

Herwig Feichtinger

2-m-Mini

Subminiatur-FM-Funksprechgerät

Auf Gewicht und Größe eines tragbaren Funksprechgeräts hat heute zweifellos die Stromversorgung (Akku oder Batterie) den größten Einfluß, denn alle übrigen Teile lassen sich fast beliebig miniaturisieren. Das bedeutet, daß bei einer gegebenen Mindest-Betriebsdauer die Batterie und damit das Gesamtgerät nur dann wesentlich verkleinert werden können, wenn der Stromverbrauch der Schaltung drastisch gesenkt wird. Wenn beispielsweise (wie hier) nur eine übliche 9-V-Batterie mit etwa 90 mAh nutzbarer Kapazität verwendet werden soll, darf der mittlere Stromverbrauch des Geräts nur etwa 9 mA betragen, um einen zehnstündigen Betrieb zu gewährleisten.

Nimmt man weiter an, daß der mittlere Stromverbrauch etwa doppelt so groß ist wie der Ruhestrom des Empfängers, so dürfte dieser unter den gleichen Voraussetzungen nur 4,5 mA betragen. Dieser Traumwert wird vom Mustergerät zwar nicht ganz erreicht, aber immerhin nur um 1 mA überschritten! Maßgebend war hierfür die Verwendung moderner, stromsparender IS sowie eine besonders „energiebewußte“ Schaltungsauslegung.

Die IS TCA 770

Einen Hauptanteil des Empfänger-Ruhestromes beanspruchte bisher der Zf-Verstärker. Geht man von einer integrierten Realisierung aus, so benötigte allein dieser Schaltungsteil etwa zwischen 5 mA (SO 41 P) und 12 mA (TBA 120).

Heute steht mit der IS TCA 770 von Valvo ein Zf-Verstärker zur Verfügung, der mit nur 0,5 mA auskommt (!) und daher für die Anwendung in tragbaren Funksprechgeräten geradezu prädestiniert ist. Neben dem Begrenzerverstärker enthält er auch einen Koinzidenz-Demodulator und einen als Nf-Vorverstärker verwendbaren Operationsverstärker.

Ausschlaggebend für den extrem geringen Stromverbrauch ist die Kompensation der Basis-Kollektor-Kapazitäten in den Stufen des Begrenzerverstärkers, um hohe Arbeitswiderstände zu ermöglichen. Das Prinzipschaltbild

Auch ohne Spezialbauteile und ohne die Anwendung einer besonderen Miniaturisierungs-Technologie läßt sich heute ein echtes Westentaschen-Funksprechgerät aufbauen, dessen Leistungsfähigkeit zumindest für die Nahbereichs-Kommunikation vollkommen ausreicht.*

einer solchen Stufe zeigt Bild 1. Da es sich um Differenzverstärker handelt, ist die Kompensation durch gegenphasig gespeiste, mitintegrierte Kondensatoren möglich, deren Wert möglichst dem der störenden Basis-Kollektor-Kapazität gleich ist. Mit diesem Schaltungskniff ist auch bei hochohmiger Auslegung die für hohe Frequenzen gegenkoppelnde Wirkung der transistorinternen Rückwirkungskapazität nahezu aufgehoben.

Bild 2 zeigt die Anschlußbelegung dieser interessanten IS.

„Energiesparen“: Überlegungen zur Schaltungsauslegung

Die Notwendigkeit eines geringen Stromverbrauchs beeinflusst natürlich auch die Auslegung der diskreten Schaltungsteile. So ist beispielsweise die Verwendung von MOSFETs in der Hf-Vorstufe und in den Mischern nicht unbedingt ideal, da sie im Vergleich zu einer bipolaren Realisierung unverhältnismäßig mehr Strom beanspruchen.

Auch die Frage, ob ein Einfach- oder Doppelsuperkonzept verwendet werden soll, wird durch den Zwang der kleinen Batteriekapazität beantwortet. Denn einerseits ist eine hohe Zf aus Gründen der Spiegelselektion erforderlich, andererseits sind aber IS wie die TCA 770 nur bis etwa 500 kHz brauchbar. Der Stromverbrauch eines zusätzlichen Mixers und Oszillators beim Doppelsuper ist gegenüber dem Mehr-

bedarf von IS, die für höhere Zwischenfrequenzen geeignet sind, vergleichsweise gering.

Wenn in obigen Betrachtungen immer nur der Verbrauch des Empfängers berücksichtigt wurde, so hat das seinen Grund in der Relation zwischen Empfänger- und Sender-Betriebszeit; letztere kann bei normalem Funkbetrieb mit etwa 10 % veranschlagt werden. Trotzdem ist natürlich die Batteriebelastung durch den Sender durchaus wesentlich. Da im Interesse einer hohen Lebensdauer und optimalen Kapazitätsausnutzung die Stromaufnahme aus einem 9-V-Nickel-Cadmium-Akku (z.B. Varta Tr7/8) etwa 45 mA nicht übersteigen sollte, sind Überlegungen hinsichtlich Sendeleistung und Wirkungsgrad durchaus angebracht. Es wurde daher ein Konzept mit 72-MHz-Quarzen und nur einmaliger Frequenzverdopplung angewendet, und die Endstufe liefert etwa 100 mW Hf an die Antenne.

Die Schaltung des „2-m-Mini“

Wie die Gesamtschaltung in Bild 3 zeigt, ist der Aufwand auffallend gering. (Das muß er auch sein, damit das Gerät nicht die Ausmaße eines „Kommunikationskoffers“ bekommt!)

Wie schon oben erwähnt, finden im Empfänger (aber auch im Sender) ausschließlich bipolare Transistoren Verwendung. Entgegen einer weit verbreiteten Ansicht ist es auch mit dieser Technologie möglich, empfindliche

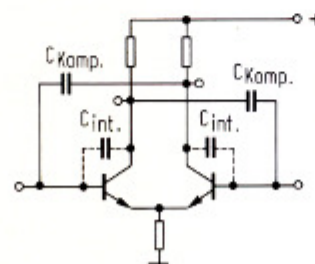


Bild 1. Die Verstärkerstufen in der IS TCA 770 sind hochohmig ausgelegt, damit der Stromverbrauch gering bleibt. Um trotzdem noch 500 kHz verarbeiten zu können, sind die störenden Basis-Kollektor-Rückwirkungskapazitäten durch einen Schaltungskniff kompensiert

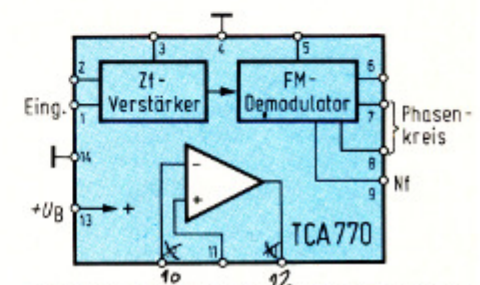


Bild 2. Die Anschlußbelegung der TCA 770. Um Verkopplungen zu vermeiden, sind die Masseanschlüsse für den Zf- und den Nf-Teil getrennt herausgeführt. Die Gehäuseform ist ursprünglich für Dickfilmschaltungen vorgesehen, läßt sich aber auch normal einlöten

dieses einfachen Senders beträgt ja nur etwa 100 mW.

Die Erzielung eines ausreichend großen FM-Hubes ist bei derartigen Schaltungen oft ein besonderes Problem, da sich hochfrequente, meist auf dem 5. Oberton schwingende Quarze nur schwer frequenzmodulieren lassen. Dabei ist es zwar meist einfach, die Frequenz einige kHz nach unten zu ziehen, es ist aber wesentlich schwieriger, eine höhere als die auf dem Quarz aufgedruckte Frequenz zu erzeugen. Das Problem läßt sich lösen, wenn man bei der Quarzbestellung nicht genau die halbe Sendefrequenz, sondern 2 kHz mehr angibt; zum Beispiel bestellt man für die Sendefrequenz 145.000 MHz einen 72.502-MHz-Quarz. Dieser läßt sich dann mit einem im Oszillator vorhandenen Serienschwingkreis bequem die fehlenden 2 kHz nach unten ziehen, wobei es nun kein Problem mehr ist, 5 kHz Hub zu erzielen.

Der zur Ansteuerung der Modulator-Varicap notwendige Nf-Pegel wird von einem zweistufigen Mikrofonverstärker geliefert, der gleichzeitig die bei FM übliche Preemphasis (Höhenanhebung zur Verbesserung des Signal-Rausch-Abstandes) bewirkt.

Ein Tonrufozillator für 1750 Hz ermöglicht das Auftasten von Relaisfunksstellen. Es wird empfohlen, den frequenzbestimmenden Widerstand nicht als Trimpoti auszuführen, sondern einen geeigneten Festwiderstand auszusuchen (s.u.), da so eine wesentlich bessere Langzeitstabilität erreicht werden kann.

Da auch eine Tonruftaste Platz benötigt, liegt der Gedanke nahe, den Tonruf automatisch z. B. für etwa 0,3 s zu Beginn jeder Sendung auszustrahlen. Wenngleich man sich über Sinn und Unsinn eines solchen „Piepmatzen“ streiten kann, sei doch eine einfache Schaltung angegeben; sie ist in Bild 3 als gestricheltes Kästchen enthalten. Die Leitung „+Ruf“ ist dann fest mit der Sender-Betriebsspannung (+S) zu verbinden. Die Abschaltung des Tonrufozillators geschieht in diesem Fall

über einen Kleinleistungs-Thyristor. Diese kleine Zusatzschaltung findet auf einer nicht bestückten Platinecke gerade Platz.

Der Zusammenbau

Die gesamte Schaltung des Taschen-Funksprechgeräts ist auf einer normalen (einseitigen) Platine untergebracht, die in Bild 4 zu sehen ist; Bild 5 zeigt den dazugehörigen Bestückungs-

plan. Es sind unbedingt Miniaturbauteile zu verwenden, da die meisten Bauelemente im 2,5-mm-Raster stehend angeordnet sind.

Da die IS TCA 770 in einem speziellen Miniaturgehäuse untergebracht ist, das ursprünglich für Dickfilmschaltungen vorgesehen war, ist bei ihrem Einbau einiges zu beachten. Zunächst ist die Platine mit einem entsprechenden rechteckigen Ausschnitt zu versehen, in den die IS genau hineinge paßt; das Einlöten muß schließlich mit einer genügend feinen Lötspitze vorgenommen werden, um zu verhindern, daß Lötzinn zwischen die Anschlüsse fließt.

Die Quarze müssen ohne Abstand direkt auf die Platine gelötet werden; Steckfassungen würden eine unzumutbare Bauhöhe erfordern. Da die Quarze nicht durch Leiterbahnen mit der übrigen Schaltung verbunden sind, können sie nach Belieben frei mit dem Kanalschalter sowie dem Sender oder Empfänger verbunden werden.

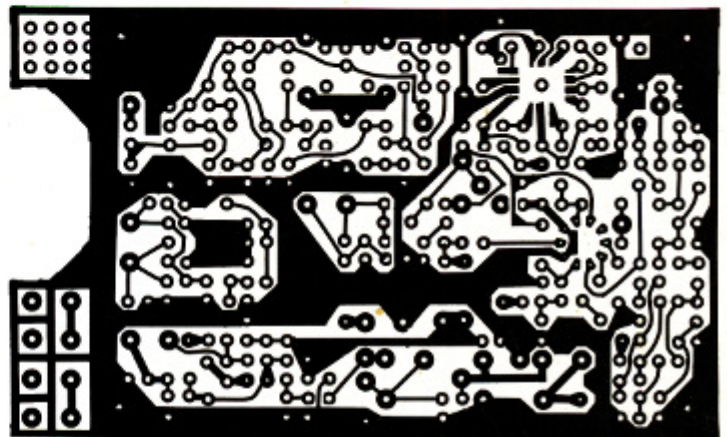


Bild 4. Auf dieser Platine hat die gesamte Schaltung mit Quarzen für zwei Kanäle Platz. Die Tonruf-Automatik kann auf dem kleinen „Lochraster“-Teil untergebracht werden, andernfalls zwei zusätzliche Quarze (ein Kanal)

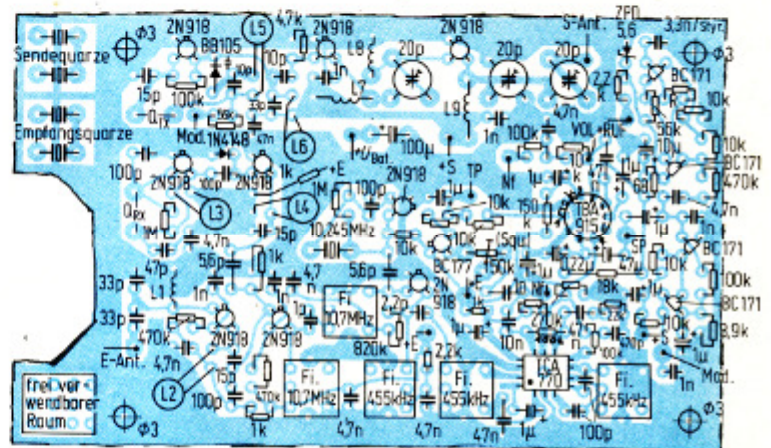


Bild 5. Der Bestückungsplan zur 2-m-Mini-Platine. Für die IS TCA 770 ist ein kleiner rechteckiger Ausschnitt in die Platine zu sägen oder zu feilen, in den das IS-Gehäuse genau hineinpaßt

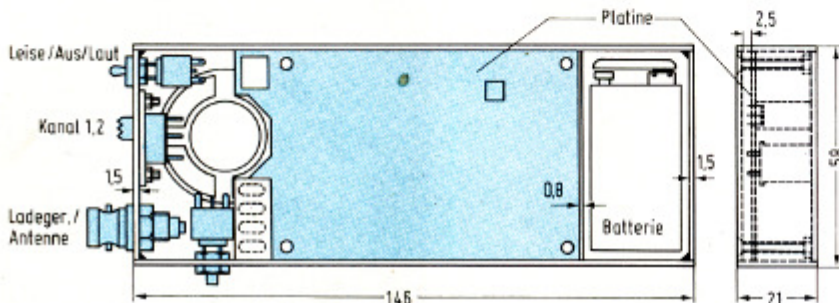


Bild 6. Mit geringem Werkzeugaufwand läßt sich aus kupferkaschierten Epoxidplatten, wie sie auch für Platinen verwendet werden, ein geeignetes kleines Gehäuse zusammenbauen. An den Kanten werden die Platten einfach zusammengelötet

Da es kein serienmäßig hergestelltes Gehäuse gibt, das die idealen Einbaumaße besitzt, wurde das Mustergerät kurzerhand in ein aus kupferbeschichteten Epoxidharz-Platinen selbst erstelltes Gehäuse der Außenmaße 146 mm x 58 mm x 21 mm eingesetzt; da die Platten an den Ecken miteinander verlötet werden können, ist die mechanische Stabilität ausgezeichnet. Gleichzeitig wird eine elektrische Abschirmung der Schaltung nach außen hin erreicht. Die Konstruktion dieses übrigens auch recht billigen Gehäuses geht aus Bild 6 hervor.

Die Sprechtaaste ist ein Momenttaster mit zwei Umschaltkontakten, die für die Betriebsspannung und die Antenne benötigt werden. Zur Umschaltung der im Mustergerät enthaltenen zwei Kanäle (dafür sind vier Quarze erforderlich) dient ein Schiebeschalter, der ebenfalls zwei Umschaltkontakte besitzen muß. Der als Lautstärkeinsteller mitbenutzte Ein-Aus-Schalter ist eine handelsübliche Ausführung (2 x Ein-Aus-Ein mit Mittelstellung).

Die Verwendung von 8-Ω-Lautsprechern kann wegen der möglichen Überlastung und des schlechten Wirkungsgrades des Nf-Verstärkers bei zu niederohmiger Last nicht empfohlen wer-

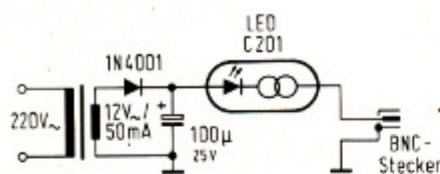
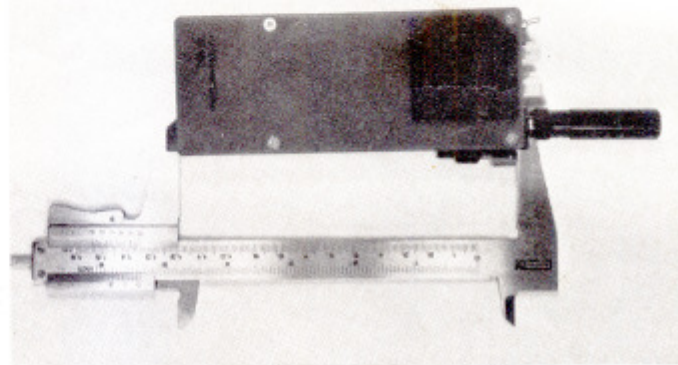


Bild 8. Bei Verwendung moderner Leuchtdioden mit eingebauter Konstantstromquelle reduziert sich der Aufwand für ein Akku-Ladegerät auf ein Minimum. Das Ladegerät wird einfach an die Antennenbuchse des Taschenfunksprechgeräts angeschlossen, so daß keine zusätzliche Ladebuchse erforderlich ist

Bild 7. Der Größenvergleich mit einer Schublehre zeigt die geringen Ausmaße des FUNKSCHAU-2-m-Mini (Foto: Leutmayr)



den. Die Lautsprecherimpedanz soll etwa zwischen 20 Ω und 40 Ω liegen; der Außendurchmesser darf bei der vorliegenden Gehäusekonstruktion 40 mm nicht überschreiten (Bild 7).

Tabelle 1 gibt an, wo die im Gerät verwendeten Spezialbauteile zu haben sind.

Der Abgleich

Hat man die Platine bestückt, kann der Abgleich beginnen. An Meßgeräten benötigt man dazu ein Hf-Wattmeter, das 100 mW noch sauber anzeigt und bei dem möglichst auch noch 10 mW ablesbar sind, und einen gut geschirmten Meßsender, der aber auch durch das Signal einer nicht zu stark einfallenden Relaisfunkstelle ersetzt werden kann. Auch ein Frequenzzähler leistet gute Dienste.

Mit ihm kann nämlich erst einmal die Sendefrequenz eingestellt werden; wegen der geringen Sendeleistung ist es ohne weiteres zulässig, ihn direkt mit dem Antennenanschluß zu verbinden, und durch Verdrehen von L6 zunächst einmal den Oszillator zum Schwingen zu bringen. Die günstigste Einstellung ist

dabei, wenn L6 so weit herausgedreht wird, bis der Oszillator gerade noch sicher anschwingt. L5 kann dann auf die gewünschte Sendefrequenz abgeglichen werden. Die Trimmer in Treiber und Endstufe werden mit Hilfe des Wattmeters einfach auf maximale Ausgangsleistung abgeglichen.

Wie schon eingangs erwähnt, ist es sinnvoll, den frequenzbestimmenden Widerstand im Tonrufoszillator nicht als Trimmer, sondern als Festwiderstand auszuführen; dieser muß meist Werte um 220 kΩ haben, um die gewünschte Frequenz von 1750 Hz zu erhalten. Abweichungen bis etwa ±40 Hz sind bei den meisten FM-Relaisfunkstellen ohne weiteres zulässig. Wer die automatische Tonruferzeugung mit dem Thyristor statt der Tonruftaste einbaut, kann die Tondauer mit dem am Gate des Thyristors befindlichen Elko ändern (für ihn genügt übrigens eine Spannungsfestigkeit von nur 3 V).

Der Abgleich des Empfänges ist fast noch einfacher: Zunächst schließt man den Frequenzzähler über einen Koppelkondensator von etwa 1 pF an den

Tabelle 1

Bezugsquellen

Leuchtdiode C 201 (Litronix): Fa. Neumüller, München
 Zf-Filter 455 kHz (Kennfarbe schwarz) und 10,7 MHz (Kennfarbe orange), Subminiatur-Ausführung: Fa. Conrad, Hirschau
 Keramische Scheibenkondensatoren, Min.-Ausf., und Akku Tr7/8: Fa. Bürklin, München
 Diese und alle anderen Spezialteile, wie Platinen, 20-Ω-Miniaturlautsprecher und Quarze, können einzeln oder als Bausatz von der Firma J. Frank-Elektronik, Wasserburger Landstr. 120, 8000 München 82, bezogen werden.

Tabelle 2

Einige technische Daten des Mustergeräts

Gehäuseabmessungen	146 mm x 58 mm x 21 mm
Gewicht (m. Akku)	ca. 250 g
Antennenanschluß	50-Ω-BNC-Buchse, gleichzeitig Ladeanschluß
Sendeleistung	100 mW
FM-Hub	max. 5 kHz
Nf-Ausgangsleistung	0,3 W an 20 Ω
Empfänger-Bandbreite	ca. 10 kHz/3 dB
Empfindlichkeit	< 0,3 µV/10 dB (S+N)/N
Stromversorgung	9-V-Batterie oder Akku (90mAh)
Stromverbrauch	Rauschsperrschalter geschlossen: 5,5 mA Rauschsperrschalter geöffnet: 7 mA Senden: 40 mA

Kollektor des Oszillatortransistors an und verdreht L3, bis der Quarz schwingt. Mit Hilfe des Meßsenders oder einer Relaisfunkstelle gleicht man nun einfach alle Kreise bis auf den Demodulatorkreis auf geringstes Rauschen und letzteren auf maximale Nf-Ausbeute ab. Ohne Eingangssignal wird dann das Rauschsperr-Trimmpoti so eingestellt, daß das Rauschen gerade eben verschwindet.

Sollten sich beim Schalten anderer Kanäle unerwünschte Frequenzabweichungen von Sende- oder Empfangs-Quarzen ergeben, so kann eine kleine Spule von wenigen Windungen, gewickelt auf einen Ferrit-Spulenker, Abhilfe schaffen, die zum jeweiligen Quarz in Serie gelegt wird.

Die wichtigsten technischen Daten des Mustergeräts nennt *Tabelle 2*.

Geeignete Antennen

Wegen des 50- Ω -Antennenanschlusses ist praktisch jeder Strahler mit Normanschluß brauchbar. Allerdings hat natürlich die geringe Größe des Taschenfunksprechgeräts nur dann einen Sinn, wenn auch die Antenne handliche Ausmaße besitzt, wie das etwa bei den heute sehr beliebten Wendelantennen der Fall ist. Nicht vergessen werden darf dabei natürlich, daß dann die Strahlungsleistung wegen der auftretenden Verluste nicht mehr 100 mW, sondern höchstens noch 30...50 mW beträgt.

Trotzdem ist auch mit einer Wendelantenne (deren Selbstbau übrigens in der FUNKSCHAU 1977, Heft 2, beschrieben wurde) zumindest über einige km (je nach Gegenstation und Ge-

lände) eine sichere Funkverbindung möglich.

Aufladen des eingebauten 9-V-Akkus

Über die Antennenbuchse kann der Akku wieder aufgeladen werden, ohne ihn aus dem Gerät entnehmen zu müssen und ohne eine zusätzliche Buchse zu verwenden. Die Schaltung in *Bild 8* liefert zu diesem Zweck einen Strom von etwa 10 mA, die Ladedauer beträgt bei vollständig entleertem Akku 14 Stunden. Da wegen der sehr flach verlaufenden Ladespannung eine automatische Endabschaltung nur schwer und schlecht reproduzierbar zu realisieren ist, wurde bewußt darauf verzichtet; immerhin schadet dem Akku aber auch eine zehnstündige Überladung mit I_{10} nicht.