

Miniatur- UKW-Prüfsender

Wie mit einfachsten Mitteln ein qualitativ guter, in weiten Bereichen einstellbarer Miniatur-Prüfsender aufgebaut werden kann, wird in diesem Artikel beschrieben.

Die Abmessungen der gesamten Schaltung sind so gering, daß sie einschließlich Mikrofon und 9 V-Blockbatterie in einer Zigaretenschachtel untergebracht werden könnte.

Allgemeines

In der Rundfunktechnik werden Prüfsender zum Testen von Empfangsteilen eingesetzt. Können diese Prüfsender, wie der hier vorgestellte, frequenzmoduliert werden, so ist darüber hinaus auch die Überprüfung von FM-Demodulatoren möglich, wie sie in den UKW-Empfangsteilen enthalten sind.

Wesentliche Forderungen an einen Prüfsender für UKW-Empfangsteile sind u. a.:

- ausreichend großer Abstimmbereich
- gute Frequenzkonstanz
- geringer Oberwellengehalt
- FM-Modulation
- geringer Klirrfaktor
- hohe Eingangsempfindlichkeit

Die vorstehenden Forderungen sind für den Konstrukteur Elektroniker leicht zu erfüllen, da es sich um einen vollwertigen UKW-Sender mit kleiner Ausgangsleistung handelt.

Nach einer mag nun vielleicht einwenden, diese kleine Schaltung auch als sogenannter „Minispion“ eingesetzt werden könnte. Dies ist grundsätzlich zwar möglich (die Reichweite liegt bei ca. 100 m), jedoch ist das Betreiben von sogenannten „Minispionen“ in der BRD verboten. Wir empfehlen daher in diesem Zusammenhang ausdrücklich auf die Bestimmungen der Deutschen Bundespost hin, in denen ein solches Verbot enthalten ist.

Schaltung

Für diesen kleinen und einfach aufzubauen UKW-Prüfsender erforderlichen Bauelemente, werden sicherlich viele Hobby-Elektroniker bereits besitzen. Der Aufbau wird ausschließlich mit leicht zu beschaffenden handelsüblichen Bauteilen vorgenommen. Selbst auf den Einsatz eines Gehäusekörpers sowie eines speziellen HF-Prüfsenders konnte verzichtet werden.

Der eigentliche Sender ist mit dem Transistor T3 des Typs BC 548 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut.

Mit den Widerständen R6 bis R8 wird der Gleichspannungs-Arbeitspunkt des Sendetransistors T3 festgelegt. Der im Kollektorkreis von T3 fließende Strom liegt bei ca. 1,3 mA.

Die Kondensatoren C4 und C5 legen die Basis des Sendetransistors T3 hochfrequenzmäßig auf ein festes Potential, wodurch T3 in Basisschaltung arbeitet, obwohl es sich gleichspannungs- bzw. niederfrequenzmäßig um eine Emitterschaltung handelt. Dies resultiert aus der Tatsache, daß nur für sehr hohe Frequenzen (Sendefrequenz) die Kondensatoren C4 und C5 einen Kurzschluß darstellen und somit die Basis von T3 „festhalten“.

Der eigentliche Schwingkreis zur Bestimmung der Sendefrequenz wird durch den Trimmer C6 sowie die Spule L1 dargestellt. Mit C6 ist die Sendefrequenz im Bereich von ca. 70 MHz bis 140 MHz einstellbar.

Die Spule L1 ist auf höchst einfache Weise aus einem Stückchen Silberschaltdraht leicht selbst herzustellen. Hierzu näheres unter dem Kapitel „Zum Nachbau“.

Mit dem Kondensator C7 wird ein Teil der Hochfrequenz zurückgekoppelt, damit die Sendestufe einwandfrei schwingen kann.

Als Antenne wird, sofern überhaupt erforderlich, ein ca. 70 cm langes Stück isolierte Kupferleitung (flexibel oder massiv) verwendet und mit einem Ende an den Schaltungspunkt „h“ angelötet.

Zur Frequenzmodulation der Sendestufe wird das NF-Signal an der Basis des Sendetransistors T3 eingespeist. Damit sich eine ausreichende Empfindlichkeit auch zum Anschluß eines Mikrofons ergibt, ist ein Vorverstärker erforderlich.



Mit T1 und T2 wurde ein hochempfindlicher NF-Verstärker aufgebaut, der in Verbindung mit dem Elektret-Kondensatormikrofon auch bei sehr geringen Lautstärken eine gute Modulation der Sendestufe gewährleistet. Damit auch bei normaler Lautstärke keine Übersteuerung auftritt, kann mit dem Trimmer R5 der Modulationsgrad, d. h. die Lautstärke, in weiten Bereichen eingestellt werden.

Die Funktionsweise des NF-Vorverstärkers ist wie folgt:

Das vom Mikrofon kommende, sehr kleine NF-Signal gelangt über den Kondensator C1 auf die Basis des ersten Verstärkertransistors T1. Der Gleichspannungsarbeitspunkt wird mit den Widerständen R1 und R2 vorgegeben. R4 dient zur Festlegung des im Kollektorkreis von T1 fließenden Gleichstromes, der im vorliegenden Fall zwischen 0,4 und 0,5 mA liegt.

Zur Erzielung einer möglichst hohen Wechsellastverstärkung, wird für den Bereich der zu übertragenden NF-Frequenzen der Emitterwiderstand R4 mit dem Elko C2 überbrückt.

Am Kollektor von T1 steht das ca. 500fach verstärkte NF-Signal an, das anschließend auf die Basis des als Emitterfolger geschalteten Transistors T2 gelangt.

Am Emitter von T2 finden wir dieses Signal entkoppelt in gepufferter Form wieder. Mit dem Trimmer R5 kann eine Einstellung der Lautstärke, d. h. des Modulationsgrades, vorgenommen werden. Über C3 erfolgt die Einspeisung des NF-Signales auf die Basis des Sendetransistors T3.

Zum Nachbau

Es finden ausschließlich handelsübliche Standard-Bauelemente Verwendung, die zudem einfach in der Handhabung sind und ohne besondere zusätzliche Maßnahmen

men, wie sie z. B. bei CMOS-Bausteinen üblich sind, eingebaut werden können.

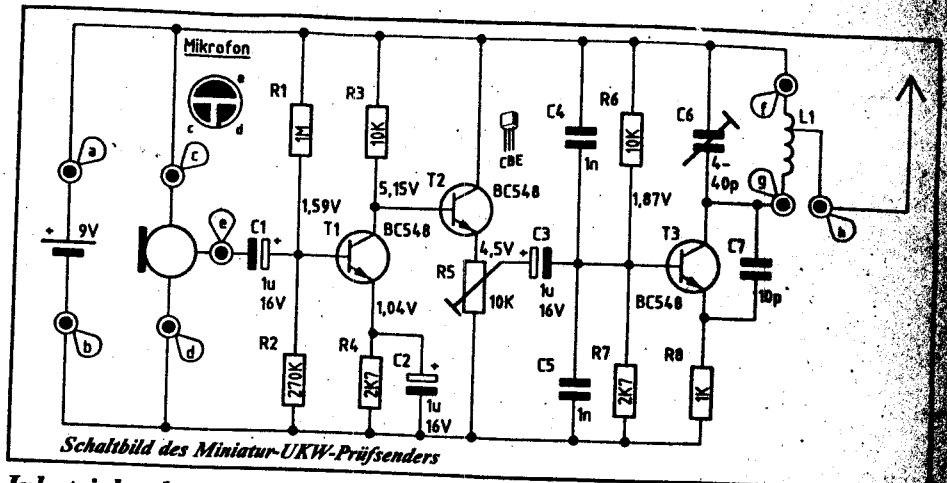
Zunächst wird die kleine Platine in gewohnter Weise mit den passiven Bauelementen (Widerstände, Kondensatoren) bestückt. Bei den drei Elkos C 1, C 2 und C 3 ist auf die richtige Polarität zu achten, ebenso beim Anschluß des Elektret-Kondensatormikrofones, dessen Anschlußbelegung im Schaltbild aufgezeichnet ist. Es folgen die aktiven Bauelemente, d. h. in unserem Fall die drei Transistoren T 1, T 2 und T 3. Es können auch andere Transistoren (Vergleichstypen) eingesetzt werden, die allerdings für höhere Frequenzen geeignet sein müssen, da T 3 immerhin im Bereich von 100 MHz arbeitet.

Die Spule L 1 wird aus einem 10 cm langen Stück Silberschalt draht auf einfache Weise selbst hergestellt. Da der Spuleninnendurchmesser 3 mm beträgt, werden die erforderlichen 7 Windungen direkt nebeneinanderliegend, auf einen 3 mm Bohrer aufgewickelt. Eine „normale“ Kugelschreibermine würde sich für den Wickelvorgang ebenfalls eignen, da auch sie im allgemeinen einen Durchmesser von 3 mm aufweist. Am Spulenansatz und am Spulenende bleiben jeweils einige mm Silberschalt draht übrig, damit die Spule in die dafür vorgesehenen Bohrungen auf die Leiterplatte gesteckt und verlötet werden kann. Vorher ist jedoch die aus 7 Windungen bestehende Spule vom Bohrer bzw. von der Kugelschreibermine zu lösen, um sie anschließend vorsichtig auf die erforderliche Spulenlänge von 15 mm auseinander zu ziehen. Dies entspricht genau dem Lochabstand der Spulenanschlussspunkte „f“ und „g“ auf der Leiterplatte. Durch diese beiden Bohrungen werden die Enden der Spule L 1 so weit hindurchgesteckt, daß die Spule direkt auf der Leiterplatte aufliegt. Nachdem die entsprechenden Punkte verlötet wurden, können evtl. überstehende Drahtstückchen abgeschnitten werden.

Ca. 3 mm vom Spulenanschlussspunkt „f“ entfernt befindet sich der Spulenanschlussspunkt „h“. Durch die entsprechende Bohrung in der Platine ist ein ca. 5 mm langes Stückchen Silberdraht einzustecken, das zum einen auf der Platinenunterseite und zum anderen an der zweiten Windung der Spule L 1 festgelötet wird. An diesen Anschluß wird später eine evtl. verwendete Antenne angelötet, die aus einem ca. 70 cm langen isolierten Leitungsabschnitt besteht.

Das Elektret-Kondensatormikrofon kann ebenfalls über kurze Silberdrahtstückchen mit den Anschlussspunkten „c“, „e“ sowie „d“ mit der Leiterplatte verbunden werden. Die Anschlußbelegung des Mikrofons ist im Schaltbild angegeben (Ansicht des Mikrofons von hinten — Lötseite). Sollte die Zuleitung etwas länger sein (einige wenige Meter sind möglich), empfiehlt sich der Einsatz von zweiadriger abgeschirmter Mikrofonkabel, wobei die Abschirmung (Masse) mit dem Platinenanschlussspunkt „d“ zu verbinden ist.

Der Batterieclip zum Anschluß der Schaltung an eine 9 V-Blockbatterie wird an die Platinenanschlussspunkte „a“ (Pluspol) und „b“ (Minuspol) angelötet.



Schaltbild des Miniatur-UKW-Prüfsenders

Inbetriebnahme

Nachdem die Bestückung der Platine nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Schaltung mit Strom versorgt werden.

Falls möglich, legt man zur ersten Inbetriebnahme in die Versorgungsspannungszuleitung ein Amperemeter, das bei korrektem Betrieb einen Strom von ca. 3 mA anzeigen sollte.

Der Trimmer R 5 wird auf volle Verstärkung eingestellt, d. h. auf Linksanschlag gedreht (entgegen dem Uhrzeigersinn).

Zur Einstellung der Sendefrequenz wird ein UKW-Empfänger direkt neben das Mikrofon des Prüfsenders gestellt, wobei der Lautstärkereger etwas weiter als üblich aufgedreht werden sollte. Auf der Skala des UKW-Empfängers wird anschließend diejenige Frequenz eingestellt, auf der später der Prüfsender arbeiten soll. Nur kann durch langsames Verdrehen des Trimmers C 6 die Sendefrequenz des Prüfsenders verändert werden. In dem Moment, in dem der Prüfsender genau auf der Frequenz schwingt, auf die der danebenstehende

UKW-Empfänger eingestellt wurde, ertönt aus diesem ein lautes Pfeifsignal. Dies resultiert aus der Tatsache, daß sich eine Rückkopplung vom UKW-Empfänger auf nachgeschaltetem Verstärker und Lautsprecher, über das Mikrofon des Prüfsenders, die Sendestufe und zurück über die HF auf den UKW-Empfänger ergibt. Ein lautes Pfeifen ist das Resultat. Bringt man den Empfänger in eine ausreichende Entfernung zum Sender, kann der Lautsprecher nicht mehr auf das Sendemikrofon zurückwirken und das Pfeifen verstummt.

Mit dem Trimmer R 5 kann der Modulationsgrad, d. h. die Lautstärke, in weiten Grenzen eingestellt werden.

Abschließend wollen wir nochmals auf die Einhaltung der postalischen Bestimmungen hinweisen und darauf, daß bei unsachgemäßem Einsatz dieses Miniatur-Prüfsenders Störungen des Rundfunkempfangs bzw. anderer Frequenzen möglich sind. Wir bitten unsere Leser, dies unbedingt zu berücksichtigen, denn auch Sie möchten sicherlich einen ungestörten Empfang mit Ihrer HiFi-Anlage genießen.

Stückliste

Miniatur-UKW-Prüfsender

Halbleiter

T 1-T 3 BC 548

Kondensatoren

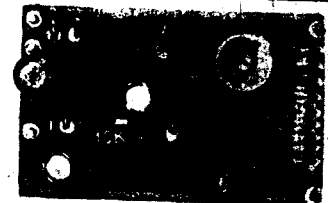
C 1-C 3 1 µF/16 V
C 4, C 5 1 nF ker.
C 6 Trimmerkondensator 4-40 pF,
C 7 10 pF ker.

Widerstände

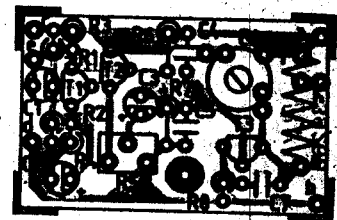
R 1 1 MΩ
R 2 270 kΩ
R 3, R 6 10 kΩ
R 4, R 7 2,7 kΩ
R 5 10 kΩ, Trimmer, stehend
R 8 1 kΩ

Sonstiges

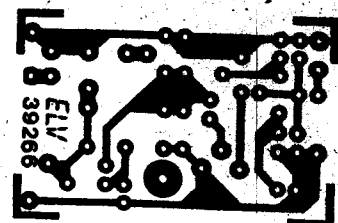
1 9 V-Batterieclip
6 Lötstifte
1 Elektret-Mikrofon
10 cm Silberdraht
70 cm Schalt draht



Ansicht der fertig bestückten Platine



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

Bauanleitung:

FM-Meßsender

Ferritkern verwendet. Die Wicklung besteht aus 35 Windungen aus emailiertem Kupferdraht mit 0,3 mm Durchmesser, die bündig nebeneinander gewickelt werden. So ergibt sich eine Wicklungslänge von etwa 12...13 mm. Die Anzapfung erfolgt nach 6 Windungen; sie liegt am kalten Ende der Spule (Masseanschluß). Bild 3 zeigt die Konstruktion der Spule. Die fertiggestellte Wicklung wird auf dem Spulenkörper durch einen Tropfen Universalkleber oder auch Nagellack fixiert.

L1 bildet zusammen mit der Kapazitätsdiode D1 den frequenzbestimmenden Schwingkreis. Die Abstimmspannung für die Kapazitätsdiode wird am Potentiometer P1 abgegriffen. Mit dem Widerstand R1 wird der Einstellbereich des Potis linearisiert. Durch das Stellen des Trimpotis P4 und das Verdrehen des Spulenkerns von L1 wird das Gerät auf die niedrigste Arbeitsfrequenz (9,6 MHz) abgeglichen.

Das Ausgangssignal des Oszillators wird am Drain-Anschluß von T1 über den Kondensator C2 ausgekoppelt und dem Potentiometer P2 zugeführt. Da der Effektivwert der Oszillatorspannung mit 3...4 Volt für Meßzwecke viel zu hoch liegt, erfolgt eine zusätzliche Dämpfung durch den Tiefpaß R5/C3. Diese Maßnahme kommt zugleich der Kurvenform des Signals zugute. Der Anteil der Harmonischen bleibt trotzdem noch hoch genug, um einen UKW-Tuner über den Antennen-eingang anzusteuern.

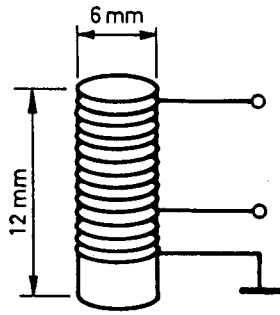
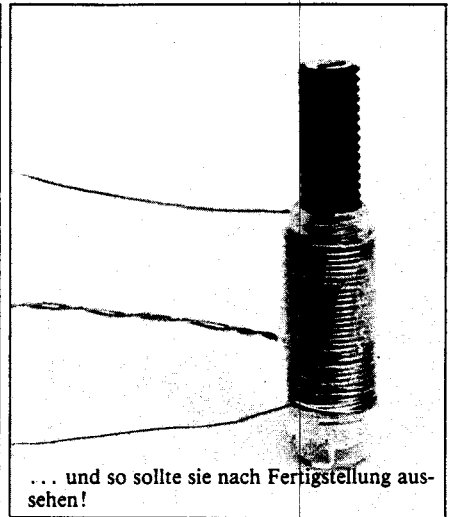


Bild 3. So wird die Spule L1 angefertigt.

Der Feldeffekttransistor T2 ist als Source-Folger geschaltet und hat damit eine sehr niedrige Ausgangsimpedanz. Der nachfolgende Abschwächer erlaubt — zumindest theoretisch — eine Dämpfung des Ausgangssignals um 40 dB in 10-dB-Stufen. Inwieweit diese Aufgabe tatsächlich erfüllt wird, hängt weitgehend von der Qualität des Stufenschalters S1 und dessen Beschaltung ab. Wird ein Schalter einfacher Art, wie bei Nf-Signalen üblich, verwendet, so werden die angegebenen dB-Werte nur näherungsweise erreicht, weil schädliche 'parasitäre' Kapazitäten die Abstufung verändern. Besser, aber auch sehr viel teurer, ist der Einsatz eines speziellen keramischen Hf-Stufenschalters. Da es in den meisten Anwendungsfällen aber gar nicht auf die absoluten Werte der Ausgangsspannung ankommt, ist die einfache Version völlig ausreichend.

Die Modulation

Meßsender werden üblicherweise mit einem 1000-Hz-Signal moduliert.



... und so sollte sie nach Fertigstellung aussehen!

Solch ein Modulationssignal erzeugt IC1. Dabei sind die Bauelemente R17,18 und C6,7 frequenzbestimmend und sollten deshalb eng toleriert sein.

Die Erzeugung klirrarmer Sinus-Signale mit konstanter Amplitude ist nicht ganz problemlos. In jedem Fall ist eine Regelung notwendig, die für die Amplitudenkonstanz sorgt. Häufig findet man als Regelemente in Sinus-Generatoren Spezial-NTCs oder als Kaltleiter eingesetzte Miniatur-Glühlampen.

In dieser Schaltung wird die Diodenkette D2...4 zur Amplitudenregelung eingesetzt. Die Dioden arbeiten hier nicht als Gleichrichter, sondern als nichtlinearer Widerstand. Dabei bestimmen die Widerstände R19,20 den Arbeitspunkt auf der Dioden-Kennlinie, der in diesem Fall bewußt in den stark gekrümmten Bereich gelegt wurde.

Die Einstellung des Trimpotis P5 ist sehr kritisch, so daß hier unbedingt ein 10-Gang-Spindeltrimmer verwendet werden sollte. Beim Abgleich wird P5

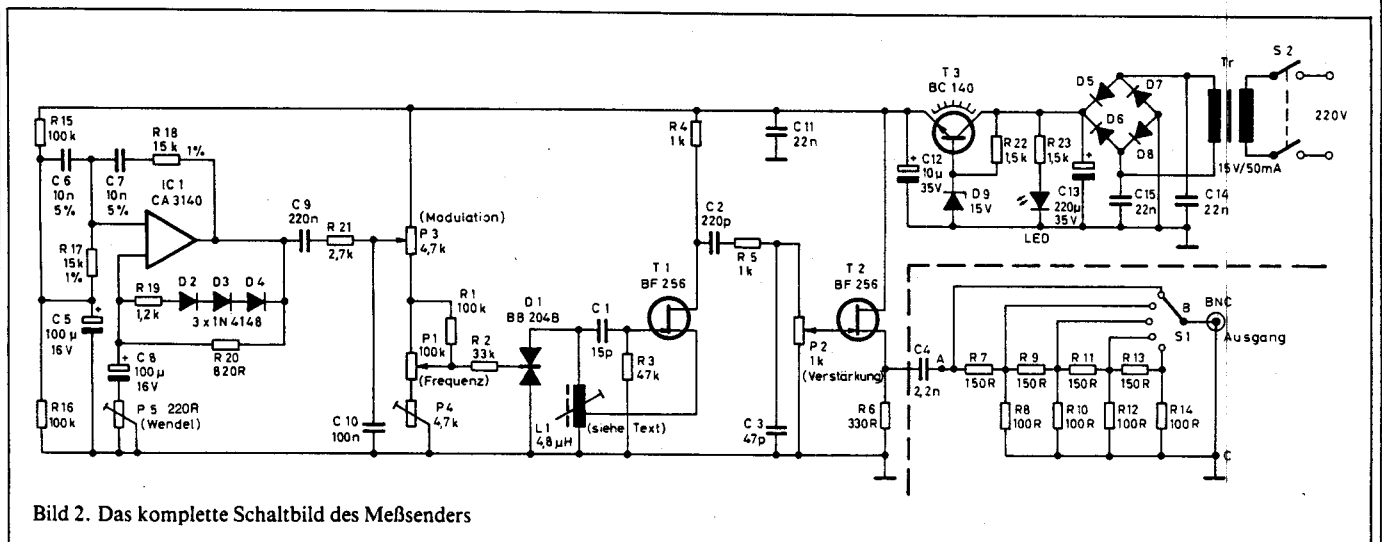


Bild 2. Das komplette Schaltbild des Meßsenders

zunächst so lange verstellt, bis die Nf-Schwingungen aussetzen. Danach wird vorsichtig zurückgedreht, bis die Schwingungen gerade wieder einsetzen.

Auf keinen Fall sollte die effektive Ausgangsspannung des 1000-Hz-Oszillators den Wert von 1,2 Volt übersteigen, weil sonst der Klirrfaktor erheblich ansteigt. Bei richtiger Einstellung beträgt der Klirrfaktor hinter dem Tiefpaß R21/C10 ungefähr 0,05... 0,06 %, was als recht guter Wert bezeichnet werden kann.

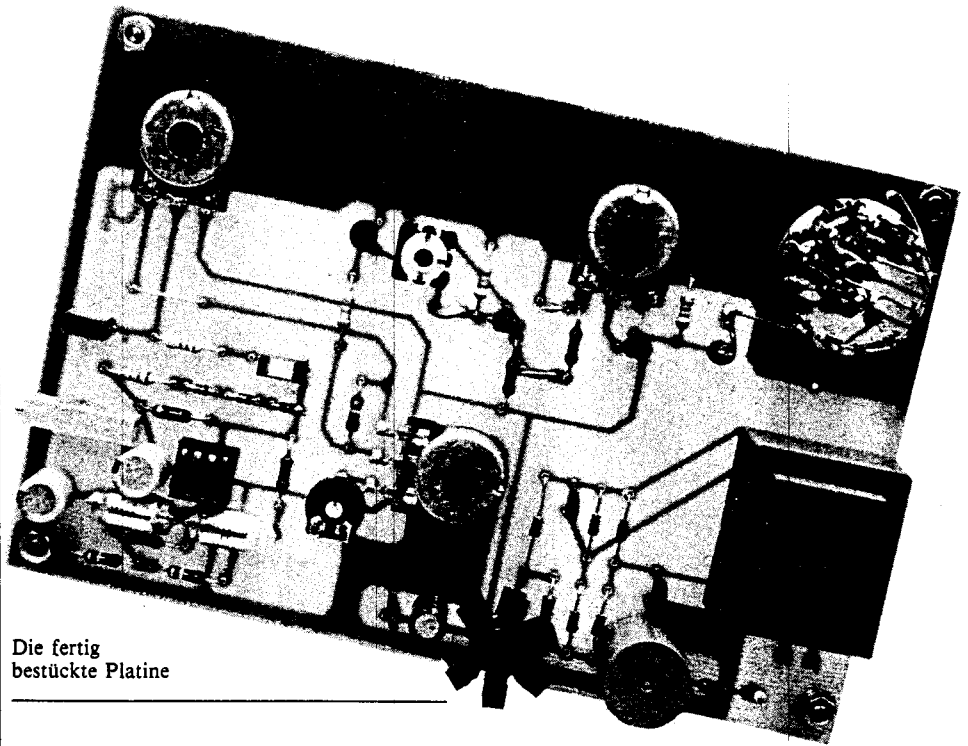
Das Netzteil

Der Meßsender begnügt sich mit einem Strom von 25 mA bei 15 V Versorgungsspannung. Ein kleiner Printrafo reicht also vollkommen aus. Auf eine Primärsicherung kann verzichtet werden, weil solche kleinen Trafos absolut kurzschlußfest sind.

Als Gleichrichter werden vier einzelne Dioden verwendet. Die Kondensatoren C14,15 schützen die Schaltung vor Hf-Einstrahlungen aus dem Netz. T3, D9 und R22 bilden die Stabilisator-Schaltung. Der Transistor T3 sollte mit einem Kühlstern versehen werden.

Der Aufbau

Die Schaltung kann in ein beliebiges (Metall-) Gehäuse eingebaut werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die Lage der Bohrungen für die Poti-Achsen auf der Frontplatte mit denen auf der Platine übereinstimmt. Frontplatte und Platine werden mit geeigneten Abstandshülsen miteinander verschraubt. Die BNC-Ausgangsbuchse, der Netzschalter sowie die LED zur Netzkontrolle befinden sich nicht auf der Platine, sie müssen frei verdrahtet werden.



Die fertig bestückte Platine

Für das Poti P1 empfiehlt sich statt eines normalen Drehknopfs die Verwendung einer handelsüblichen Knopfskala, die in vielen Größen und Ausführungen angeboten wird. Besonders bedienungsfreundlich sind Knopfskalen mit eingebautem Untersetzungsgetriebe.

Der Abgleich

Am einfachsten ist der Abgleich mit einem Frequenzmesser durchzuführen. Ein normales Kofferradio mit UKW-Bereich genügt jedoch auch. Die Abstimmkala des Referenz-Radios sollte allerdings einigermaßen genau sein.

Zunächst wird die Stabantenne des Radios vollständig eingeschoben und mit dem Ausgang des Meßsenders verbunden. P2 wird in Mittelstellung und P1 auf linken Anschlag gebracht; der Skalenzeiger des Radios wird auf 105,6 MHz eingestellt.

Nun werden P4 und der Spulenkern von L1 so lange abgeglichen, bis im Radio ein deutlicher 1000-Hz-Ton zu hören ist. Der Oszillator schwingt jetzt auf einer Grundwelle von 9,6 MHz, das Radio empfängt die 10. Harmonische. Zur Kontrolle kann das Radio auf die 9. Harmonische (96,0 MHz) eingestellt werden. Auch hier muß der Ton zu hören sein.

Sollte Ihr Radio auch noch bei der 8. Harmonischen der Grundfrequenz 9,6 MHz (86,4 MHz) einen Ton von sich geben, dann ist Ihr Empfänger nicht FTZ-kompatibel. Frequenzen unter 87,5 MHz darf ein normaler UKW-Empfänger nämlich nicht mehr verarbeiten!

Die zweite wichtige Frequenz des Meßsenders von 10,7 MHz ist einfach zu ermitteln: Wenn der Oszillator auf

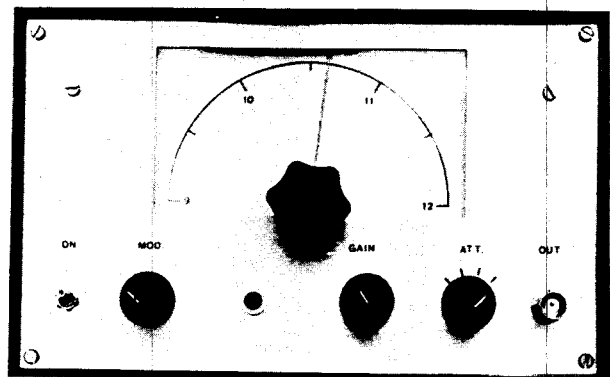
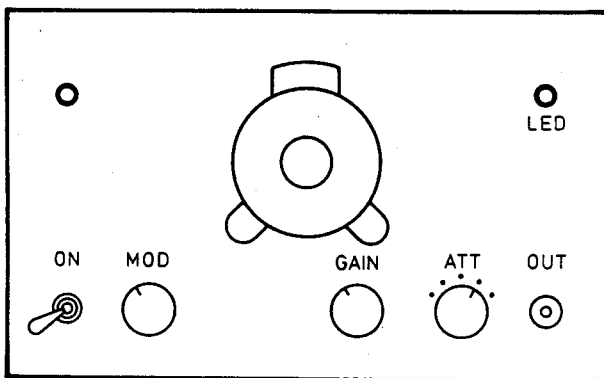


Bild 6. Vorschlag für die Gestaltung der Gehäuse-Frontplatte

Bauanleitung:

FM-Meßsender

10,7 MHz schwingt, so sollte im gesamten UKW-Bereich, unabhängig von der Zeigerstellung des Radios, der 1000-Hz-Ton zu hören sein.

Auf die beschriebene Weise läßt sich Punkt für Punkt eine Skala für den Meßsender anfertigen, die jedoch — logischerweise — nicht genauer als die Skala des Referenz-Radios ausfallen kann. Wer es genauer haben will, kommt um den Einsatz eines Frequenzmessers nicht herum. □

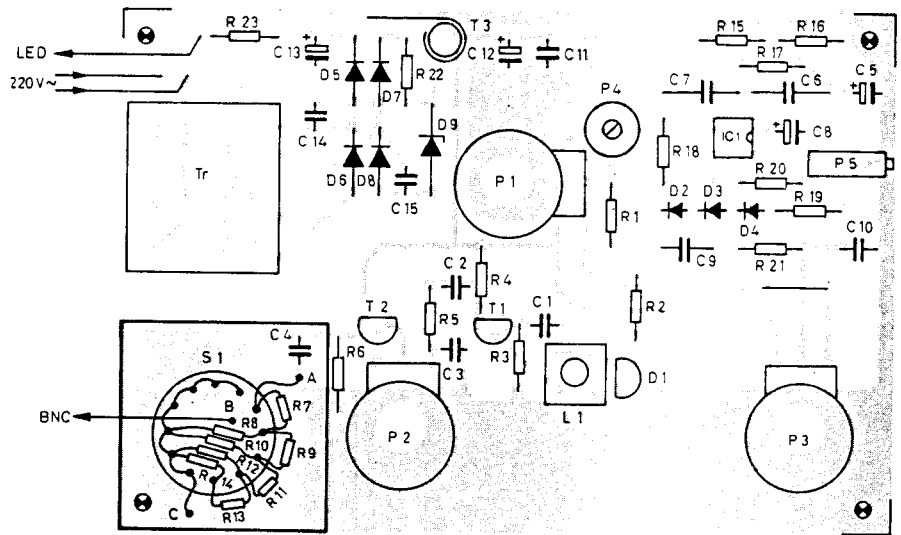


Bild 5. Der Bestückungsplan

Stückliste

Widerstände (alle 1/4 W, 5 %, soweit nicht anders angegeben)

R1,15,16	100k
R2	33k
R3	47k
R4,5	1k0
R6	330R
R7,9,11,13	150R
R8,10,12,14	100R
R17,18	15k, Metallfilm 1 %
R19	1k2
R20	820R
R21	2k7
R22,23	1k5

Potentiometer

P1 100k lin.

P2	1k0 lin.
P3	4k7 lin.
P4	4k7 Trimmer, liegend
P5	220R 10-Gang-Spindel-trimmer

Kondensatoren

C1	15p ker.
C2	220p ker.
C3	47p ker.
C4	2n2 ker.
C5,8	100µ/16 V Elko, stehend
C6,7	10n Styrt., 5 %
C9	220n MKT
C10	100n MKT
C11,14,15	22n ker.
C12	10µ/35 V Elko, stehend
C13	220µ/35 V Elko, stehend

Halbleiter

IC1	CA 3140
T1,2	BF 256
T3	BC 140
D1	BB 204 B
D2...8	1N4148
D9	Z-Diode 15 V, 400 mW
D10	LED 5 mm, rot

Sonstiges

L1	Spule, Ø 6 mm, 30 Wdgn., mit Kern
Tr	Printtrafo 15 V/50 mA
S1	Stufenschalter 1 x 5
S2	Netzschalter 2 x EIN

BNC-Buchse, Knopfskala, Platine, Kühlstern für T3, IC-Fassung, Montage-material

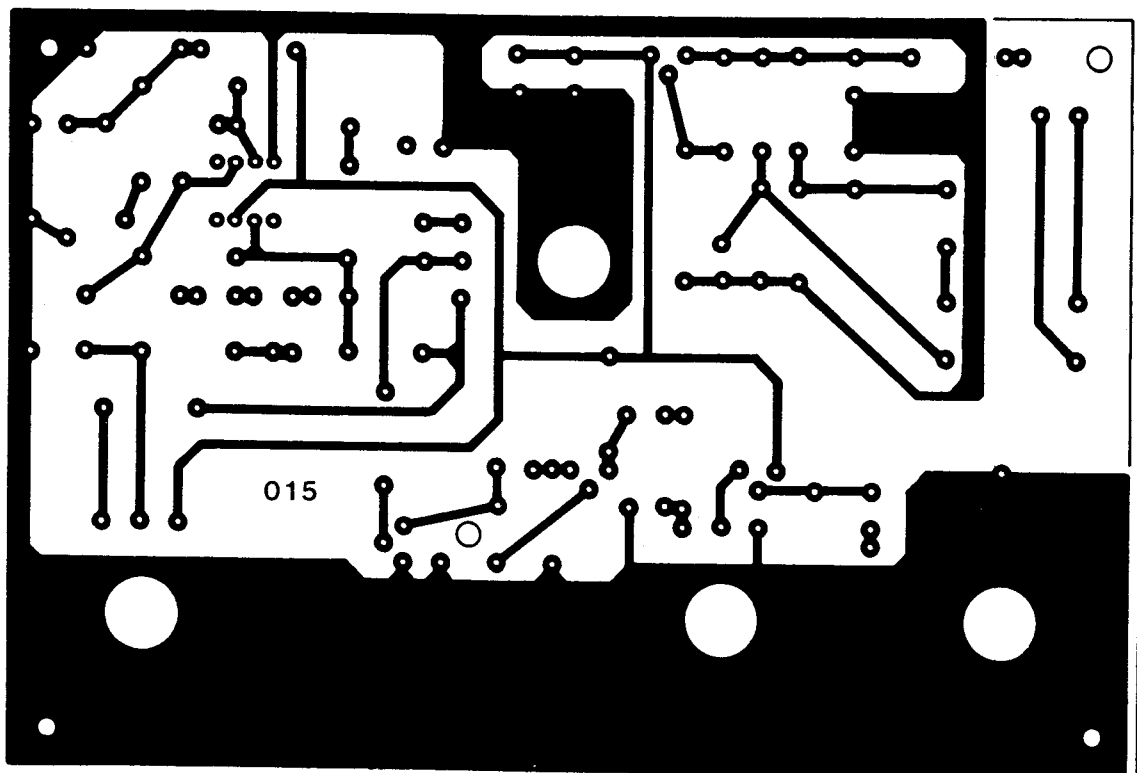


Bild 4. Das Platinen-Layout

Dieser kleine Senderbaustein liefert in der Grundausstattung eine Frequenz, die im UKW-Bereich liegt (88 - 108 kHz). Sie ist einstellbar mit einem Trimmkondensator und mit einem Trimpotentiometer. Der Trimpoti beeinflusst gleichzeitig die Eingangsempfindlichkeit.

Die Ausgangsfrequenz ist FM-modulierbar mit einer Kapazitätsdiode. Die Empfindlichkeit reicht zum direkten Anschluß eines dynamischen Mikrofons (einstellbar).

Die Oszillatorstufe (Clapp-Oszillator) ist sehr stabil und mit relativ hohen Schwingkapazitäten aufgebaut. Das hat 2 Vorteile:

1. Niedrige Induktivitäten (einfache Spule, siehe Bild)
2. Geringe Empfindlichkeit gegen Handkapazität und Bauteiltoleranzen.

Auf den Oszillator folgt eine Pufferstufe.

Wir weisen ausdrücklich darauf hin, daß der Betrieb als Sender in der BRD nicht erlaubt ist und bitten unsere Kunden, sich an die gesetzlichen Bestimmungen zu halten. Die einschlägigen Bestimmungen für die Erlangung einer Sendelizenz erfahren Sie bei Ihrer nächsten Oberpostdirektion.

Benutzen Sie diesen Baustein als Meßsender, bauen Sie ihn bitte in ein HF-festes Metallgehäuse ein mit einer koaxialen Ausgangsbuchse.

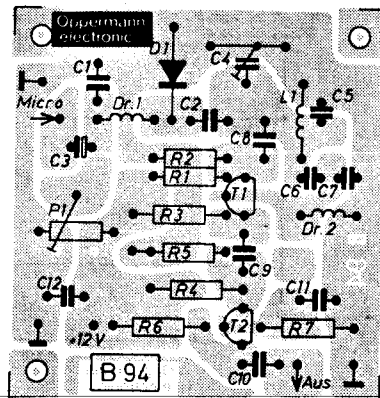
Für Funkamateure:

Ohne große Schwierigkeit läßt sich dieser Senderbaustein für andere Frequenzen (70 MHz bzw. 144 MHz) verwenden durch Ändern der Oszillatordspule.

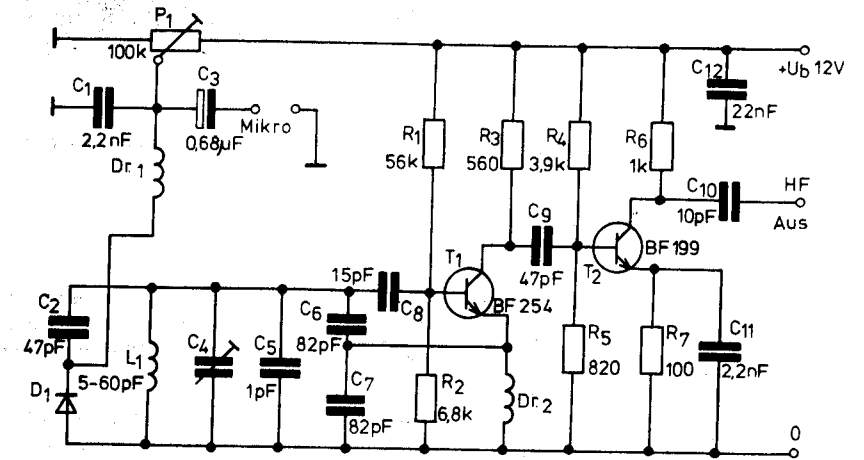
Bestell - Nr.: B 94

DM 9,85

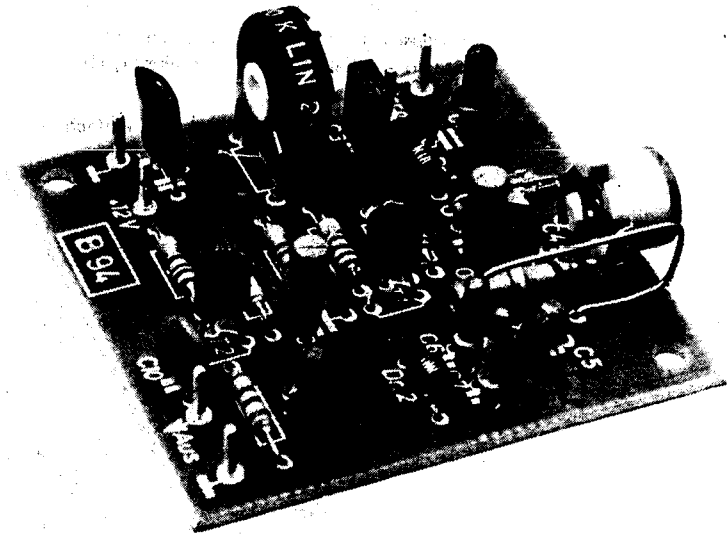
Platinengröße: 55 x 58 mm.



Bestückungsplan des Prüfsenders



Schaltbild des UKW - Prüfsenders



Für den Einbau des Prüfsenders in ein Gehäuse empfehlen wir das Metallgehäuse GE 3 zu DM 4,50