

# VHF-FM-Empfänger mit 12,5-kHz-Raster

Dipl.-Ing. MAX PERNER - DM2AUO

Der Bedarf an einfachen und leicht nachzubauenden Empfangsgeräten ist nicht nur auf das 2-m-Amateurfunkband beschränkt. Da es sich vorwiegend um den Empfang von breitbandigen Signalen mit gerastertem Kanalabstand handelt, lassen sie sich preiswert und mit handelsüblichen Bauelementen realisieren.

Dieser Beitrag beschreibt einen 2-m-FM-Kanalempfänger, der leicht auf andere Bereiche modifizierbar ist.

Der Einsatz moderner ICs reduziert den Aufwand für einen FM-Empfänger erheblich, so daß die Hemmschwelle nicht allzu-

hoch liegen sollte. Dazu kommt auch noch die Freude am Eigenbau und Experimentieren.

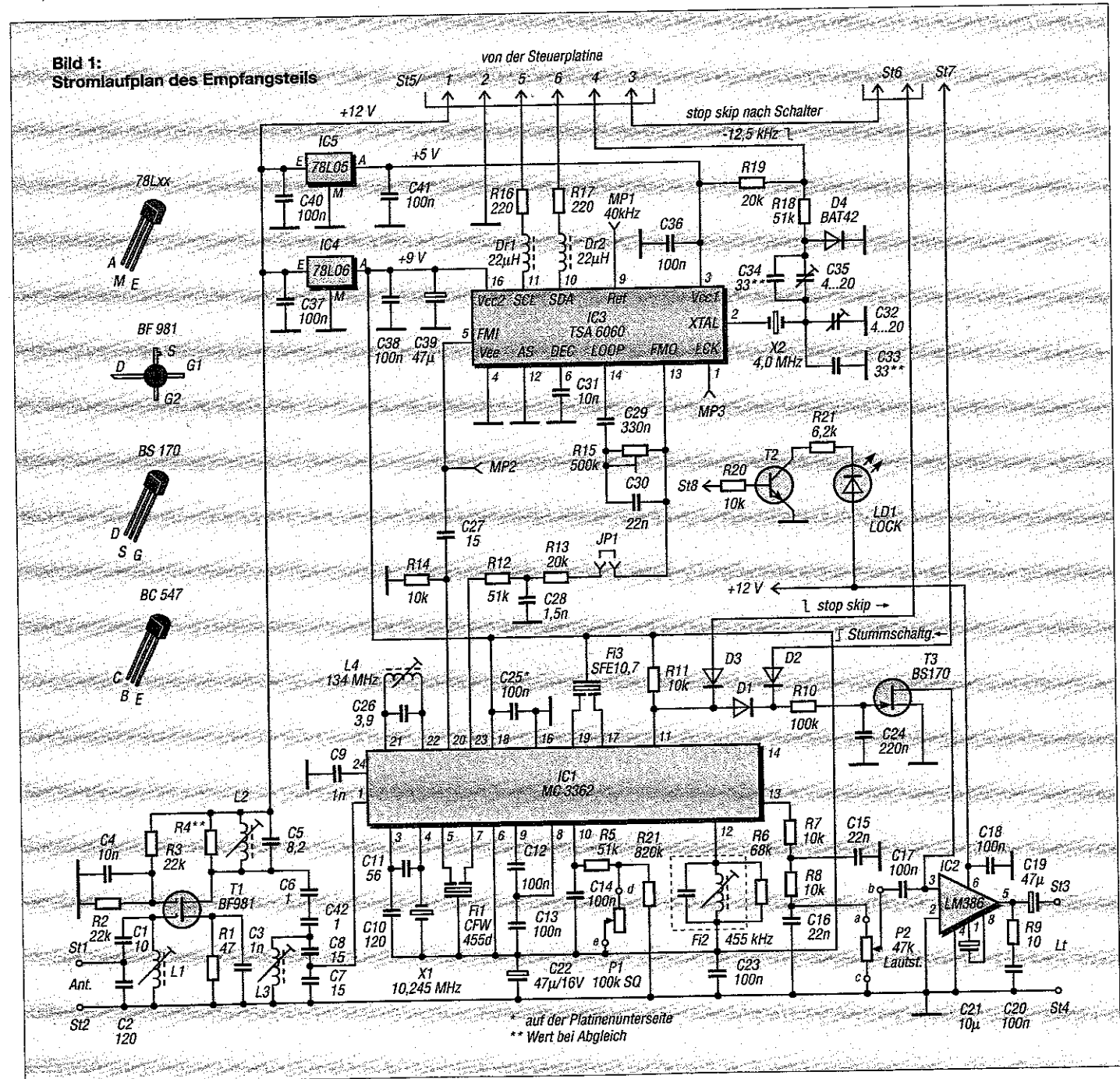
## Empfangsteil

Bild 1 zeigt den Stromlaufplan des eigentlichen Empfängers. Im unteren Teil von Bild 1 (Empfängerschaltkreis) ist zu erkennen, daß das HF-Signal mit relativ wenigen externen Bauelementen in den hörbaren Bereich umgesetzt werden kann.

Eine selektive HF-Vorstufe hebt die Empfindlichkeit, der fast immer erforderliche NF-Endverstärker macht den Lautsprecherempfang möglich. Dazwischen befindet sich ein Schaltkreis, der HF- und ZF-Verstärkung, Mischung und Demodulation übernimmt.

L1 bis L3 sind aus 7-mm-Filterspulenbausätzen der Fa. Reinhöfer entstanden. Sie haben keine Kastenkerne; auf die Abschir-

Bild 1: Stromlaufplan des Empfangsteils



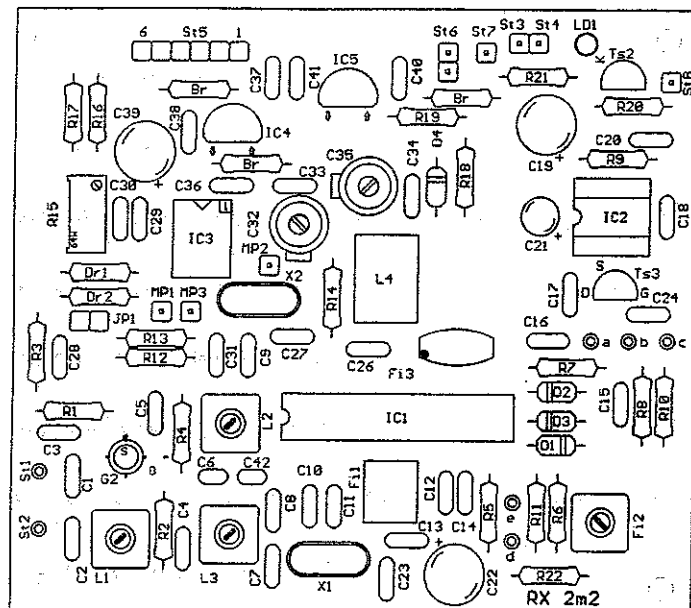
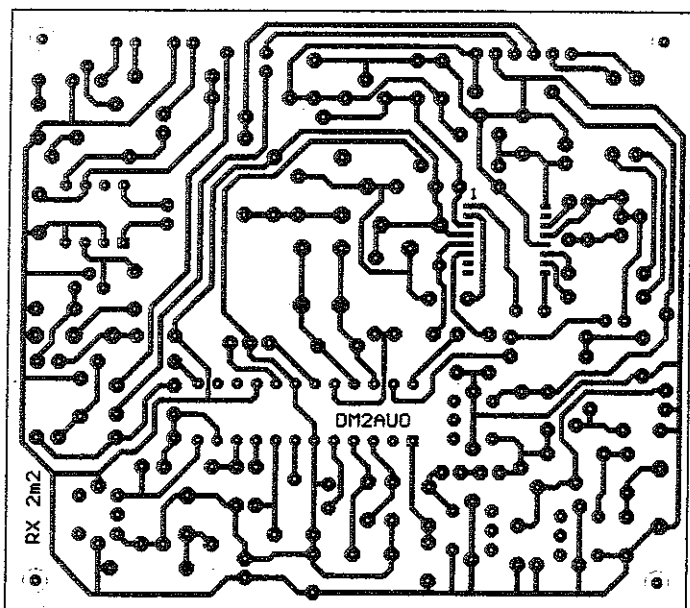


Bild 2: Lötseite der Empfangsplatine, M1:1

Bild 3: Bestückung der Empfangsleiterplatte

mung habe ich verzichtet. Im Platinenlayout wurde zwar der Widerstand R4 parallel zum Drainschwingkreis vorgesehen, eine Selbsterregung trat aber nicht auf.

Die Beschaltung des MC 3362 unterhalb seines Symbols in Bild 1 entspricht der üblichen. Am Pin 13 wird die NF entnommen und einem Endverstärker (LM 386) zugeführt.

Wenn ein Signal detektiert wird, wechselt der Pegel an Pin 11 (oberer Teil des MC 3362) bei eingeschalteter Rauschsperrung von +5 V auf +0,5 V. L-Pegel sperrt den BS 170 (T3), was den NF-mäßigen Kurzschluß am Eingang des LM 386 aufhebt. Der Pegelsprung kann auch über D3 eine externe Steuerung ermöglichen.

Mittels D2 ist der NF-Zweig durch Anlegen einer externen Spannung von ungefähr +3 bis +5 V sperrbar (Mute). C25 (nicht im Platinenlayout) sollte direkt auf der Platinenunterseite zwischen die Pins 16 und 18 gelötet werden. Die max. Betriebsspannung von +7 V darf man wirklich nicht überschreiten. Ich habe sie, aus Schaden klug geworden, zu +6 V gewählt.

#### ■ Kritische Punkte

Setzt man als ZF-Filter Fi3 die üblichen billigen Keramikfilter SFE 10,7 mit einer Bandbreite um 200 kHz ein, desensibilisiert eine kräftige Station innerhalb der ZF-Bandbreite, aber außerhalb des gewünschten Kanals, den Empfänger; ein in Sichtweite gelegenes 2-m-Relais drückt mühelos andere Relaiskanäle zu. Wirksame Abhilfe brachte erst ein 10,7-MHz-Filter mit 15 kHz Bandbreite.

Der MC 3362 hat wie viele andere ähnliche Typen bereits die aktiven und passiven Bauelemente integriert, mit denen

man einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) realisieren kann. Hierzu wird der Schwingkreis an die Pins 21 und 22 angeschlossen, Pin 20 ist der entkoppelte Oszillatorausgang, Pin 23 der Steuereingang für die interne Kapazitätsdiode. Wichtig: R14 stellt einen Emitterwiderstand dar!

In der einfachsten Variante läßt sich also durch einen Parallelschwingkreis und eine veränderliche Gleichspannung ein durchstimmbarer Empfänger aufbauen. Laut Herstellerangaben ist so die Erregung eines Quarzes im 3. Oberton problemlos möglich, für den 5. oder 7. Oberton bestehen Unsicherheiten. In der Praxis ergeben sich leider weitere Probleme. Die Oszillatorbaugruppe ist relativ hochohmig, die Verstärkung des aktiven Oszillatorelementes dabei gering. Das erfordert zunächst einen Schwingkreis hoher Güte.

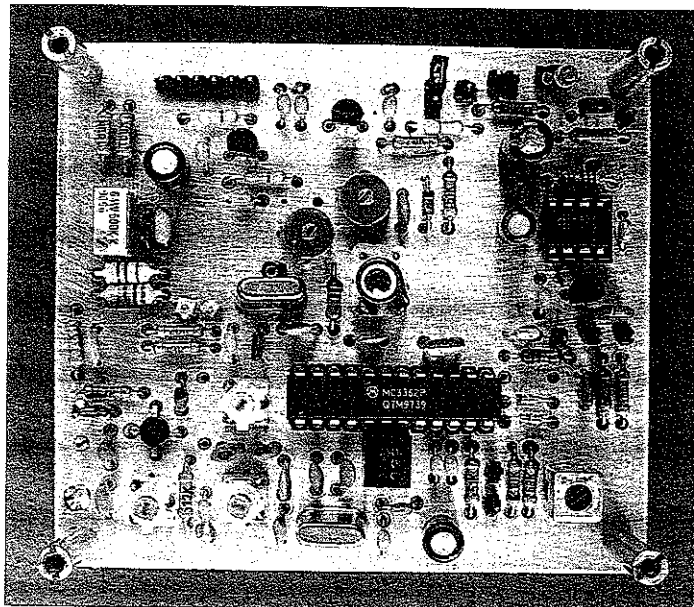
Die Belastbarkeit des entkoppelten Ausgangs des Oszillatorsignals (Pin 20) ist minimal. Deshalb läßt sich hier nicht ohne weiteres das Signal für z.B. den Sendezweig abnehmen.

Noch unangenehmer ist jedoch, daß man mit einem 2-m-Handy bei einer Sendefrequenz von etwa  $\pm 2$  MHz (bezogen auf die Empfangsfrequenz) und einer Entfernung von 1 m den Oszillator „ausblasen“ kann – trotz Metallgehäuse und durchgehender Massefläche der Platine.

Dagegen ergab die Positionierung des Empfängers auf dem Metallgehäuse des Eigenbau-Automatiktuners für den Kurzwellenbereich bei 100 W HF auf allen Kurzwellenbändern keine Beeinflussung.

Für den VHF-Transceiverbetrieb ist daher aus meiner Sicht ein separater Oszillator erforderlich.

Bild 4: Die Empfängerleiterplatte. In der unteren Hälfte der HF-Zug, in der linken oberen Hälfte die PLL, rechts der NF-Endverstärker



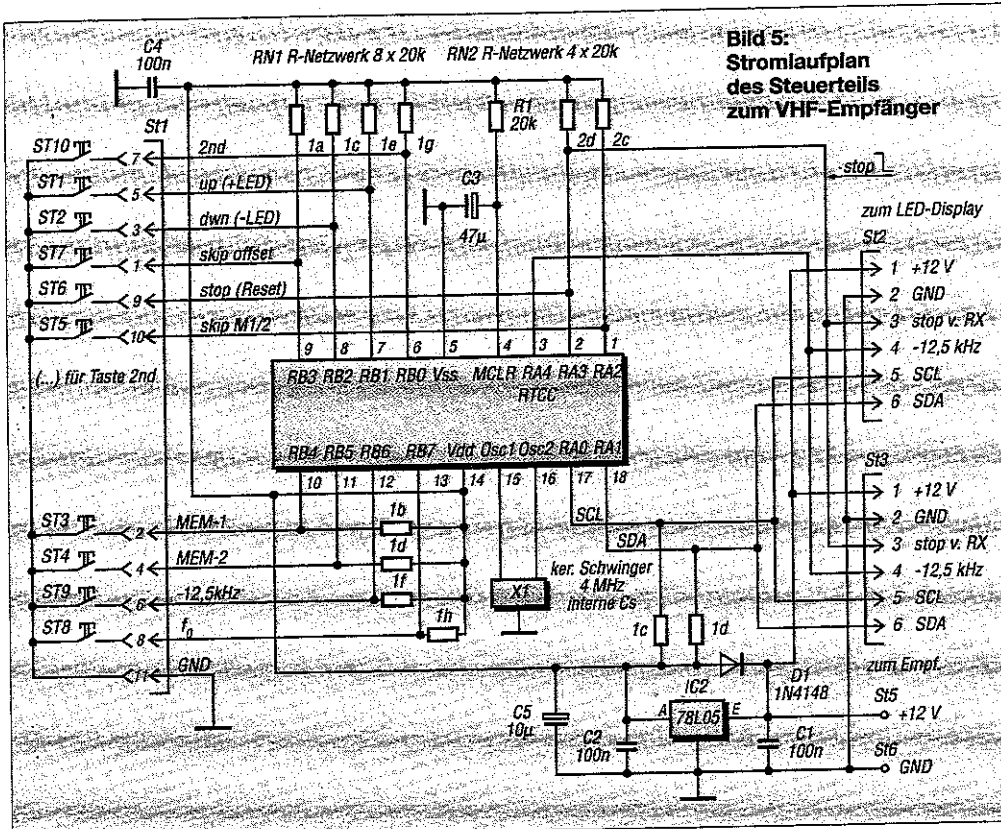


Bild 5: Stromlaufplan des Steuerteils zum VHF-Empfänger

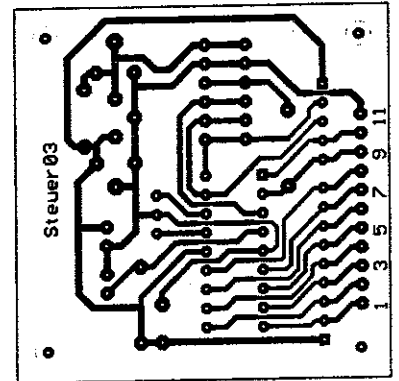
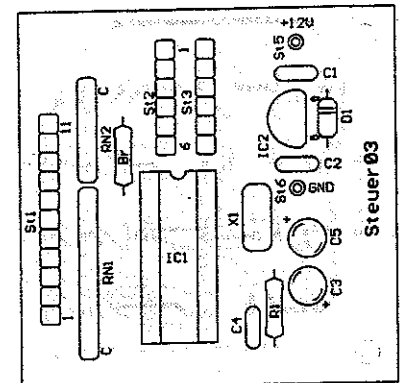


Bild 6: Lötseite der Steuerplatine, M1:1  
Bild 7: Bestückung der Steuerung



Der Oszillator des MC 3362 schwingt 10,7 MHz unterhalb der Empfangsfrequenz. L4 ist ein Spulenkörper 8 mm x 7 mm x 15 mm, auf einem 5-mm-Körper, keine Abschirmung, 4,5 Wdg. 0,8-mm-CuL. Optimiert man z.B. den VCO auf 146,3 MHz (Schwingfrequenz 135,6 MHz) als obere Frequenz, kann die Schleife den VCO noch bei 136 MHz rasten und halten.

Die über C28 gemessene Abstimmspannung beträgt dann für 146 MHz 5,50 V (144 MHz: 4,50; 142 MHz: 3,78 V; 140 MHz: 3,15 V; 140 MHz: 3,15 V; 138 MHz: 2,62 V; 136 MHz: 2,10 V).

Der VCO dieser Variante wird durch einen TSA 6060 (IC3) gesteuert. Das Schleifenfilter (R15, C29, C30) kann durch die Veränderbarkeit von R15 hinsichtlich Einschwingen und Unterdrückung der Referenzfrequenz optimiert werden.

Arbeitet der TSA 6060 korrekt, sind am Pin 9 (MP1) 40,000 kHz meßbar. Pin 1 (MP3) signalisiert durch ein H-Signal die eingerastete Schleife. Für Abgleichzwecke kann ich MP3 und St8 verbinden. Leuchten von LD1 zeigt den Rastzustand an. Die Referenzfrequenz für das 25-kHz-Raster wird durch C32/C33 kalibriert. Dabei muß St5/4 an Masse liegen.

Eine Ablage von -12,5 kHz ist möglich, wenn dieser Punkt auf H liegt: Dann leitet D4 und schaltet C35, C34 ein. Wird diese Ablage nicht benötigt, entfallen C34, C35, R18, R19 sowie die Taste ST9. Die Steuerung des TSA 6060 erfolgt über I<sup>2</sup>C, wobei die Daten zum IC nur bei Änderung

eines Wertes, z. B. „Frequenz up“ usw., übertragen werden. Der TSA 6060 speichert die Daten bis zur nächsten Übertragung bzw. für die Dauer der anliegenden Betriebsspannung.

### ■ Serielle Steuerung via I<sup>2</sup>C

Die Steuerung des TSA 6060 (und auch des Displays) erfolgt per I<sup>2</sup>C. Ein Mikrocontroller PIC16F84 erzeugt die dazu erforderlichen Daten und Abläufe. Wie aus Bild 5 ersichtlich, besteht die bereits bei anderen Projekten bewährte Baugruppe separate Steuerungen aus dem PIC sowie einigen wenigen passiven Bauelementen. Da der I<sup>2</sup>C-Bus hier auch die vierstellige LED-Anzeige bedient, sind jetzt mehr freie Ports am PIC vorhanden. So steuert Port RA3 die Quarzshift am TSA 6060 des Empfängers.

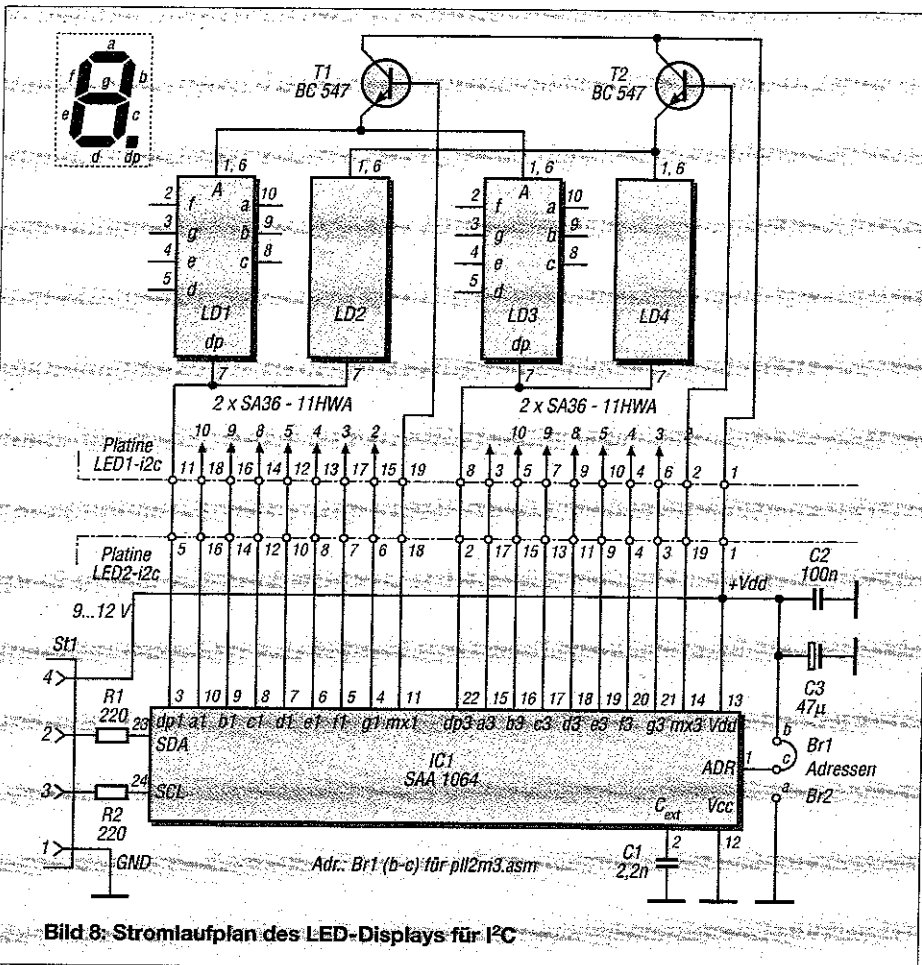
Wesentlich umfangreicher ist das Menü. ST1 und ST2 schalten den Empfänger um 25 kHz nach oben bzw. nach unten; ST9 steuert einen bistabilen FF, der die Quarzshift (-12,5 kHz) des Empfängers ein- und ausschaltet. Das 25-kHz-Raster wird aber beibehalten. Durch kurzeitiges Betätigen von ST8 (f0) kann man die zuletzt eingestellte Frequenz wieder aufrufen. Sie wird ebenso wie MEM-1 und MEM-2 (Memories 1 und 2) im EEPROM des PIC gespeichert. Damit sind insgesamt drei Speicherplätze für Kanäle vorhanden. Die Funktion von ST5 (Skip M1/2) bewirkt Hin- und Herschalten im 2-s-Intervall zwischen MEM-1 und MEM-2. ST6 stoppt diesen Vorgang. ST7 (Skip Offset)

schaltet für die Dauer der Tastenbetätigung von MEM-1 auf MEM-2, um z.B. unmittelbar die Relais-Eingabefrequenz abzuheören.

ST10 (2nd) bewirkt den Übergang auf die zweite Ebene des Menüs. Gleichzeitige Betätigung von ST10 und ST6 setzt den Empfänger auf die in der Software festgelegte Startfrequenz (2 m: 145,000 MHz). Drücken von ST10 und ST3 bzw. ST4 bewirkt die Übernahme der momentan eingestellten Frequenzen in die Speicher MEM-1 bzw. MEM-2. Mittels ST10 + ST1 bzw. ST2 läßt sich die Helligkeit des LED-Displays verändern. Diese Information wird via I<sup>2</sup>C übertragen, außerdem im EEPROM des PICs gespeichert und beim Wiedereinschalten automatisch aufgerufen.

ST6 liegen St2/3 bzw. St3/3 parallel. Hier wirkt die Detektierung eines Signals durch den MC 3362 Pin 11 als Stoppsignal bei Skip MEM-1/MEM-2. Mittels Schalter S2 ist diese Funktion abschaltbar.

Die Startfrequenz dient lediglich dazu, dem TSA 6060 beim erstmaligen Einschalten einen definierten Frequenzwert vorzugeben. Es wäre sonst zu mühsam, mittels der Up- bzw. Down-Taste in den interessierenden Frequenzbereich zu kommen. Die Software speichert die jeweils zuletzt eingestellte Frequenz im EEPROM des PIC, so daß hier auch eine Empfangsfrequenz von z.B. 126 MHz oder 186 MHz denkbar ist. Ebenso gelingt es softwaremäßig, die Startfrequenz auf 126 oder 186 MHz zu legen.



Insgesamt stößt die recht umfangreiche Software PLL2M3 fast an die Registergrenzen des kleinen PIC16F84.

**Die serielle Ansteuerung des LED-Displays**

In der Hoffnung, daß sich die Schaltkreise für I<sup>2</sup>C etwas länger auf dem Markt behaupten, wurde für diese Softwarevariante der SAA 1064 als Speicher, Treiber und Dekoder für die vierstellige Siebensegmentanzeige verwendet.

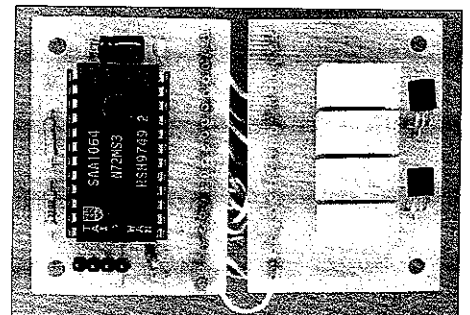
Vorteil: Da I<sup>2</sup>C bereits zur Steuerung des TSA 6060 dient, ist eine weitere Adresse im Bus kein Problem. Dieser IC ermöglicht eine softwaremäßige Helligkeitssteuerung in sieben Schritten, ein achter Schritt schaltet das Display dunkel. Die übertragenen Daten werden bis zur nächsten Änderung bzw. für die Dauer des Anliegens der Betriebsspannung gespeichert. Die Betriebsspannung sowohl für den Schaltkreis als auch für die Siebensegmentanzeigen kann bis zu 12 V be-

tragen. Es entfallen Stabilisierungen auf +5 V.

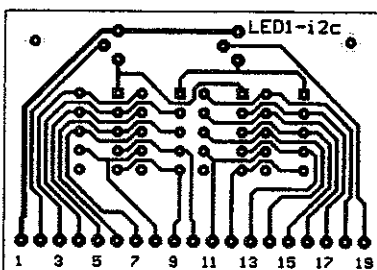
Der Stromlaufplan der kompletten Anzeige ist aus Bild 8 ersichtlich. Die Baugruppe besteht aus zwei kleinen Leiterplatten, die in Sandwichbauweise Rücken an Rücken zu montieren sind, was wertvolle Frontplattenfläche spart. Die Verbindung der Leiterplatten untereinander erfolgt etwas unregelmäßig, erspart so aber doppelseitige Platinen. Von Br1 und Br2 ist für diese Softwarevariante Br1 zu schließen.

**Tasten und Stromversorgung**

Die zehn Miniatur-Kurzhubtaster habe ich auf einer kleinen Platine platziert, was Frontplattenfläche spart. Das Gerät wird durch eine eingebaute Stromversorgung +12 V, max. 450 mA betrieben, wobei eine externe Einspeisung von 12 bis 14 V möglich ist. Ihre Ausführung bietet keinerlei Besonderheiten. Die Stromaufnahme liegt im Bereich 8,5 bis 14 V ohne Eingangssignal, bei geschlossener Rauschsperrung und geringster Displayhelligkeit bei etwa 100 mA; mit Eingangssignal, bei NF-Zimmerlautstärke und größter Displayhelligkeit erreicht sie 360 mA. Den Löwenanteil verbraucht dabei die Anzeige.

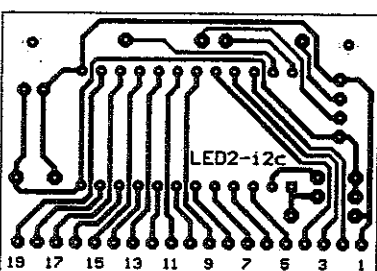
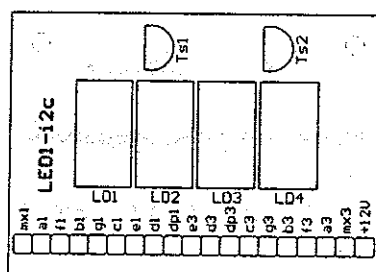


**Bild 13: Die beiden Platinen des Displays im aufgeklappten Zustand**



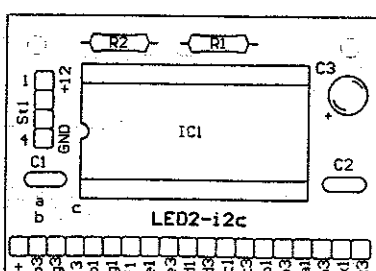
**Bild 9: Lötseite der Displayplatine 1, M1:1**

**Bild 10: Bestückung der Displayplatine 1, M1:1**



**Bild 11: Lötseite der Displayplatine 2, M1:1**

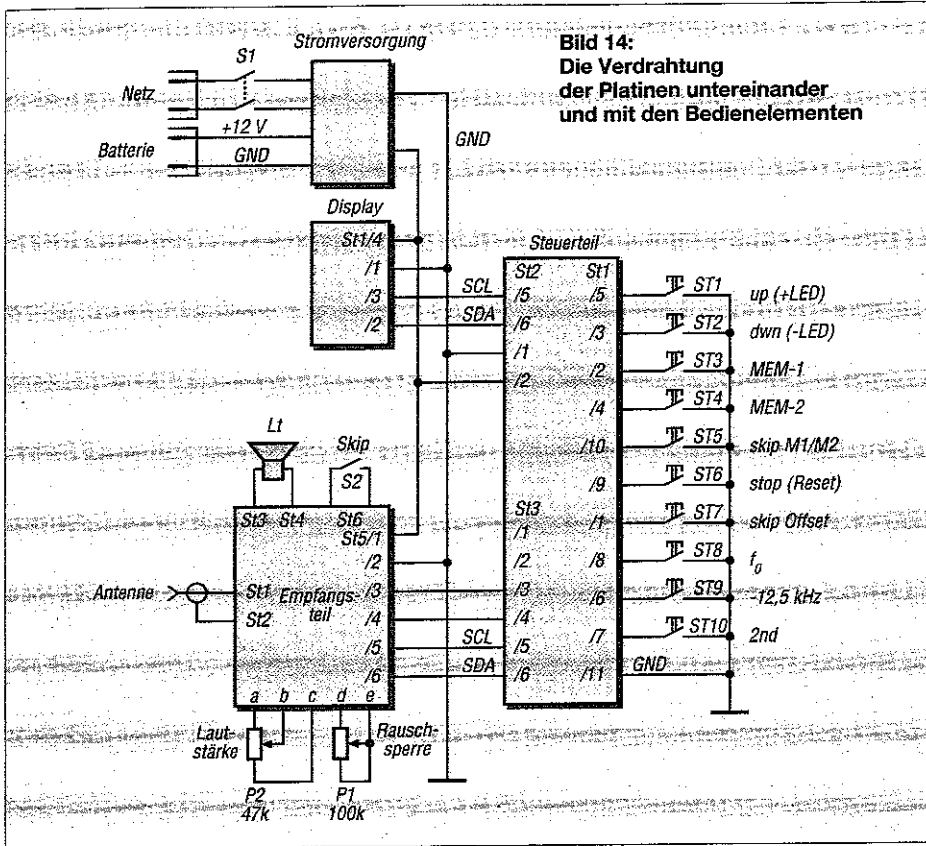
**Bild 12: Bestückung der Displayplatine 2, M1:1**



**Abgleich der PLL**

Im spannungslosen Zustand R15 auf etwa 25 kΩ einstellen. Das erleichtert die spätere Feinkorrektur der Schleife. JP1 auftrennen, auf der Seite von R13 eine veränderbare Gleichspannung von +1 bis +5 V einspeisen (Potentiometer als Spannungsteiler), zunächst etwa 4 V einstellen. St5/4 an Masse (GND) legen. An MP2 einen hochohmigen Frequenzzähler anschließen. L4 variieren, bis der Zähler die gewünschte Oszillatorfrequenz anzeigt (Oszillatorfrequenz = Eingangsfrequenz - 10,7 MHz). Die Hilfsspannung variieren, Frequenz und jeweilige Abstimmungspannung notieren.

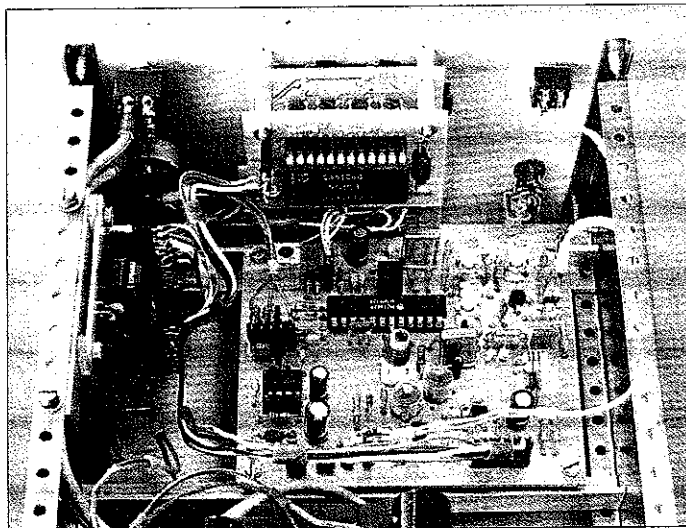
JP1 wieder aufstecken, MP3 und St8 durch einen Draht verbinden. Alle Baugruppen miteinander verbinden. Gerät einschalten. Nach geringer Verzögerung sollte im Dis-



**Bild 14:**  
Die Verdrahtung  
der Platinen untereinander  
und mit den Bedienelementen

play die Startfrequenz (bei 2-m-Anzeige 5.000) erscheinen. Sicherheitshalber ST10 (2nd) und ST6 (Reset) gleichzeitig betätigen. An MP1 messen, ob die 40.000 kHz anliegen. Spannung über C28 messen. Liegt sie bei +5 V, schwingt der Oszillator zu niedrig, bei 1 V zu hoch. L4 entsprechend

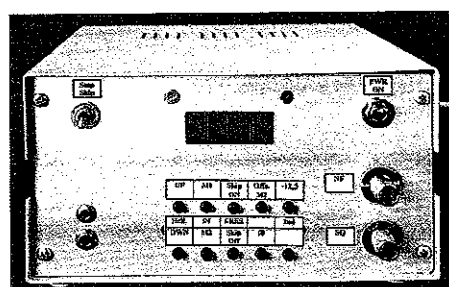
fernern, St5/4 an GND. In MEM-1 und MEM-2 die gewünschte obere bzw. untere Bandfrequenz einspeichern. Bei 2 m wären dies (als Anzeige) 4.000 bzw. 6.000. ST5 kurz betätigen. Die Anzeige springt nun zwischen den beiden obigen Werten im 2-s-Rhythmus hin und her. LD1 erlischt



**Bild 15:**  
Blick von hinten  
in das Gerät.  
Vorn an der Front-  
platte die beiden  
Leiterplatten des  
Displays.  
Unten  
der Empfänger.  
Links an der Seite  
die Steuerleiterplatte.  
Unten am Bildrand  
ist noch ein Teil des  
Netzteils zu sehen.

korrigieren. Im gerasteten Zustand muß LD1 leuchten.

Mit Hilfe eines Oszilloskops an C28 durch vorsichtiges Verändern von R15 die geringste Welligkeit der Abstimmspannung einstellen. Es folgt die Kalibrierung von C32/C33 auf die exakte Oszillatorfrequenz. Die Verbindung St5/4 - GND lösen, mit C34/C35 die um 12,5 kHz verringerte Oszillatorfrequenz einstellen. Meßgeräte ent-



**Bild 16:**  
Frontansicht  
des kompletten  
Empfängers

beim Umschalten kurz, muß aber in den Empfangszeiten eindeutig stabil leuchten. Wenn nicht, vorsichtige Korrektur von L4 und evtl. auch R15.

## Leiterplatten

Es handelt sich um Vorschläge, die nach Gusto differieren können. Die Empfängerplatine (Bilder 2 und 3, Bestückungsseite als durchgehende Massefläche) ist doppel-seitig kaschiert, wobei die freie Fläche bei Fi3 den Einbau anderer Filtertypen ermöglicht. Die Steller für Rauschsperr und Lautstärke hätten auf der Leiterplatte Platz gefunden, doch meist ist der richtige Stellertyp beim Nachbau nicht greifbar.

Die Steuerleiterplatte (Bilder 6 und 7) ist einseitig kaschiert und weist keine Besonderheiten auf. Der PIC sitzt wie üblich in einer Fassung. Die beiden Leiterplatten für das Display sind in den Bildern 9 bis 12 abgebildet. Man beachte, daß die Verbindung untereinander nach Funktionen und nicht nach Kontaktnummern der Lötäugen vorgenommen wird.

Die Leiterplatten des Empfängers habe ich beim Muster in einem dafür zu großen Metallgehäuse untergebracht; Display, die zehn Tasten sowie die beiden Steller benötigen eben Frontplattenfläche. An der Rückwand wurde die Platine der Stromversorgung plaziert, wobei ein 7812 direkt auf der metallischen Platte montiert ist.

## Zusammenfassung

Der Empfänger kann in dieser Form durchaus ein Nachbauprojekt sein. Die Auswahl des Filters in der 1. ZF sollte nach den örtlichen Empfangsverhältnissen erfolgen, s.o. Anstelle über die PLL kann die Frequenzabstimmung durchaus mit einem Potentiometer erfolgen; dabei entfallen das Display und die Steuerplatine. Die Stabilität ist dafür noch ausreichend.

Die Stromversorgung aus einer externen Batterie 12 V ist möglich, dabei sollte jedoch die Stromaufnahme des Gerätes beachtet werden. Vor dem Nachbau wäre zu überlegen, ob der Einbau (nach Änderung des Layouts) eines schmalen ZF-Filters für Fi3 nicht doch besser ist. Die Bohrlöcher in den Lötäugen aller Layouts wurden bewußt minimiert, um einen besseren Bohreransatz zu sichern.

Der interne VCO erlaubt es nicht, einen Sendezweig „anzuhängen“. Eine bereits fertige PLL, die auf einer Leiterplatte zusammen sowohl den VCO mit einem FET, den TSA 6060 und den PIC enthält und zur vierstelligen Frequenzanzeige das hier vorgestellte Display verwendet, soll demnächst in Kurzform veröffentlicht werden.

Die Software plus Stückliste finden Sie in der FA-Telefonmailbox.