbunden sind, der wiederum vom Mikroprozessor angesteuert wird. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse in diesem Schaltungsteil ist durch die Verwendung von Festinduktivitäten der E-12-Reihe gegeben, deren Güte dank der geringen kapazitiven Belastung von seiten des MOSFETs nicht beeinträchtigt wird. Der Preselector hat sechs Bereiche:

- 1: 150 bis 370 kHz
- 2: 370 bis 900 kHz
- 3: 900 bis 2200 kHz

- 4: 2200 bis 5400 kHz
- 5: 5400 bis 13200 kHz
- 6: 13200 bis 32000 kHz

Der induktive Teil des Preselectors bildet in Verbindung mit einem Kapazitätsdiodenpaar (D13/D14) den abgestimmten Resonanzkreis. Die Abstimmungsspannung der Dioden wird durch das Poti P1 im Bereich zwischen 0 und 9 V variiert. Die Verstärkung des MOSFETs wird ganz konventionell durch die Gleichspannung am zweiten Gate mittels P2 eingestellt. Obwohl der Preselector eine gute Vorselektion bewirkt, folgt auf die MOSFET-Stufe noch ein zusätzlicher Bandpaß mit zwei Saugkreisen L9-C17 und L11-C18, so daß Spiegelfrequenzen und außerhalb des Empfangsbereichs liegende Mischprodukte mit -50 dB praktisch ganz eliminiert werden.

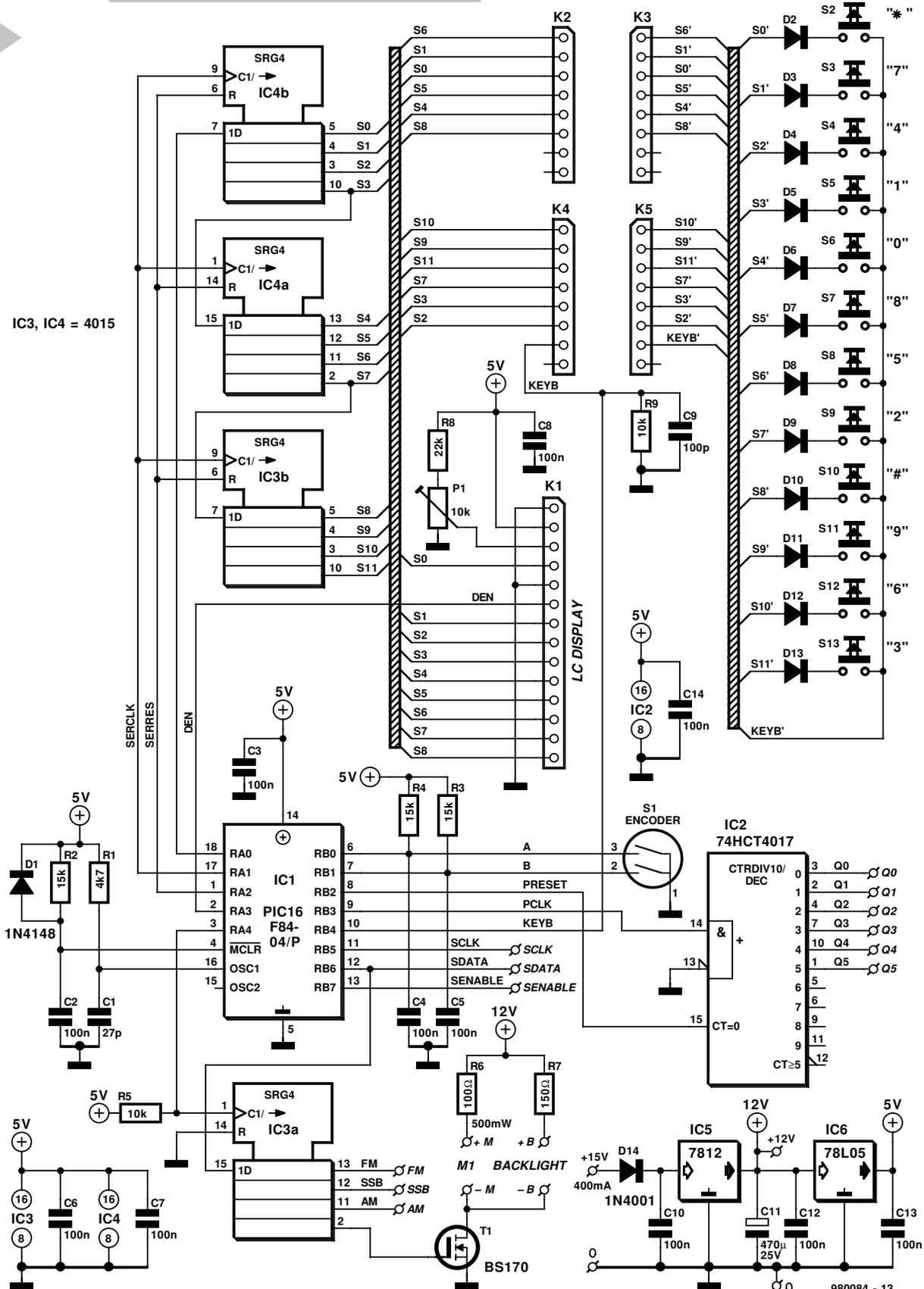
Erster Mischer und Synthesizer
 In Kurzwellenempfängern der gehobenen Klasse wird im ersten Mischer ein doppelt symmetrischer Mischer (double balance mixer DBM) verwendet, um sehr gutes Großsignalverhalten

zu garantieren. Der Nachteil eines passiven DBM liegt in der benötigten hohen Oszillatorspannung (typisch 7 dBm) und in dem ebenfalls hohen Mischverlust (Pegelverlust beim Mischen) von etwa -7 dB. Bei dem hier vor-

gestellten Empfänger wurde für den ersten Mischer ein Dual-Gate-MOS-FET gewählt, der im Gegensatz zum passiven Mischer eine Mischverstärkung von 10 dB liefert und mit einem relativ kleinen Oszillatorsignal auskommt.
 Die Kombination eines Synthesizers

Bild 3. Der digitale Teil des Empfängers besteht im wesentlichen aus dem Mikrocontroller PIC16F84 und vier 4015-Schieberegistern.

3



mit dem MC1456-2 von Motorola und dem speziellen Teiler MB501L von Fujitsu ergibt eine PLL mit einer Schrittweite in der Größe der Referenzfrequenz von 1 kHz, die von der Quarzfrequenz ($X3 = 1 \text{ MHz}$) durch einen Teiler auf dem PLL-Chip abgeleitet wird. Der MC1456-2 wird vom Mikrocontroller seriell gesteuert. Das vom Phasenvergleich der PLL-ICs gelieferte Fehlersignal wird vom Schleifenfilter mit dem Opamp IC3 (MC33171) gefiltert. Da die 1-kHz-Komponente durch das Filter minimiert werden muß, ergibt sich eine relativ lange Einschwingzeit der PLL. Bei der größtmöglichen Frequenzänderung des VCOs von 45,150 auf 77,000 MHz beträgt die Änderungszeit etwa 100 ms. Durch Verwendung des PDOUT-Ausgangs des Synthesizer-ICs kann das Schleifenfilter einfach gehalten werden. Der MC33171 wird vor allem deshalb verwendet, weil er einen Ausgangsspannungsbereich "rail-to-rail" aufweist, das heißt, von Masse (0 V) bis zur vollen Höhe der Betriebsspannung. Das ist auch erforderlich, damit der über die Kapazitätsdiode abgestimmte VCO ohne Aussetzer den gesamten Frequenzbereich überstreicht. Tatsächlich ist der Frequenzbereich des VCOs etwas überdimensioniert, er reicht bei einer Steuerspannung zwischen 0 und 9 V von 37 bis 85 MHz.

Das Ausgangssignal des VCOs wird kapazitiv ausgekoppelt und gelangt weiter zum Mischer (T2) und über die Pufferstufe mit T6 auch zum ECL-Eingang des Teilers MB501L (IC4).

ZF-Verstärker, AM/FM-Demodulator und SBB-Detektor

Alle Funktionen, die im Blockschaltbild zwischen dem ersten ZF-Filter und dem Ausgang des letzten ZF-Verstärkers angesiedelt sind, werden durch ein einziges IC realisiert, den TCA440. Dieser alte Bekannte aus dem Hause Siemens enthält einen Vorverstärker, einen Oszillator, einen ZF-Verstärker und eine AGC mit einem Dynamikbereich von 100 dB (letzteres ist für KW nicht unbedingt erforderlich). Die beiden 455-kHz-ZF-Filter für "schmal" (3 kHz Bandbreite) und "weit" (12 kHz Bandbreite) sind mit dem TCA440 über PIN-Dioden verbunden, die vom Mikrocontroller aus geschaltet werden. Es können auch andere Filter als die angegebenen Toko-Typen verwendet werden, solange die Eingangsimpedanz 2,2 k Ω beträgt und die 3-dB-Bandbreiten etwa vergleichbar sind. Der TCA440 steuert das S-Meter direkt über seinen AGC-Ausgang. Mit P3 kann man unterschiedlich empfindliche Drehspulinstrumente anpassen. Das Oszillatorsignal für den zweiten Mischer liefert ebenfalls der TCA440 mit seinem internen Oszillator, der mit einem externen Quarz und ein paar

passiven Bauteilen eine stabile Frequenz von 44,545 MHz bereitstellt. Der SSB-Demodulator ist mit dem bekannten NE612 (alternativ: N602) bestückt, der einen symmetrischen Mischer und einen Oszillator enthält. Letzterer ist mit einem preiswerten 455-kHz-Keramikfilter verbunden, das über eine Kapazitätsdiode (D23) "gezogen" wird. Der erzielte Variationsbereich von $\pm 2 \text{ kHz}$ reicht für die Abstimmung auf USB oder LSB (oberes oder unteres Seitenband) mit dem BFO-Poti aus.

Der FM-Demodulator ist ein klassischer Ratio-Detektor mit einem eingangsseitigen FET-Verstärker. Der Detektor ist empfindlich genug, um auch bei einem Schmalband-FM-Signal (FM-CB-Funk auf 27 MHz) eine ausreichende Ausgangsamplitude zu erzielen.

Der AM-Demodulator besteht nur aus einer einzigen Diode, D20, die über R29/C45 auch das AGC-Steuersignal an den AGC-Eingang des TCA440 liefert. Die drei abgleichbaren Kreise in diesem Schaltungsteil sind 455-kHz-Fertigspulen von Toko mit eingebauten Kondensatoren. Man kann auch andere 455-kHz-Kreise einsetzen, solange das Verhältnis zwischen Primär- und Sekundärwicklung 20:1 beträgt (bei L14 und L18) und wenn die Anzapfung genau in der Mitte der Primärwicklung liegt (bei L19).

NF-Teil

Als Analogschalter werden drei Kleinsignal-FETs vom Typ BS170 verwendet, die entweder das AM-, FM- oder SSB-Signal zum NF-Filter mit T10 weitergeben. Die Gate-Anschlüsse der FETs werden vom Mikroprozessor aus gesteuert. Mit Eckfrequenzen von 450 Hz und 3,3 kHz läßt das Filter nur den Sprachfrequenzbereich passieren, so daß außerhalb liegende Störsignale abgeschwächt werden, bei SSB-Empfang auch das Signal der benachbarten Station. Als NF-Endstufe ist der altbewährte LM386 mit 1 W Ausgangsleistung an 8 Ω gut ausreichend sowohl für Stationslautsprecher als auch für niederohmige Kopfhörer.

RUND UM DEN MIKROCONTROLLER

Der Schaltplan der digitalen Abteilung des Empfängers ist in Bild 3 zu sehen. Auch die Stromversorgung ist weitgehend in diesem Schaltungsteil enthalten. Als Mikrocontroller wird der bekannte PIC16F84 von Mikrochip eingesetzt, der für seine Aufgaben im Empfänger ein Programm von etwa 1 KByte in seinem internen ROM enthält. Fertig programmierte PICs sind im Elektor-Software-Service erhältlich.

Das EEPROM des PICs wird für die Speicherung von Frequenzen und Einstellungen verwendet. Da an die Taktfrequenz des Controllers keine hohen Ansprüche gestellt werden, kann ein

einfaches RC-Netzwerk (R1/C1) verwendet werden. Der Controller wird mit etwa 4 MHz getaktet, ist aber nur aktiv, wenn er gebraucht wird. Um einen möglichst ungestörten Empfang zu ermöglichen, ist der Controller die meiste Zeit im Sleep-Modus.

Drei der vier Schieberegister vom Typ 4015 erweitern die I/O-Funktionalität des PICs zu einem 12-bit-Schieberegister, das verwendet wird, um die Tastatur und das LC-Display zu bedienen. Die Kontakte der Taster sind nicht als Matrix geschaltet, sondern haben auf einer Seite einzelne Anschlüsse und liegen auf der anderen Seite an einer gemeinsamen Leitung. Das Betätigen eines Tasters verursacht einen Interrupt, der den schlafenden Prozessor weckt und seine Dienste anfordert. Die gleiche Wirkung hat das Drehen am Drehenkoder S1. Der hier verwendete Enkoder von Bourns liefert 24 Schaltzyklen bei einer vollen Umdrehung. Mit dem Drehenkoder läßt sich der gesamte Empfangsbereich kontinuierlich durchstimmen - man muß nur so lange drehen, bis das LC-Display die gewünschte Frequenz anzeigt und dann den Preselctor auf besten Empfang abstimmen. Alternativ kann man die gewünschte Frequenz auch direkt über die Tastatur eingeben und von da aus, wenn gewünscht, mit dem Drehenkoder in jede Richtung weiter abstimmen. Die beiden Kontakte des Drehenkoders sind direkt mit zwei I/O-Anschlüssen des PICs verbunden. Die Kontaktentprellung erfolgt sowohl durch Hardware (RC-Glieder R4/C4 und R3/C5) als auch durch die Software. Die übrigen I/O-Anschlüsse des PICs steuern den seriellen Synthesizer (RB5, RB6, RB7) und über den Dezimalzähler IC2 den Preselector (RB2, RB3).

Die Stromversorgung verwendet konventionelle dreibeinige Spannungsregler der 78- und 78L-Reihe, um vier geregelte Spannungen zu liefern: 12 V, 9 V und zwei mal 5 V. Der 9-V-Regler und der eine 5-V-Regler sind ausschließlich zur Versorgung der "analogen" Empfängerschaltung in Bild 2 zuständig, sie erhalten eingangsseitig die schon geregelte 12-V-Spannung von der "digitalen" Mikrocontroller-Platine. Die größte Belastung bilden für den 12-V-Regler der NF-Verstärker, die S-Meter-Beleuchtung und die LCD-Hintergrundbeleuchtung (wenn verwendet). Die unstabilierte Spannung am Eingang des 12-V-Reglers sollte mindestens 15 V betragen. Als Rohstromversorgung läßt sich gut ein Steckernetzteils verwenden, das aber für wenigstens 450 mA ausgelegt sein sollte.

980084-1e

Der zweite und letzte Teil in der nächsten Ausgabe beschreibt den Aufbau, den Abgleich und die praktische Verwendung des Empfängers.

AM/FM/SSB- Empfänger

Zweiter und letzter Teil: Aufbau und Anwendung

Seit der Veröffentlichung des ersten Teils hat sich schon ein reges Interesse bei unseren Lesern gezeigt. Der zweite Teil ist wie immer den praktischen Aspekten des Projekts gewidmet und fällt trotz der umfangreichen Schaltung nicht sehr kompliziert aus. Der Abgleich ist für einen derart hochwertigen Empfänger sogar ausgesprochen einfach.



Auch wenn darauf geachtet wurde, die typischen Probleme beim Nachbau eines relativ komplexen Empfängers so weit wie möglich zu vermeiden, muß doch darauf hingewiesen werden, daß man sich als Anfänger ohne irgendwelche Erfahrung im Aufbau von HF-Schaltungen erst einmal ein kleineres HF-Projekt vornehmen sollte. Als unvollendetes Werk wäre der PLL-Doppelsuper auch etwas zu kostspielig. Etwas anderes ist es natürlich, wenn man bei Bedarf die Hilfe eines erfahrenen Funkamateurs oder Funktechnikers in Anspruch nehmen kann. In jedem Fall sollte man bei der Auswahl der Bauteile keine Kompromisse eingehen und die Angaben im Artikel beziehungsweise in der Stückliste einhalten. Voraussetzung ist in jedem Fall ausreichend Zeit beim Aufbau und sorgfältiges Arbeiten, ebenso ist ein nichtmetallisches Abgleichbesteck (Kunststoff oder Keramik) Voraussetzung. Die folgende Beschreibung setzt schon etwas HF-Erfahrung und das Verständnis der Begriffe und Abkürzungen voraus, die auch schon im ersten Teil verwendet und erläutert wurden.

DIE EMPFÄNGERPLATINE

Das Layout dieser Platine ist in Bild 4 dargestellt. Es handelt sich um eine relativ große, doppelseitige und durchkontaktierte Platine mit vielen diskreten Bauteilen. Die Platinenoberseite dient (wie bei HF-Platinen üblich) als abschirmende Massefläche, die gleichzeitig kurze Masseverbindungen garantiert.

Beim Bestücken beginnt man am besten mit den Bauteilen, die die geringste Bauhöhe aufweisen, wobei sehr sorgfältig auf die richtige Bestückung in Hinblick auf die Bezeichnung, Polung und Anschlußbelegung der Bauteile zu achten ist. Zu den "niedrigen" Bauteilen zählen auch die folgenden ICs:

IC1 (TCA440), IC5 (MC145156), IC3 (MC3317) und IC4 (MBL501L). Für diese ICs dürfen keine Fassungen verwendet werden, um parasitäre Induktivitäten und Kapazitäten so niedrig wie möglich zu halten. Im folgenden wird auf die Bauteile näher eingegangen, bei denen noch weitere Besonderheiten zu beachten sind:

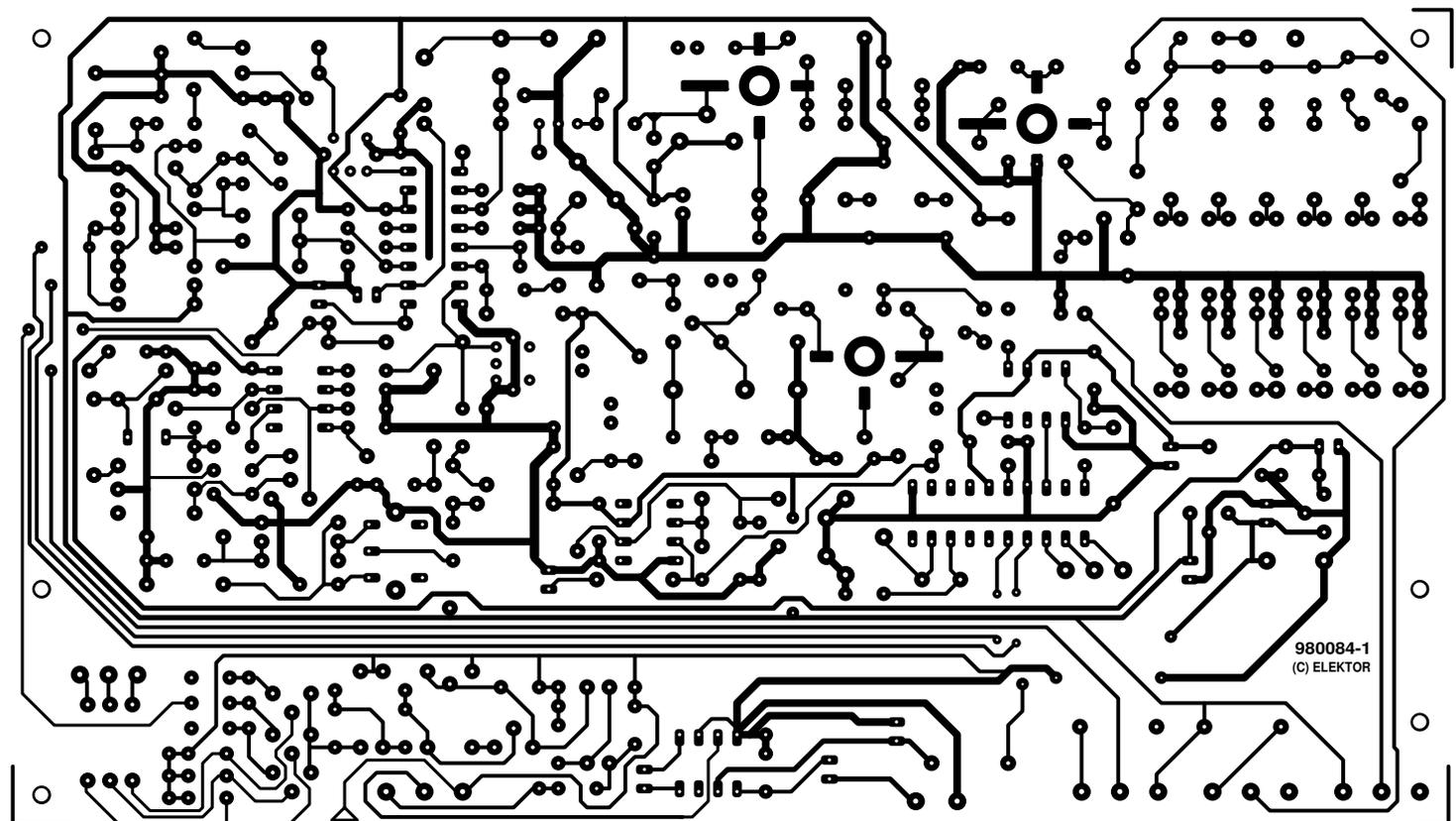
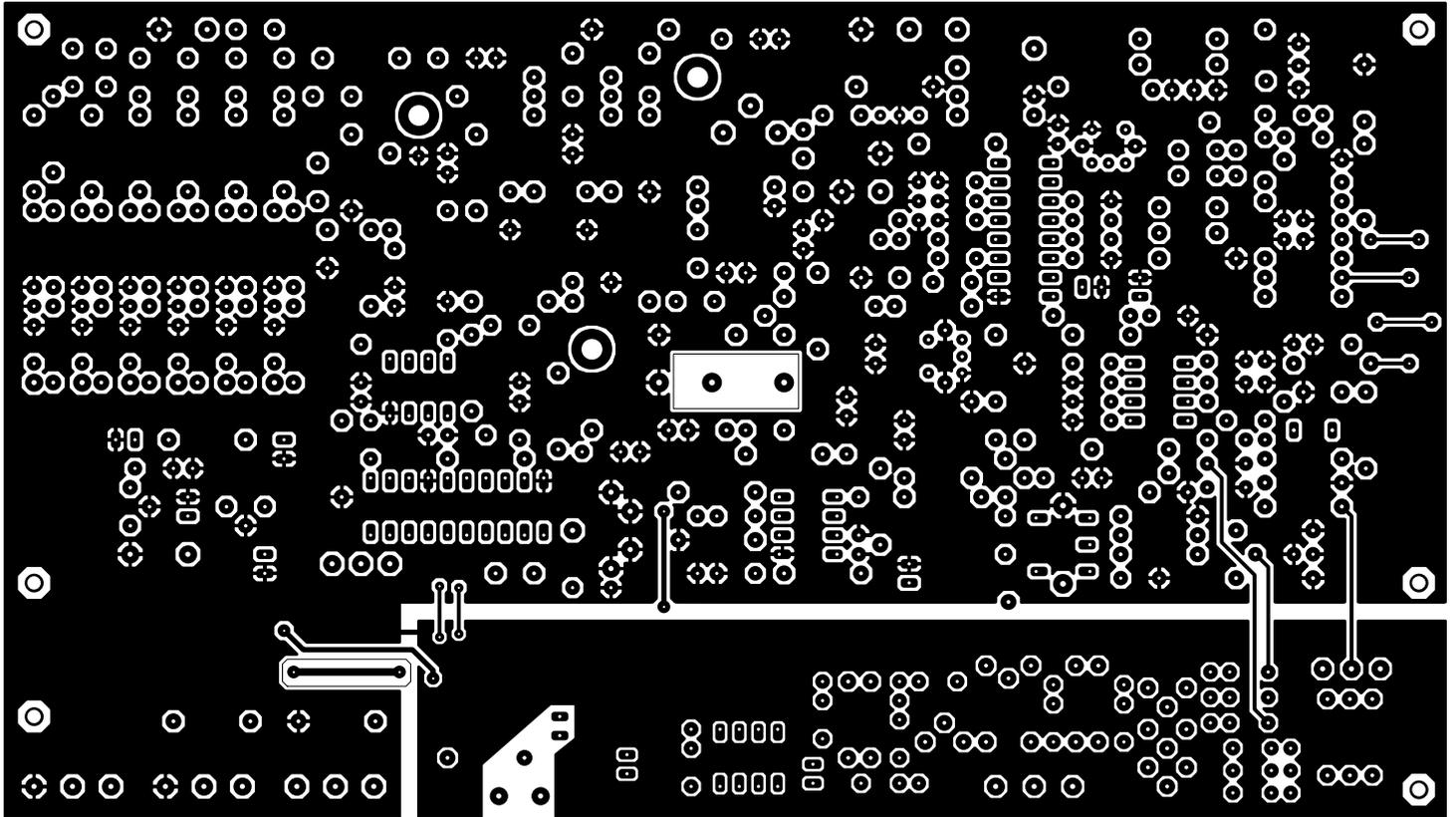
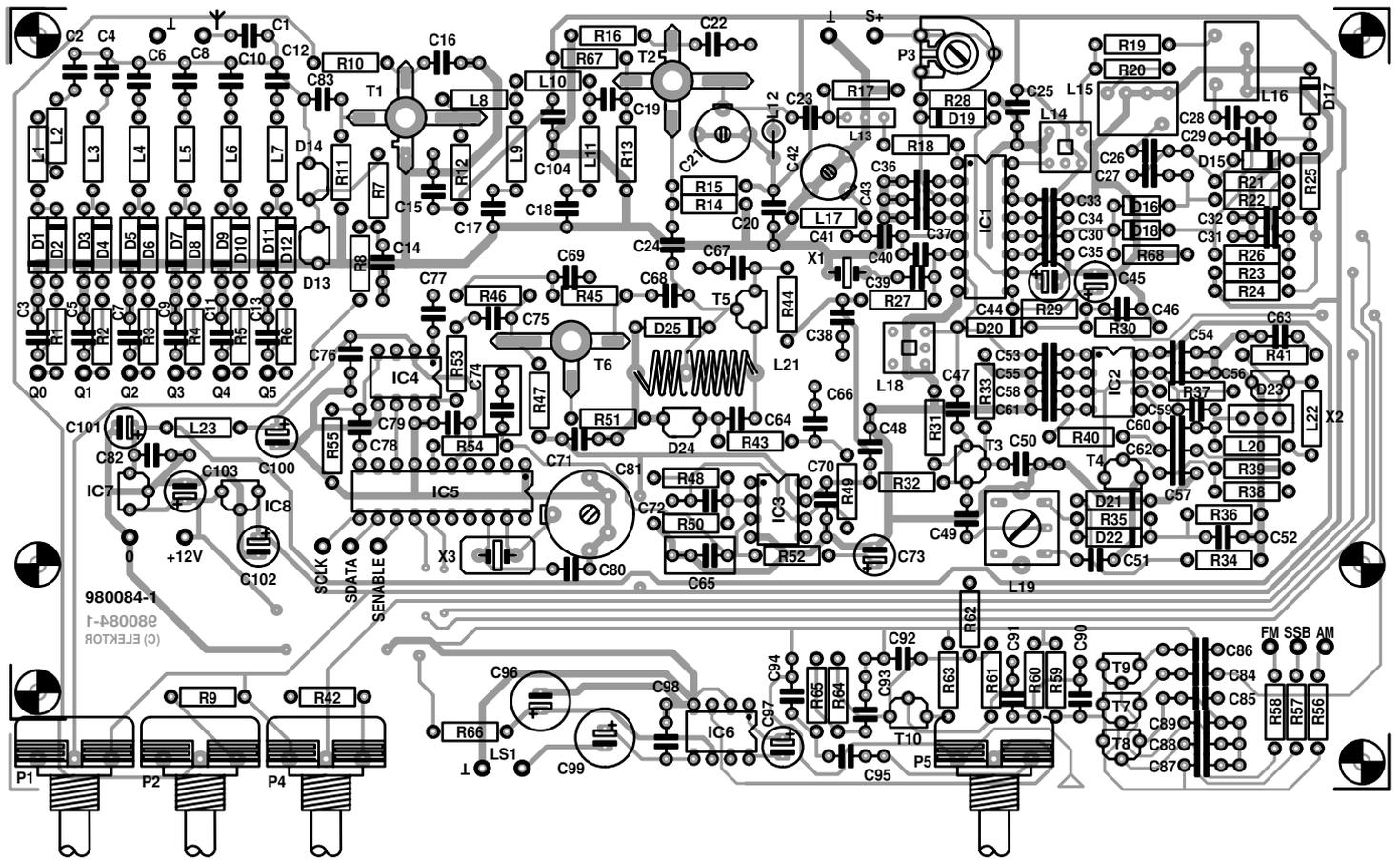


Bild 4. Layout der doppelseitigen Empfängerplatine, die durchkontaktiert geliefert wird.

Spule L21
 Die Spule besteht aus 7 Windungen mit versilbertem 0,5-mm-Draht. Der innere Durchmesser ist etwa 6 mm, so daß man als Wickeldorn gut einen 6-mm-Bohrerschaft verwenden kann. Die Spule wird anschließend so weit auseinandergezogen, daß die beiden

Enden in die vorgesehenen Bohrungen der Platine gesteckt werden können. Beim Auseinanderziehen ist auf einen gleichmäßigen Windungsabstand zu achten. Anschließend wird die Spule etwa 3 Windungen vom "kalten" (masseseitigen) Spulenanschluß ent-

fernt durch Anlöten eines kurzen Drahtstücks mit der benötigten Anzapfung versehen. Man kann noch ein kleines Stück Schaumgummi oder Styropor in die Spule schieben, um



Mikrofonieeffekte bei Erschütterungen zu vermindern.

BF961 und BFR91

Die beiden Dual-Gate-MOSFETs T1 und T2 werden auf der Platineunter-

seite bestückt. Dabei ist besonders sorgfältig auf die richtige Anschlußbelegung zu achten. Die DG-MOSFETs der BF9xx-Reihe sind heute für statische Aufladung nicht empfindlicher als Standard-CMOS-ICs. Auch wenn die

Beschriftung des Transistors nur auf der Gehäuseunterseite zu finden sein sollte, ist dies für die Bestückung nicht relevant, es zählt einzig die richtige Anschlußbelegung! Im Zweifel kann man die verwendeten Platinean-

Stückliste Empfänger

Widerstände:

R1...R6 = 330 Ω
 R7 = 1 M
 R8, R9 = 100 k
 R10, R41 = 330 k
 R11, R14, R45, R52 = 33 k
 R12 = 680 Ω
 R13, R40, R46 = 15 k
 R15 = 68 k
 R16 = 180 Ω
 R17, R68 = 3k3
 R18, R63 = 1 k
 R19, R20, R32, R33, R55 = 2k2
 R21, R22, R25, R26, R59 = 10 k
 R23, R24, R27 = 5k6
 R28 = 8k2
 R29 = 39 k
 R30, R49, R64 = 12 k
 R31 = 220 k
 R34, R35, R54 = 82 k
 R36, R43, R48, R50, R56...R58, R60, R65, R67 = 47 k
 R37...R39, R42 = 22 k
 R44 = 270 Ω
 R47 = 560 Ω
 R51 = 56 Ω
 R53 = 47 Ω
 R61 = 560 k
 R62 = 3k9
 R66 = 1 Ω

P1, P2, P4 = Poti 50 k linear
 P5 = Poti 50 k log.
 P3 = Trimpoti 10 k

Kondensatoren:

C1 = 6p8
 C2, C4, C6, C8, C10, C12, C26...C30, C50, C60, C69, C72, C92, C95 = 10 n
 C3, C5, C7, C9, C11, C13...C16, C20, C22, C25, C31...C38, C43, C48, C54, C55, C57, C58, C63, C66, C67, C70, C71, C76, C79, C82, C84...C89, C98, C104 = 100 n
 C17, C18, C53 = 10 p
 C19, C83 = 220 p
 C21, C42 = 22 p Trimmer
 C23 = 15 p
 C24 = 56 p
 C39, C41, C56, C75, C77, C78, C94 = 1 n
 C40 = 4p7
 C44 = 4 μ 7/16 V stehend
 C45 = 2 μ 2/16 V stehend
 C46, C62 = 3n3
 C47 = 47 p
 C49, C51, C80 = 100 p
 C52 = 2n2
 C59 = 470 p
 C61, C90 = 22 n
 C64 = 150 p
 C65, C74 = 220 n
 C68 = 5p6
 C73 = 1 μ /16 V stehend
 C81 = 40 p Trimmer

C91 = 4n7

C93 = 3n9

C96, C99 = 220 μ /16 V stehend

C97 = 1 μ 5/16 V stehend

C100...C103 = 10 μ /63 V stehend

Spulen:

L1, L2 = 1mH5
 L3 = 0mH82
 L4 = 120 μ H
 L5 = 18 μ H
 L6 = 3 μ H3
 L7 = 0 μ H68
 L8, L10 = 4 μ H7
 L9 = 0 μ H33
 L11 = 0 μ H22
 L12, L17 = 0 μ H56
 L13 = 45M15AU
 L14, L18 = LMC4101 (TOKO)
 L15 = SFR455J
 L16 = A55GGP (TOKO) 12 kHz
 L19 = YMCS17105R2 (TOKO)
 L20, L22 = 1 mH
 L21 = 3+ 4 Wdg 0,5 mm Silberdraht auf 6 mm Bohrer
 L23 = 100 μ H

Halbleiter:

D1...D12 = BA479S
 D13, D14 = BB112
 D15...D18 = BA182
 D19...D22 = BA185

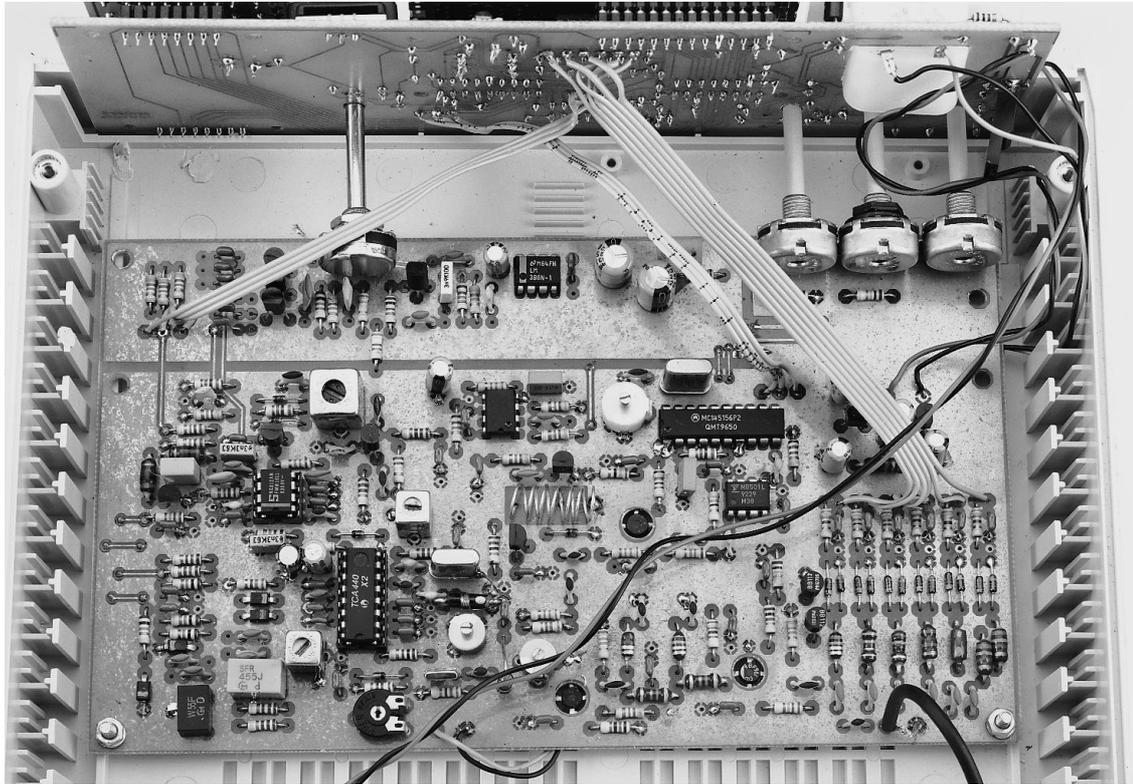


Bild 5. Die bestückte Empfängerplatine.

schlüsse im Vergleich mit dem Schaltplan auf Richtigkeit kontrollieren. Der BFR91 ist ein bipolarer Transistor, der ebenfalls auf der Platineunterseite montiert wird. Der längere Transistoranschluß ist der Kollektor.

D23,D24 = BB509
 D25 = BAT82
 T1,T2 = BF961
 T3,T5 = BF245C
 T4,T7...T9 = BS170
 T6 = BFR91
 T10 = BC549C
 IC1 = TCA440 *
 IC2 = NE612AN
 IC3 = MC33171P* (Motorola)
 IC4 = MB501-L* (Fujitsu)
 IC5 = MC145156-2 *(Motorola)
 IC6 = LM386N-3
 IC7 = 78L05
 IC8 = 78L09

* (ohne Fassung)

Außerdem:

M1 = Drehspulinstrument 0,1...1,5mA
 LS1 = Lautsprecher 8 Ω /1 W
 X1 = Quarz 44,545 MHz, HC49U, 3. Oberton, 20 pF Bürde
 X2 = Keramikresonator CSB455A
 X3 = Quarz 1 MHz HC49U
 Gehäuse Bopla Instrumentengehäuse, 223 mm x 199 mm x 72 mm
 mit Aluminium-Frontplatte und -Rückplatte
 Platine EPS 980084-1 (siehe Service-Anzeige in der Heftmitte)

Trimmer

Die Anschlüsse der drei Trimmkondensatoren sollten beim Einlöten möglichst nur kurz Kontakt mit der Lötspitze haben, um eine Deformation der Kondensatorplatten beziehungsweise der Teflonisolatoren durch zu große Hitzeeinwirkung zu vermeiden. Beachten Sie, daß ein Trimmer (C21) mit der positiven Betriebsspannung verbunden ist. Alle drei Trimmer werden zuerst auf die mittlere Position (mittlere Kapazität) eingestellt.

Peselector

Hier sollte man beim Bestücken besonders auf die richtigen Werte der Festinduktivitäten und auf die Polarität der PIN-Dioden achten.

Quarze

Die Gehäuse der beiden Quarze sind über kurze Drahtstücke mit der Maschenfläche der Platine zu verbinden.

Toko-Induktivitäten

Da diese auf der einen Seite zwei und auf der anderen Seite drei Pins aufweisen, kann man sie kaum falsch herum in die Platine löten. Die beiden Laschen der Abschirmbecher sollte man ebenfalls festlöten.

Potis

Es handelt sich um kleine Ausführungen mit 4-mm-Achse. Die Achsen werden erst später gekürzt.

HF-Eingang

Ein kurzes Stück mit dünnem (3 mm) Koaxkabel (z.B. RG174/U) wird mit dem HF-Eingang verbunden.

45M15AU-ZF-Filter

Dieses metallgekapselte Bauteil hat drei Anschlüsse, von denen der mittlere an Masse liegt. Die anderen beiden funktionieren als Eingang und Ausgang, je nachdem, wie herum das Teil auf die Platine gelötet wird (beide Positionen sind zulässig).

Für die 100-nF-Kondensatoren, von denen die meisten zur Entkopplung dienen, können zwei Rastermaße (5 und 7,5 mm) verwendet werden. Anstelle der für Entkopplung besonders gut geeigneten Sibatit-Kondensatoren können eventuell auch andere Miniatur-Keramik-Kondensatoren verwendet werden.

Nochmals: Bei der Bestückung Zeit lassen, zu viel Eile kostet durch unnötige Fehler noch viel mehr Zeit...

Bild 5 zeigt einen der frühen Prototypen des Empfängers von oben.

CONTROLLER-BOARD

Die einseitige Platine mit dem Mikrocontroller (Bild 6) weist nicht so viele Besonderheiten auf. Bild 7 zeigt das fertig aufgebaute Labormuster der Platine.

Der Teil mit der Tastatur muß von der Controllerplatine getrennt (abgesägt) werden. Beim Bestücken dieser Platine ist auf möglichst niedrige Bauhöhe zu achten, damit die Platine später auf der Rückseite der Frontplatte montiert werden kann (und Platz findet). Wenn es nicht anders geht, müssen IC5 und C11 auf der Kupferseite der Platine montiert werden.

Für die übrigen ICs können Fassungen verwendet werden. Beim Bestücken

Bild 6. Layout und Bestückungsplan der einseitig ausgeführten Mikrocontroller-Platine des Empfängers. Der Tastaturteil wird von der übrigen Platine getrennt.

Stückliste Prozessorplatine

Widerstände:

R1 = 4k7
 R2...R4 = 15 k
 R5, R9 = 10 k
 R6 = 100 Ω, 1/2W
 R7 = 150 Ω
 R8 = 22 k
 P1 = Trimpoti 10 k

Kondensatoren:

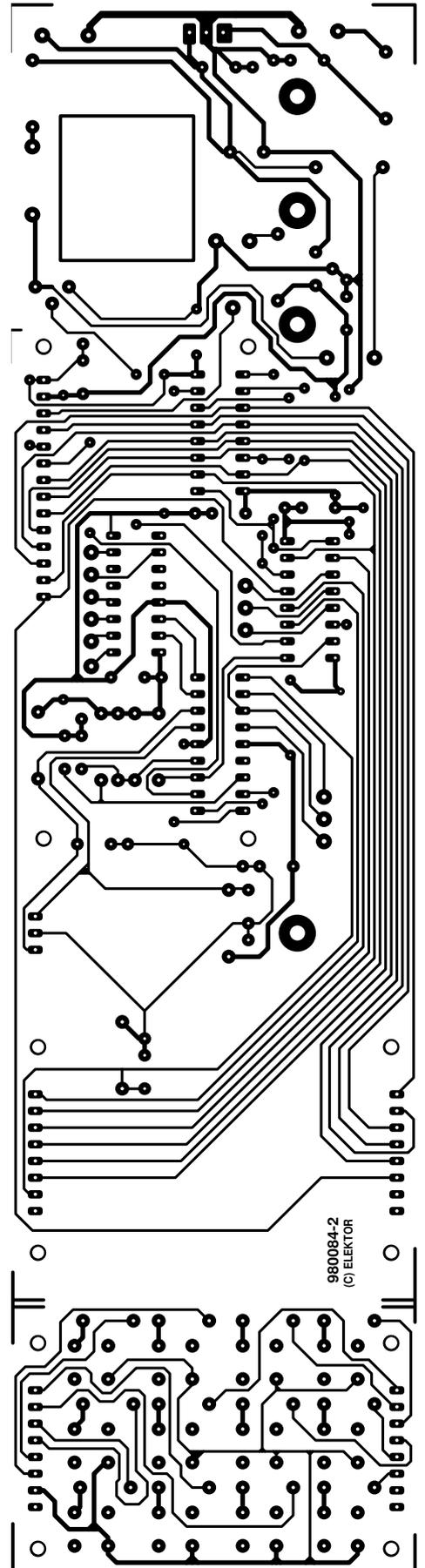
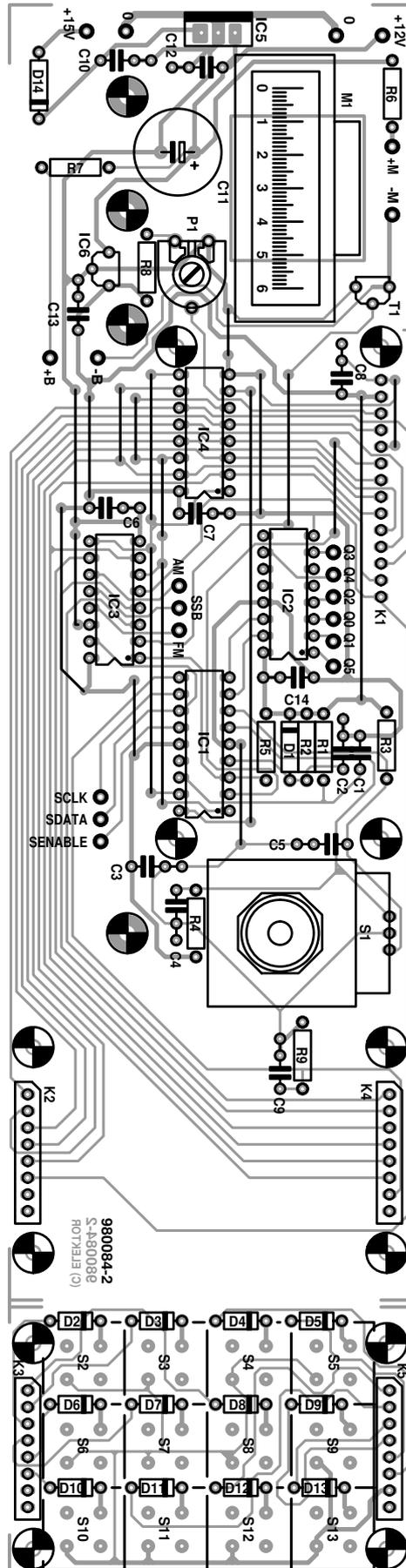
C1 = 27 p
 C2...C8, C10, C12...C14 = 100 n
 C9 = 100 p
 C11 = 470 μ/25 V stehend

Halbleiter:

D1...D13 = 1N4148
 D14 = 1N4001
 T1 = BS170
 IC1 = PIC16F84-04/P (programmiert,
 EPS 986517-1)
 IC2 = 74HCT4017
 IC3, IC4 = 4015
 IC5 = 7812
 IC6 = 78L05

Außerdem:

K1 = 1 · 14polige Buchsenleiste
 K2, K4 = 1 · 8polige Buchsenleiste
 K3, K5 = 1 · 8polige Stiftleiste
 S1 = ECW1J-B24-AC0024 Burr
 Brown
 S2...S13 = Taster 1 · an D6-R-RD EN
 D6Q-RD-CAP (ITC)
 LCD-Display 1 · 16 Zeichen LM161556
 Sharp (ohne Beleuchtung
 oder M16417DY (Seiko) (mit
 Beleuchtung)
 Platine EPS 980084-2 (siehe Service-
 Anzeige in der Hefmitte)



darf man die Drahtbrücken nicht vergessen, mit denen man am besten beginnt. Bei der Montage dieser Platine ist zu beachten, daß die Schalter,

das LCD-Modul und das S-Meter in einem solchen Abstand montiert werden sollen, daß das S-Meter bündig mit der Frontplatte abschließt, das LCD-

Display gerade etwa dahinter liegt und die Taster etwas herausragen. Das hört sich kompliziert an, geht aber einfach, indem man die Platine in die dafür

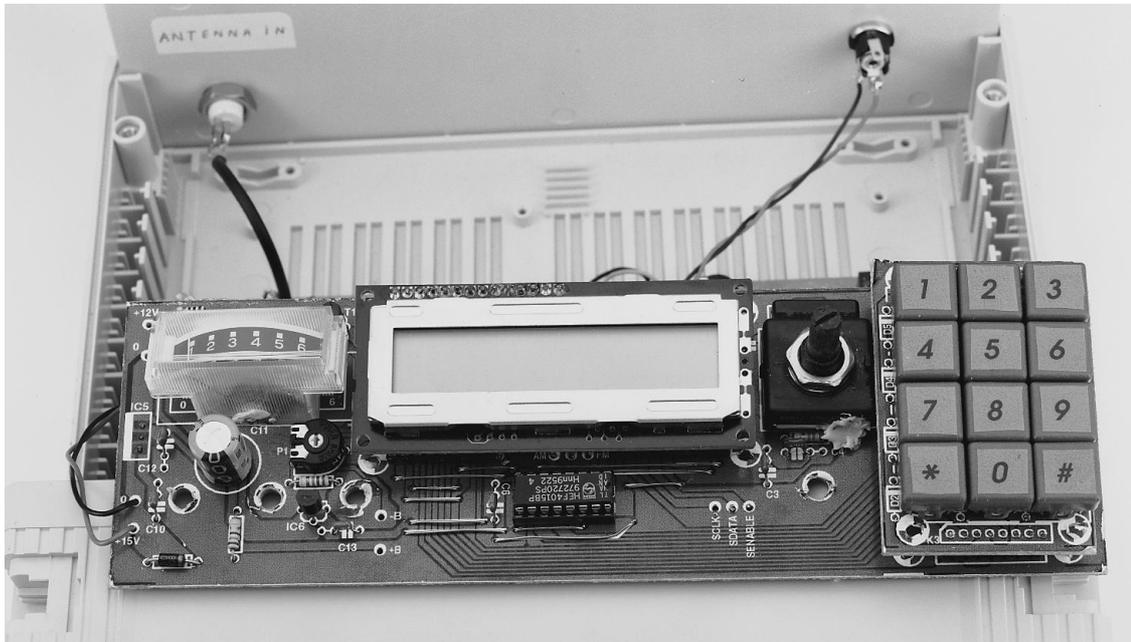


Bild 7. Die bestückte Controllerplatine.

vorgesehenen senkrechten Führungsschlitze des Gehäuses steckt. Diese Schlitze sind speziell für die Aufnahme senkrecht angeordneter Platinen vorgesehen, dadurch wird auch der Abstand zwischen Platine und Frontplatte vorgegeben. Für den Musteraufbau wurde das LC-Display auf einer SIL-Stiftleiste (K1) etwa 12 mm über der Platinenoberfläche montiert. Die Teilplatine mit den Tastern wurde mit zwei 8poligen SIL-Stiftleisten und passenden Fassungen (K2 und K4) im Abstand von etwa 10 mm von der Controllerplatine montiert. In den Fassungen ist etwas Spiel, so daß man die Tastaturplatine so justieren kann, daß die Kappen der Tasten etwa 1 mm aus der Frontplatte herausragen. Das S-Meter wird durch einen passenden Ausschnitt in der Controllerplatine geschoben und mit etwas Klebstoff in der richtigen Position fixiert.

VERDRAHTUNG

Die Empfängerplatine ist mit der Controllerplatine über kurze Flachkabelstücke verbunden. Ein 6adriges Stück dient für den Preselektor-Anschluß und je ein 3adriges für den seriellen Bus (SCLCK; SDATA und SENABLE) und die Mode-Umschaltung (FM, AM, SSB). Die Kabel sollten zuerst auf der Empfängerplatine eingelötet werden und dann auf der Unterseite der Controllerplatine festgelötet werden. Für die Anschlüsse der LCD-Beleuchtung (falls verwendet) ist dies nicht erforderlich.

Die Controllerplatine verfügt über einen 12-V-Spannungsregler und wird daher direkt mit dem (ungeregelten) Steckernetzteil verbunden. Das Ausgangsspannung des 12-V-Reglers versorgt dann die Empfängerplatine. Das Steckernetzteil sollte mindestens 15 V

am Eingang des 12-V-Reglers bereitstellen. In der Praxis hat sich gezeigt, daß ein unregelmäßiges Steckernetzteil 12 V/1 A eine ausreichend hohe Spannung liefert.

Das S-Meter wird direkt mit der Empfängerplatine verbunden (Anschlüsse S+ und Masse). Wenn das Meßwerk über eine eingebaute Beleuchtung verfügt, können die Beleuchtungsanschlüsse mit den Punkten + M und -M der Controller-Platine verbunden werden. Die LCD-Hintergrundbeleuchtung (wenn vorhanden) wird mit den Punkten + B und -B der Controller-Platine verbunden.

Ein Lautsprecher kann in den Empfänger eingebaut werden, richtige Kurzwellenfans bevorzugen aber oft einen externen Lautsprecher, der über eine Buchse an der Gehäuserückseite angeschlossen werden kann.

FRONTPLATTE

Das Layout der Frontplatte ist in Bild 8 zu sehen. Die Abbildung kann als Vorlage für einen entsprechenden Aufdruck verwendet werden. Aus Bild 8 kann man auch die Maße der Bohrungen und des rechteckigen Frontplattenausschnitts entnehmen.

Auf der Rückseite des Gehäuses sind lediglich drei Buchsen angeordnet: Die Buchse für den Antennenanschluß (BNC oder SO239), die Lautsprecherbuchse und die Netzteilbuchse.

ABGLEICH

Der Empfänger ist so ausgelegt, daß starke Sender schon ohne Abgleich zu empfangen sind, wenn sich alle Trimmer und Spulenkerne etwa in der Mitte ihres Einstellbereichs befinden. Für den Abgleich verbindet man die beiden Platinen provisorisch miteinander und schließt Antenne und Laut-

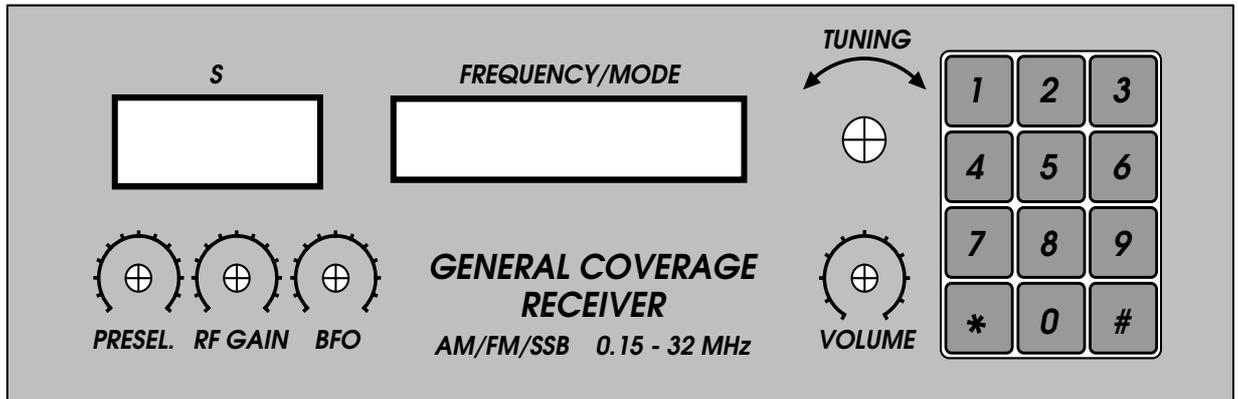
sprecher an. Die Lautstärke kann man zuerst besser ganz zurückdrehen.

Bevor man das Steckernetzteil mit der Controllerplatine verbindet und einschaltet, sollte man die Polarität und den Wert der Spannung überprüfen. Nach dem Einschalten wird als erstes der Kontrast der LC-Anzeige mit P1 eingestellt (meist ist der Schleifer ziemlich weit links).

Beim ersten Einschalten des Empfängers wird der Speicherplatz 0 zufällige Daten enthalten, die keinen Sinn ergeben und außerdem eine manuelle Abstimmung des Empfängers verhindern. Speicher 0 muß daher erst einmal vernünftig programmiert werden (siehe Kapitel "Bedienung").

Für den Anfang empfehlen wir die Abstimmung auf einen starken Mittelwellensender. Frequenz eingeben, mit einem # bestätigen und den 1-MHz-Referenzoszillator mit C81 auf die maximale S-Meter-Anzeige abgleichen. Als nächstes werden die Kerne von L14 und L18 mit einem Kunststoff- oder Keramik-Abgleichbesteck sorgfältig abgeglichen. Fehlt ein professioneller Plastikschrabendreher, kann man sich auch mit einem entsprechend zugefeilten Plastik-Eislöffelchen oder ähnlichem behelfen - Hauptsache, das Teil ist nicht aus Metall und der Kern läßt sich gut drehen.

Wenn das Signal sehr stark wird, sucht man sich einen Sender, von dem man weiß, daß er nur sehr schwach zu empfangen ist. Damit gleicht man C21 und C42 auf maximale S-Meter-Anzeige ab - falls erforderlich, verringert man dafür die HF-Verstärkung (RF-Gain-Poti). Der verbleibende Abgleichpunkt L19 wird auf beste Tonqualität einer FM-modulierten CB-Station im 27-MHz-Bereich abgeglichen. Ist keine FM-modulierte Sendung zu empfangen, kann man L19 auch bei Empfang



980084 - F

Bild 8. Vorschlag für die Frontplattengestaltung (Achtung: auf 75 % verkleinerte Darstellung).

eines AM-Senders abgleichen - dann aber auf minimales NF-Signal.

BEDIENUNG

Das vom Autor entwickelte Programm ist in dem programmierten PIC (EPS 986517-1) enthalten und ermöglicht eine recht unkomplizierte Handhabung des Empfängers. Alle Eingaben bis auf die manuelle Abstimmung erfolgen über die Tastatur, alle Anzeigen bis auf die S-Meter-Anzeige durch das LC-Display. Die Eingaben sind im wesentlichen gewünschte Frequenz, gewünschte Bandbreite (3 oder 12 kHz) und gewünschte Demodulation (AM, FM oder SSB). Das Display zeigt folgendes:

mmmb p ffff kHz

wobei

mm(m) = AM/FM/SSB (Demodulation)
 b = n/w narrow/wide (enge/weite Bandbreite)
 p = 1-6 Preselector-Band
 ffff = 150 - 32000 (Empfangsfrequenz in kHz)

Die Tastaturfunktionen sind folgende:

ffff# Eingabe Frequenz in kHz
 01 Auswahl AM
 02 Auswahl SSB
 03 Auswahl FM
 04 Auswahl "narrow" (3 kHz Bandbreite)
 05 Auswahl "wide" (12 kHz Bandbreite)
 00 LCD-Beleuchtung ein/aus (wenn vorhanden)
 * mm# Speichern der Frequenz auf Speicherplatz mm
 # mm# Laden der Frequenz aus Speicherplatz mm
 worin
 mm = 00 - 20 (Voreinstellung 00 beim Einschalten des Empfängers)
 ffff = 150 - 32000 (kHz)

PRAKTISCHE ERGEBNISSE

Natürlich ist dieser Empfänger nicht direkt mit einem 3500-DM-JRC-Kommunikationsempfänger zu vergleichen. Mit einer adäquaten Antenne sind die Empfangsergebnisse dennoch sehr gut. Trotz der Verwendung eines Mikrocontrollers sind die Störungen durch den Digitalteil praktisch zu vernachlässigen - schließlich schläft der PIC die meiste Zeit.

Amateurfunker im 20-, 40- und 80-m-Band verwenden für die Sprachmodulation meist SSB, ebenso ist es bei den verbliebenen Seefunk-Resten und dem immer noch aktiven Flugfunk auf Kurzwelle. Mit dem BFO-Poti in der Mitte beträgt die BFO-Frequenz etwa 455 kHz. Dreht man den BFO-Knopf 90° nach rechts oder links, erhält man ungefähr die richtige Einstellung zur Demodulation des oberen (USB) oder

unteren (LSB) Seitenbands. Wegen der weiten Verbreitung von Synthesizern in den Transceivern verwenden viele Funkamateure ein 1-kHz-Raster. Wird ein solches Raster nicht eingehalten, ist der Empfang dennoch möglich, indem man den BFO so einstellt, daß eine Frequenzverschiebung um 500 Hz erreicht wird.

Weil im Amateurfunk mit relativ geringer Leistung gesendet wird, kommt der Antenne eine größere Bedeutung zu als beim Empfang starker Rundfunksender. Am einfachsten ist immer noch eine Langdrahtantenne mit einer Länge von 5 m oder mehr zu realisieren. Für den als Labormuster gebauten Empfänger haben wir gerne die magnetischen Antennen Omega 2 und Omega 3 verwendet, die in Elektor 9/98 vorgestellt wurden.

Der Autor würde Feedback über Bau und Betrieb des Empfängers begrüßen. Seine E-Mail-Adresse ist G.Baarst@hot.a2000.nl

(980084e)

