Egon Koch, DL 1 HM

Transistor-Funksprechgerät für das 2-m-Amateurband

1. Teil

Bei der Entwicklung dieses Funksprechgeräts wurden weitgehend die Betriebserfahrungen und Wünsche der UKW-Amateure berücksichtigt. So besitzt dieser 2-m-Sender/Empfänger neben Quarzsteuerung auch einen VFO, mit dem sich für den Gleichwellenverkehr der Sender unter Zuhilfenahme der Einpfeiftaste auf die Frequenz der Gegenstation abstimmen läßt.

Bei diesem Gerät *(Bild 1)* erlaubt der VFO ein laufendes QSO auf der Betriebsfrequenz anzurufen und eine Verbindung mit mehreren Stationen auf einer Frequenz abzuwickeln, was den Funkbetrieb wesentlich erleichtert. Der Sender kann auch auf Quarzsteuerung umgeschaltet werden, was mitunter bei Mobilbetrieb oder in Ortsnetzen erwünscht ist, um die Treffsicherheit der vereinbarten Frequenz sicherzustellen. Die Ausgangsleistung von 12 W PEP gestattet eine Verbindung innerhalb der durch die Ausbreitungsbedingungen der Ultrakurzwellen gegebenen Reichweiten.

An die eingebaute Normbuchse kann man ein Tonbandgerät anschließen, um *Allgemeine Anrufe* vom Tonband durchzugeben oder die Sendung der Gegenstation aufzunehmen und ggf. wieder zurückzuspielen (Modulations-Beurteilung). Die Mikrofonanschlußbuchse ist so beschaltet, daß sich auch eine Mikrofon-Hörkombination anschließen läßt. Durch Einstecken eines Blindsteckers in die Höreranschlußbuchse kann man den eingebauten Lautsprecher abschalten.

Das Empfangsteil hat neben dem AM-Demodulator einen Produktdetektor, so daß auch CW- und SSB-Sendungen empfangen werden können. Mit dem eingebauten abschaltbaren Begrenzer werden Störungen von elektrischen Geräten und störendes Rauschen weitgehend unterdrückt.

Als sehr zweckmäßig erweist sich das eingebaute Universal-Stromversorgungsteil zur Speisung aus dem 220-V-Wechselstromnetz und aus der 6-V-Autobatterie. Die Umschaltung auf die entsprechende Betriebsspannung erfolgt automatisch beim Austausch des Anschlußkabels. Der Amateur kann also das Gerät wahlweise im Kraftfahrzeug, im Heim oder im Hotel betreiben. Die Flachbauweise (13 cm hoch, 29 cm breit, 25 cm tief) kommt dem Einbau im Fahrzeug unter dem Armaturenbrett entgegen. Auf die Gestaltung der Frontplatte und die bedienungsgerechte Unterbringung der Einstellorgane wurde besonderer Wert gelegt. Das Mustergerät unterscheidet sich kaum von einer industriellen Fertigung. Die technischen Daten sind in der *Tabelle 1* zusammengefaßt.

Der vollständige Selbstbau eines Transistor-Funksprechgerätes bereitet den meisten Amateuren fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Vor allem sind viele der benötigten Bauelemente beim Handel gar nicht oder nur sehr mühsam zu beschaffen. Außerdem fehlen meistens die zum Abgleichen erforderlichen Meßgeräte, so daß sich der Selbstbau als recht schwierig erweist. Sinnvoller ist es daher, die fertigen, relativ preiswerten UKW-Bausteine für die Herstellung von Sende/Empfängern zu verwenden, die nachher auch eine einwandfreie Funktion garantieren. Das Gerät besteht aus nachgenannten Semcoset-Bausteinen:

2-m-Konverter UE 2 MOSFET

UKW-Konverter-Nachsetzer MB 106 MOSFET

2-m-AM-Transistor-Telefoniesender STT 12

Super-VFO Varicos 24/2

Konverter und Nachsetzer sind teilweise mit den neuen Dual-Gate-Metall-Oxid-Feldeffekttransistoren von RCA bestückt. Diese besitzen gegenüber den üblichen MOSFETs und FETs zwei Gates. Das zusätzliche zweite Gate bietet die ideale Möglichkeit der automatischen, verzerrungsfreien Verstärkungsregelung (AVC) auch bei verhältnismäßig hohen Signalpegeln. Ferner läßt sich in Mischstufen am Gate 2 rückwirkungs-

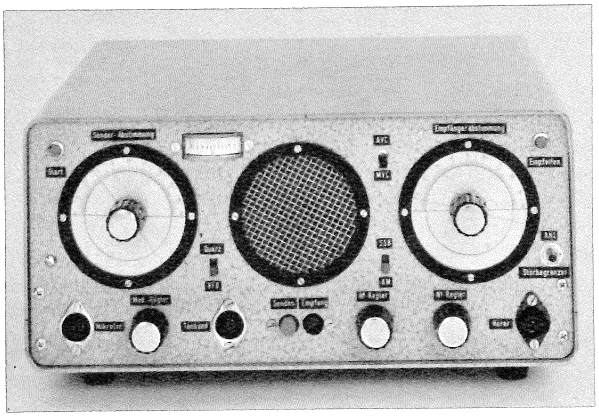

Bild 1. Außenansicht des Funksprechgerätes

Tabelle 1. Technische Daten (nach Herstellerangaben)

Konverter UE 2 MOSFET	
Frequenzbereich	144...146/28...30 MHz
Rauschzahl F	etwa 1,8
Durchgangsverstärkung	etwa 30 dB, zweiter Ausgang 24 dB
Spiegeldämpfung fe – 2 fz	≧ 100 dB (86 bis 88 MHz UKW-Rundfunk)
2 fo – fz	≧ 100 dB (200 bis 204 MHz FS K. 9)
Zf-Durchschlagsfestigkeit	≧ 100 dB
Regelverhältnis	> 46 dB
Betriebsspannung	12 V
Stromaufnahme	etwa 30 mA, geregelt etwa 20 mA
Leiterplattengröße	200 × 75 mm
Konverter-Nachsetzer MB 106 MOSFET	
Frequenzbereich	28...30 MHz
Empfindlichkeit	etwa 1 µV für 10 dB (S + N)/N
Zwischenfrequenz	9 MHz und 460 kHz
Zf-Bandbreite	etwa 4 kHz bei – 3 dB, 14 kHz bei – 60 dB
Spiegeldämpfung	≧ 80 dB
Regelspannung für Konverter	+ 5...– 2 V
Betriebsspannung	12 V
Stromaufnahme	> 30 mA
Leiterplattengröße	200 × 80 mm

2-m-Telefoniesender STT 12	
Ausgangsleistung	12 W PEP ∓ 20 %
max. Modulationsgrad	90 %
Quarzfrequenz	48...48,65 MHz
Antennenanschluß	60 Ω asymmetrisch
Modulator-Nf-Leistung	etwa 6 W
Eingangswiderstand	etwa 6 kΩ
Eingangsspannung für Vollaussteuerung	etwa 5 mV
Betriebsspannung	18 V
Stromaufnahme	etwa 700 mA
Leiterplattengröße	200 × 100 mm
Super-VFO VARICOS 24/2	
Frequenzbereich	24...24,333 MHz
Frequenzkonstanz bei Temperaturänderungen	etwa 6 × 10^{-6}/°C
Frequenzkonstanz bei Betriebsspannungsänderungen	2 Hz/V, von 13...24 V
Nebenwellenunterdrückung	etwa 80 dB
Ausgangsspannung	etwa 1 V_{eff} an 60 Ω
Betriebsspannung	18 V
Stromaufnahme	etwa 20 mA
Abmessungen	65 × 125 × 55 mm

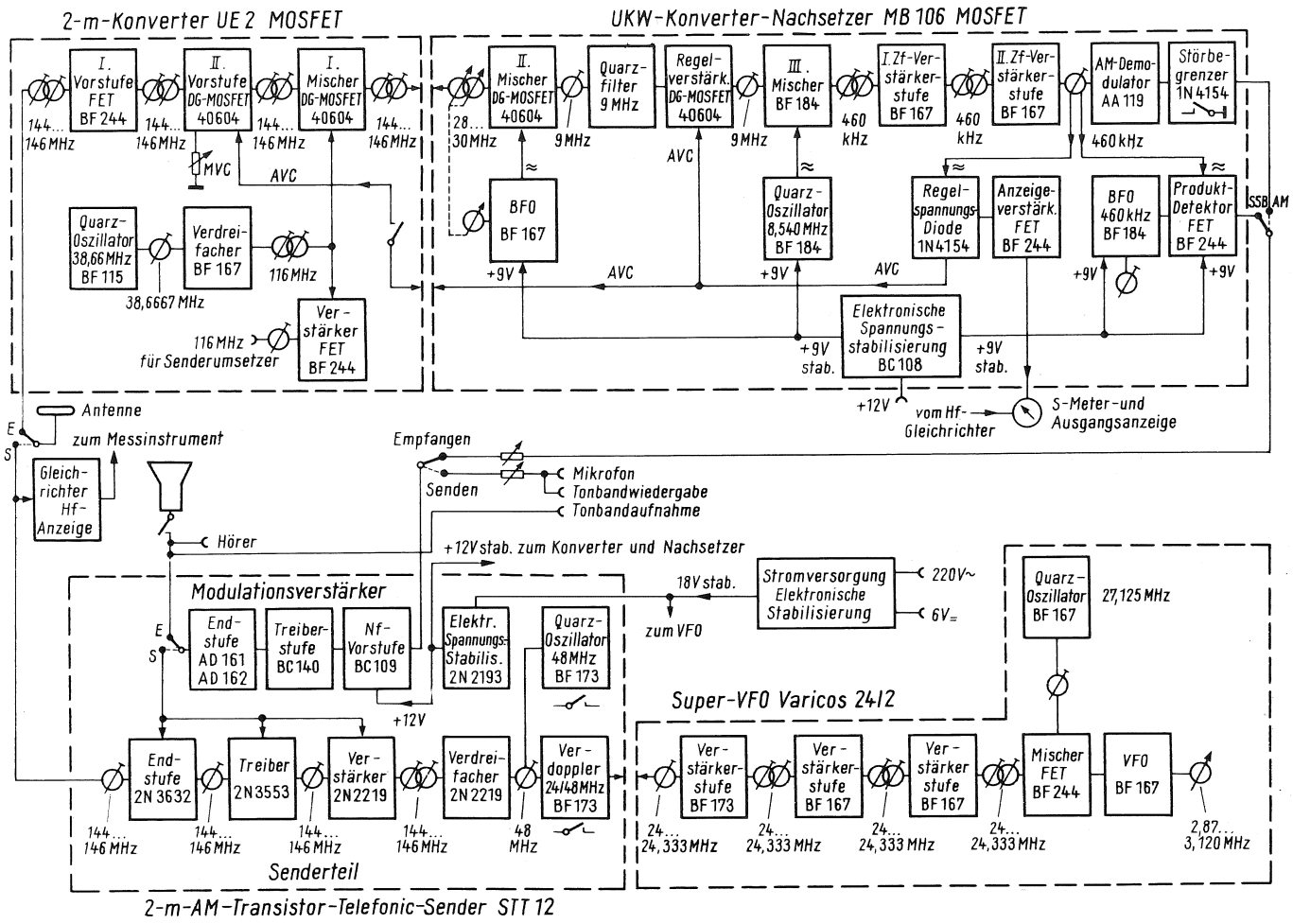

Bild 2. Blockschaltbild

frei die Überlagerungsfrequenz einspeisen. Weitere Vorteile sind die hohe Verstärkung sowie die äußerst geringe Rückwirkungskapazität, so daß sich die Neutralisation in Hf-Verstärkerstufen erübrigt. Diese Transistoren, auch die anderen in diesen Bausteinen, haben ein gutes Großsignalverhalten, wodurch eine beachtliche Kreuzmodulationsfestigkeit erreicht wird.

Die Schaltung

Das Blockschaltbild *(Bild 2)* erleichtert das Verstehen der Gesamtschaltung und deren Funktionsweise.

2-m-Konverter UE 2 MOSFET

Der sehr rauscharme (F = etwa 1,8) Konverterbaustein *(Bild 3)* hat zwei Vorstufen und setzt das Eingangssignal von 144...146 MHz in den Frequenzbereich von 28...30 MHz um. Zwei antiparallel geschaltete Dioden am 60-Ω-Antenneneingang schützen den ersten Transistor vor zu hoher Hf-Eingangsspannung bei Betrieb des Konverters in Verbindung mit einem Leistungssender. Am Eingang der ersten Vorstufe wurde auf ein Bandfilter wegen der höheren Übertragungsverluste verzichtet und auch ein Sperrschicht-Feldeffekttransistor (FET) BF 244 C eingebaut, der weniger als die üblichen bipolaren Transistoren und Dual-Gate-MOSFETs rauscht. Die zweite Vorstufe ist mit dem Dual-Gate-MOSFET 40604 bestückt, wobei Gate 2 die Regelspannung von + 4...– 2 V (AVC) vom Nachsetzer zugeführt wird. Ein Schalter ermöglicht hier das Abschalten der AVC. Mit einem 100-kΩ-Potentiometer in der Sourceleitung kann die Verstärkung dieser Stufe auch von Hand (MVC) verändert werden. Bei diesem Potentiometer muß unbedingt darauf geachtet werden, daß sich der Widerstandswert auf fast 0 Ω einstellen läßt. Bereits ein Anschlagswert von 200 Ω brachte einen untragbaren Verstärkungsrückgang in dieser Hf-Vorstufe. Notfalls muß man den Regelwiderstand mit einem Schalter, evtl. kombiniert mit dem AVC/MVC-Schalter, kurzschließen.

Wird dieser Konverter in Verbindung mit einem Röhrennachsetzer benutzt, so führt man die negative Regelspannung dem Gate 1 zu. Die Z-Diode ZF 6,2 begrenzt die AVC-Spannung auf den maximal zulässigen Wert von etwa – 6 V. Für die Regelspannungsleitung muß abgeschirmtes Kabel verwendet werden, um die Einkopplung unerwünschter Störspannungen (Brummen) zu verhindern.

Zwischen erster und zweiter Vorstufe sowie der Mischstufe mit dem Dual-Gate-MOSFET 40604 liegen zweikreisige Bandfilter mit hohen Schwingkreisgüten, die aus Luftspulen und oberflächenvergoldeten Lufttrimmern aufgebaut sind. Sie sichern eine hohe Bandselektion, so daß unerwünschte Signale von starken lokalen Fernseh- und Rundfunkstationen sowie von sonstigen Funkdiensten nicht bis zur Mischstufe gelangen und dort unerwünschte Mischprodukte und somit Störungen verursachen können.

Durch Verwendung von FETs und MOSFETs mit ihren nahezu quadratischen Übertragungskennlinien wird eine hohe Kreuzmodulationsfestigkeit gegenüber frequenzbenachbarten, örtlichen starken 2-m-Amateurstationen erreicht.

Im Drainkreis der Mischstufe entsteht die erste Zwischenfrequenz von 28 bis 30 MHz. Das zweikreisige Bandfilter sorgt für eine gleichbleibende Amplitude innerhalb des gesamten Übertragungsbereichs. Die Ausgangsspannung für den Nachsetzer kann um 10 dB geschwächt über einen Spannungsteiler entnommen werden. Die zur Überlagerung erforderliche Hilfsfrequenz von 116 MHz liegt am Gate 2 der Mischstufe. Sie wird vom Quarzoszillator mit dem Transistor BF 115 erzeugt, der auf der Frequenz von 38,6667 MHz schwingt. In der folgenden Stufe mit dem Transistor BF 167 geschieht die Verdreifachung auf die zur Mischung benötigten Frequenz von 116 MHz.

Falls dieser Konverter in Verbindung mit einem Senderumsetzer (SSB-Sender mit Ausgangsfrequenz 28..30 MHz zuzüglich 116 MHz = 144...146 MHz) betrieben werden soll, ist die direkt vom Verdreifacher gelieferte Ausgangsspannung

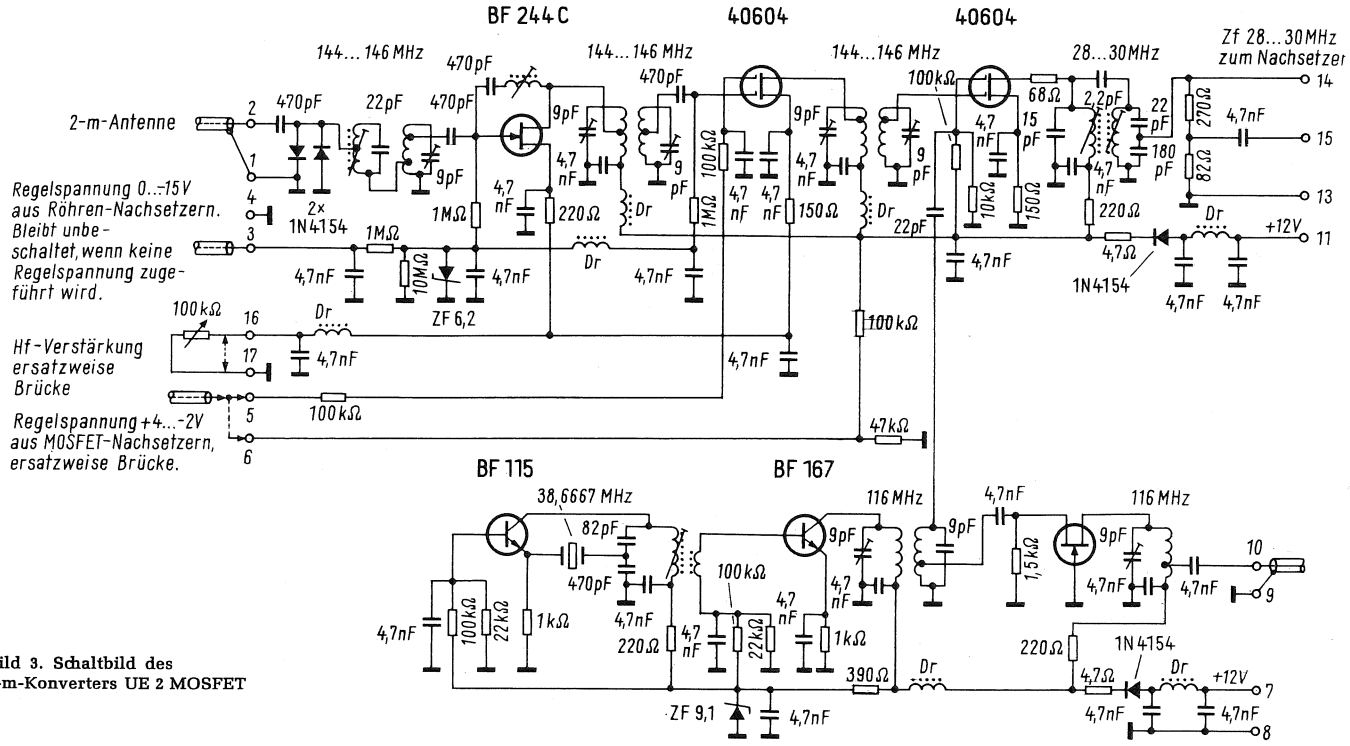

Bild 3. Schaltbild des 2-m-Konverters UE 2 MOSFET

zu niedrig. Für diesen Anwendungsfall wurde noch eine Verstärkerstufe mit einem Feldeffekttransistor eingebaut. Das zweikreisige 116-MHz-Bandfilter zwischen Quarz- und Verdreifacherstufe sowie der Ausgangskreis (Luftspulen und Lufttrimmer) sieben weitgehend unerwünschte Oberwellen aus. Zum Schutze der Transistoren bei verkehrter Polung der Betriebsspannung liegen Schutzdioden (1 N 4154) in den Spannungszuführungen.

Das Funksprechgerät kann aber auch anstelle des Konverters UE 2 MOSFET mit der einfacheren und billigeren Ausführung MB 26 MOSFET aufgebaut werden, die aber nur über eine Hf-Vorstufe und somit über eine etwas geringere Durchgangsverstärkung und Spiegelselektion verfügt.

UKW-Konverter-Nachsetzer MB 106 MOSFET

Vom 2-m-Konverter gelangt dessen Ausgangssignal über ein abstimmbares Zweikreisbandfilter hoher Güte zur Mischstufe *(Bild 4)* mit dem Dual-Gate-MOSFET 40604. Das sichert eine hohe Vorselektion, die zur Erhöhung der Kreuzmodulationsfestigkeit beiträgt. Dem Gate 2 des Mischtransistors wird rückwirkungsfrei das Signal vom veränderlichen Oszillator mit dem Transistor BF 167 zugeführt. Der VFO arbeitet mit hochstabiler temperaturkompensierter Clappschaltung unter Verwendung einer Keramikspule mit auflasierten Drahtwindungen. Dieser Aufwand ist zur Erzielung einer hohen Frequenzkonstanz nötig, weil mit dem Empfänger auch CW- und SSB-Signale aufgenommen werden sollen.

Im Drain-Kreis des Mischers entsteht die zweite Zf von 9 MHz, die über einen kapazitiven Spannungsteiler zum Quarzfilter gelangt. Dieses hat eine Bandbreite von etwa 5 kHz bei 3 dB und sichert die

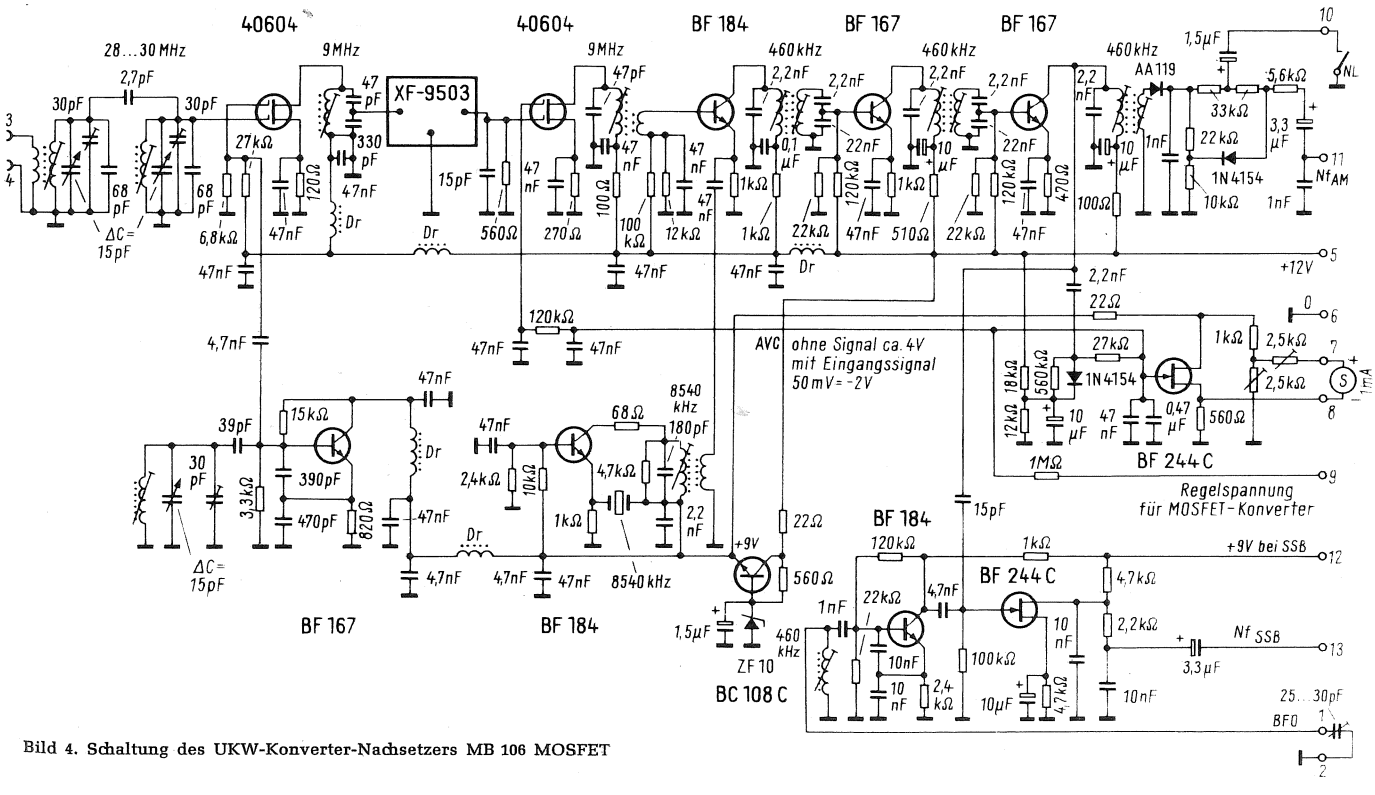

Bild 4. Schaltung des UKW-Konverter-Nachsetzers MB 106 MOSFET

erforderliche Nachbarkanalselektion. Auf das Quarzfilter folgt eine geregelte Verstärkerstufe mit dem Dual-Gate-MOSFET 40604. Zur Regelung dient Gate 2. Die maximal erreichbare Dämpfung ist so groß, daß auf eine Regelung von weiteren Stufen im Nachsetzer verzichtet werden konnte. Zusammen mit dem mitgeregelten MOSFET-Konverter lassen sich Eingangssignale bis zu 500 mV (etwa S 9 + 100 dB) ohne oszillografisch sichtbare Hüllkurvenverzerrung der Zf-Spannung an der Demodulationsdiode verarbeiten. In dem auf die Regelverstärkerstufe folgendem Mischer mit dem Transistor BF 184 wird das 9-MHz-Signal auf eine Frequenz von 460 kHz umgesetzt. Die zur Überlagerung erforderliche Hilfsfrequenz von 8540 kHz liefert ein Quarzoszillator mit dem Transistor BF 184, die im Emitterkreis dieses Mischtransistors eingespeist wird. Ihm schließt sich ein zweistufiger Zf-Verstärker mit zweikreisigen Bandfiltern und bipolaren Transistoren BF 167 an, der den Spannungspegel entsprechend anhebt und die Nachbarkanalselektion weiter erhöht. Die Demodulation besorgt bei AM-Sendungen die Diode AA 119. Die Tonspannung gelangt von dort zu einem sehr wirksamen, abschaltbaren Störbegrenzer mit der Diode 1 N 4154, der auch als Rauschsperre dient.

Zum Erzeugen der Regelspannung (AVC) wird am Kollektor der letzten Zf-Stufe die Hf-Spannung über einen Kondensator der Diode 1 N 4154 zugeführt und gleichgerichtet. Die AVC arbeitet als sogenannte *Hängeregelung* mit kurzer Einschaltzeit und längerer Abfallzeit. Wird eine kürzere Abfallzeit gewünscht, weil beispielsweise die Regelung auf Störimpulse anspricht, so ist der Widerstand von 560 kΩ parallel zur Diode zu verringern. Eine Vergrößerung würde eine längere Abfallzeit bewirken. Die Ruheregelspannung beträgt ohne Signal etwa + 4 V. Die Regelspannung nutzt man auch für die S-Meter-Anzeige aus. Sie wird zuvor mit dem FET BF 244 C verstärkt und dann erst dem Instrument zugeführt. Mit den beiden Stellwiderständen von 2,5 kΩ lassen sich der elektrische Nullpunkt und der Punkt für S 9 einstellen.

Für CW- und SSB-Empfang ist ein Produktdetektor mit dem Feldeffekttransistor BF 244 C vorgesehen. Das erforderliche Hilfsträgersignal liefert ein auf 460 kHz freischwingender Oszillator (BFO) mit dem Transistor BF 184. Beide Stufen benötigen eine stabilisierte Speisespannung von 9 V. Sie wird der Spannungsstabilisierstufe mit dem Transistor BF 108 C entnommen, die auch den VFO und den Quarzoszillator versorgt. Zur Entnahme der 9-V-Spannung ist auf dem Nachsetzerbaustein kein Anschlußstift vorhanden. Diese Spannung muß daher an geeigneter Stelle (z. B. Emitteranschluß vom BC 108 C) von der gedruckten Schaltung abgenommen werden. Auf einen besonderen Drehkondensator für die BFO-Abstimmung wurde verzichtet, da der Feintrieb für den Dreifachdrehkondensator sehr präzise arbeitet. Für das Durchstimmen des 2-m-Bandes sind 5½ Knopfumdrehungen nötig.

(Schluß folgt)

Liste der Bausteine und Bauelemente

1 Konverter-Baustein Semcoset UE 2 MOSFET (Lausen)
1 Nachsetzer-Baustein Semcoset MB 106 MOSFET
1 Sender-Baustein Semcoset STT 12
1 Super-VFO Semcoset Varicos 24/2
1 Miniaturquarz 48 MHz, bei Bestellung genaue Frequenz angeben
1 Lautsprecher, 65 mm ϕ, SEL LP 65
2 Untersetzungsgetriebe F 10 (Großmann)
2 Abdeckrahmen mit Skala und Plexiglaszeiger AS 70–180 PZ (Großmann)
1 Abdeckrahmen AS 70 (Großmann)
1 Gehäuse mit Chassis, 29 cm breit, 13 cm hoch, 25 cm tief (Semcoset)
1 S-Meter Einbau-Profilinstrument, Skala 23 × 34 mm (Schünemann)
1 Tastenschalter mit 2 Tasten, 4 × U-Taste (Semcoset)
2 Transistoren AD 133 (Siemens)
1 Transistor BD 107 (Intermetall)
1 Z-Diode ZD 18 (Intermetall)
4 Siliziumdioden 1 N 4003 (Intermetall)
1 Hf-Diode 1 N 4151 (Intermetall)
1 Netz/Wandler-Transformator lt. Wickeltabelle (Faaß)
1 Elektrolytkondensator, 1500 µF, 35/40 V (evtl. 3 × 500 µF, 35/40 V)
1 Elektrolytkondensator, 500 µF, 18 V
1 Elektrolytkondensator, 50 µF, 25 V
1 Elektrolytkondensator, 5 µF, 25 V
1 Potentiometer, 10 kΩ log.
1 Potentiometer, 10 kΩ lin.
1 Potentiometer, 100 kΩ neg. log. oder lin.
1 Koaxialbuchse SO 239 oder BNC-Buchse UG 291/U
2 Einbaubuchsen 5polig nach DIN 41524 (Hirschmann, Mab 5 S)
1 Lautsprecherbuchse mit Schaltkontakt (Hirschmann, Lbl)
2 3polige Kupplungsstecker (Hirschmann Stak 3 mit Stasi 3)
1 3poliger Anbaustecker (Hirschmann, Stasap 3)
2 Miniaturdrucktasten (Semcoset)
3 Schiebeschalter (35 × 13 mm) 2 × U (Semcoset), oder dafür 1 Miniaturkippschalter 2 × U, 2 Miniaturkippschalter 1 × U
1 Miniaturkippschalter 1 × U (Semcoset)
1 keramischer Kondensator, 4 pF
3 keramische Kondensatoren, 10 nF/35 V
2 Widerstände, 5 Ω, 2 W
1 Widerstand, 50 Ω, ¼ W
1 Widerstand, 100 Ω, ½ W
1 Widerstand, 500 Ω, 1 W
1 Widerstand, 1 kΩ, ¼ W
1 Widerstand, 5 kΩ, ¼ W
1 Widerstand, 18 kΩ, ¼ W
1 Widerstand, 39 kΩ, ¼ W
2 Einbausicherungshalter
2 m Hf-Koaxialleitung, 60 Ω, 3,2 mm Außendurchmesser (Semcoset)
5 Drehknöpfe, 20 mm ϕ (Mentor 332-61 mit Chromabdeckplatte)

Literatur

Koch, *Egon:* Die Stromversorgung von Amateurfunksprechgeräten, FUNKSCHAU 1967, Heft 20, Seite 649 bis 650.

Miniatur-Klemmprüfpinzetten

Beim Prüfen von Transistorgeräten und bei der Fehlersuche an gedruckten Schaltungen sind Meßleitungen oft fest anzuklemmen. Die sogenannten Krokodilschnauzen sind bei der Kleinheit der Bauteile und bei den äußerst kurzen Leitungsdrähten auf tauchgelöteten Leiterplatten nicht mehr zweckmäßig hierfür. Gute Erfahrungen wurden jedoch mit den in *Bild 1* dargestellten Klemmprüfpinzetten Typ Mini-Clip gemacht. Sie wiegen nur etwa vier Gramm, die Spitze ist knapp 1 mm breit und einseitig als Greifhaken (Adlernase) ausgebildet. Die Schenkel sind durch zähe Plastikschlauchüberzüge isoliert, und auch der Litzenanschluß wird durch ein Isolierstück aus Weichplastik (in Bild 1 unten rechts) gegen Berührung geschützt. Die aus Chromnickelstahl bestehenden Schenkel halten die Spitze unter Federdruck geschlossen. Sie öffnet sich durch Druck auf den Mittelteil der Schenkel. Der Federdruck ist mit Hilfe einer Justierzange einstellbar.

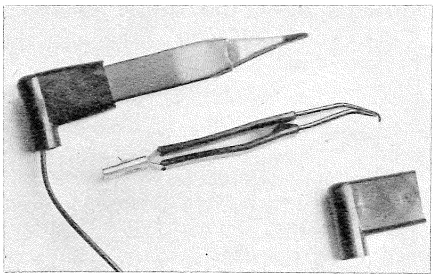

Bild 1. Nur 50 mm lang und 4 g schwer ist diese Klemmprüfpinzette Typ Mini-Clip (Werkaufnahme: W. Riess, Konstanz)

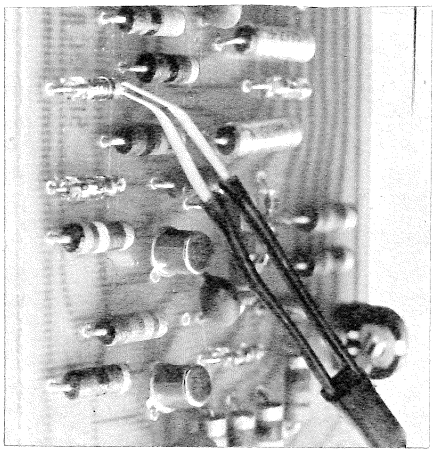

Bild 2. Der Adlerschnabel der Pinzette erfaßt auch sehr kurze Leitungsstücke und hält sicher daran fest

Nach dem Anschließen an die Schaltung ergibt sich ein zuverlässiger Meßkontakt *(Bild 2)*. Um beim Messen die Polarität zu kennzeichnen, gibt es zwei verschiedenartige Ausführungen, mit blauen und mit roten Schnäbeln. Diese Kennzeichnungen bestehen aus einer eingebrannten kratzfesten Epoxidharzisolierung. Die beiden Federstahlschenkel werden am hinteren Ende durch eine kräftige Messinghülse zusammengepreßt, die gleichzeitig zum Anlöten der flexiblen Litze mit einem Querschnitt bis 0,25 mm² dient.

Versuchsmessungen im Laborbetrieb ergaben zuverlässige Kontakte und niedrige Übergangswiderstände sowohl bei Strommessungen als auch beim Anschließen von Oszillografen zum Messen von Spannungen im Millivoltgebiet. Auch bei rauher Behandlung brach die Spitze der Klemmprüfpinzette nicht ab. Li