

Der Transistor-Taschen-Super Telefunken TR1

Die Transistoren bieten infolge ihrer Kleinheit, Wirtschaftlichkeit, praktisch unbegrenzten Lebensdauer und ihrer Eignung, mit kleinen Betriebsspannungen zu arbeiten, ein ideales Bauelement für transportable Geräte, insbesondere für Koffer- und Taschenempfänger. Die Schwierigkeiten, die ursprünglich nur für Nf-Zwecke gedachten Transistoren auch für Hochfrequenz zu verwenden, sind jedoch nicht gering gewesen und es mußten erst umfangreiche Laboruntersuchungen durchgeführt werden, bevor der erste deutsche ausschließlich mit Transistoren bestückte Taschensuper serienreif war, so daß er in begrenzter Stückzahl für einen Großversuch gebaut werden konnte. — Der nachfolgende Aufsatz dürfte unsere Leser vor allem deshalb interessieren, weil er wohl erstmals in der deutschen Fachpresse die Bedingungen für den praktischen Entwurf eines solchen Gerätes ausführlich bespricht.

Von der bisherigen Röhren-Technik konnte für den Transistor-Taschensuper nur relativ wenig übernommen werden, da die Röhre einen Spannungsverstärker, der Transistor aber einen Leistungsverstärker darstellt. Wie das Schaltbild (Bild 4) zeigt, enthält das Gerät eine Mischstufe mit getrenntem Oszillator. An die Mischstufe schließt sich ein dreistufiger Zf-Verstärker an. Die Gleichrichtung geschieht mit Hilfe einer Golddraht-Germanium-Diode. Die am Lautstärke-Regler auftretende Nf-Spannung reicht aus, um den Nf-Transistor OC604 auszusteuern.

Die Funktion der einzelnen Stufen soll im folgenden kurz betrachtet werden.

Antennenkreis und Mischstufe

Die Empfangsenergie wird durch eine hochwertige Ferritantenne aufgenommen und dem Mischtransistor in die Basis eingespeist. Das Material der Ferritantenne wurde sorgfältig ausgewählt, so daß die Antenne trotz ihrer kleinen Abmessungen eine relativ große wirksame Fläche (Absorptionsfläche) hat. Zur Abstimmung dient das eine Paket des Zweigang-Drehkondensators von 2×180 pF. Die Ankopplung der Empfangsfrequenz an den Mischtransistor erfolgt nach starker Abwärtstransformation, da der Transistor einen kleinen Eingangswiderstand von einigen 100Ω hat. Das Übersetzungsverhältnis ist für optimale Anpassung gegeben durch

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{R_e}{R_{AR}}}$$

wobei R_e der Eingangswiderstand des Transistors, R_{AR} der Resonanzwiderstand der Antenne ist. Durch dieses Übersetzungsverhältnis wird der größtmögliche Strom von der Antenne an den Transistor geliefert. Mit



Bild 1. So klein ist der neue Transistor-Taschen-Super.'

Rücksicht auf möglichst kleines Rauschen ist jedoch bewußt ein etwas abweichendes Übersetzungsverhältnis gewählt worden.

Die Oszillatorfrequenz wird dem Mischtransistor über eine Kapazität von 3 nF in den Emitter zugeführt. Die entstehende Zwischenfrequenz von 270 kHz wird aus dem Kollektor über einen abgestimmten Kreis an den Zf-Verstärker gebracht.

Von großer Wichtigkeit für hohe Mischverstärkung und kleines Rauschen sind die richtige Einstellung des Arbeitspunktes und die Vermeidung von Gegenkopplungen für die Zf in den anderen beiden Elektroden (Emitter und Basis).

Der optimale Gleichstromarbeitspunkt (Emittergleichstrom etwa 0,25 mA) wird durch Festlegung der Basisvorspannung durch den Spannungsteiler 6,8k Ω /220k Ω und durch den Emitterwiderstand von 2,2 k Ω erreicht. Gegenkopplungen werden durch hinreichend große und induktionsarme Kondensatoren vermieden, die auch für die Zwischenfrequenz praktisch einen Kurzschluß darstellen. Mit einer solchen Mischstufe lassen sich Rauschwerte von etwa 10 kT₀ und sogar darunter erzielen.

Der Oszillator

Da die heute von Telefonen serienmäßig hergestellten Transistoren Grenzfrequenzen in der Größenordnung von etwa 800 kHz haben, der Oszillator dagegen bis fast 2 MHz einwandfrei schwingen muß, ergeben sich hier einige Schwierigkeiten. Bei der Grenzfrequenz findet bereits eine Phasendrehung zwischen Eingang und Ausgang von etwa 45° statt, die bei wachsender Frequenz zunimmt.

Um daher die für die Rückkopplung notwendige richtige Phasenlage über den gesamten Bereich von 770 bis 1900 kHz zu erzielen, ist es notwendig, in den Rückkopplungszweig einen entgegengesetzten Phasengang einzubauen. Als geeignet hat sich ein entsprechend kleiner Koppelkondensator von etwa 200 pF zum Emitter des Oszillators erwiesen. Man erreicht dadurch ein sicheres Schwingen über den ganzen Bereich und



Bild 2. Innenansicht des 6 - Transistoren - Taschen - Supers Telefonen TR 1, daneben die 22,5-V-Batterie

auch eine hinreichend gleichmäßige Amplitude der Oszillatorspannung, die dem Mischtransistor nach Heruntertransformation auf etwa 0,5 V in den Emitter zugeführt wird.

Es liegt die Frage nahe, warum man nicht eine selbstschwingende Mischstufe verwendet. Würde man beispielsweise dem Oszillator die Empfangsfrequenz in die Basis einspeisen, so fände bereits dort eine Mischung statt. Die entstehende Zf könnte man genau wie beim Mischtransistor dem Kollektor entnehmen. Eine solche Schaltung arbeitet auch tatsächlich einigermaßen brauchbar. Man hat jedoch von dieser Vereinfachungsmöglichkeit keinen Gebrauch gemacht, um die Dimensio-

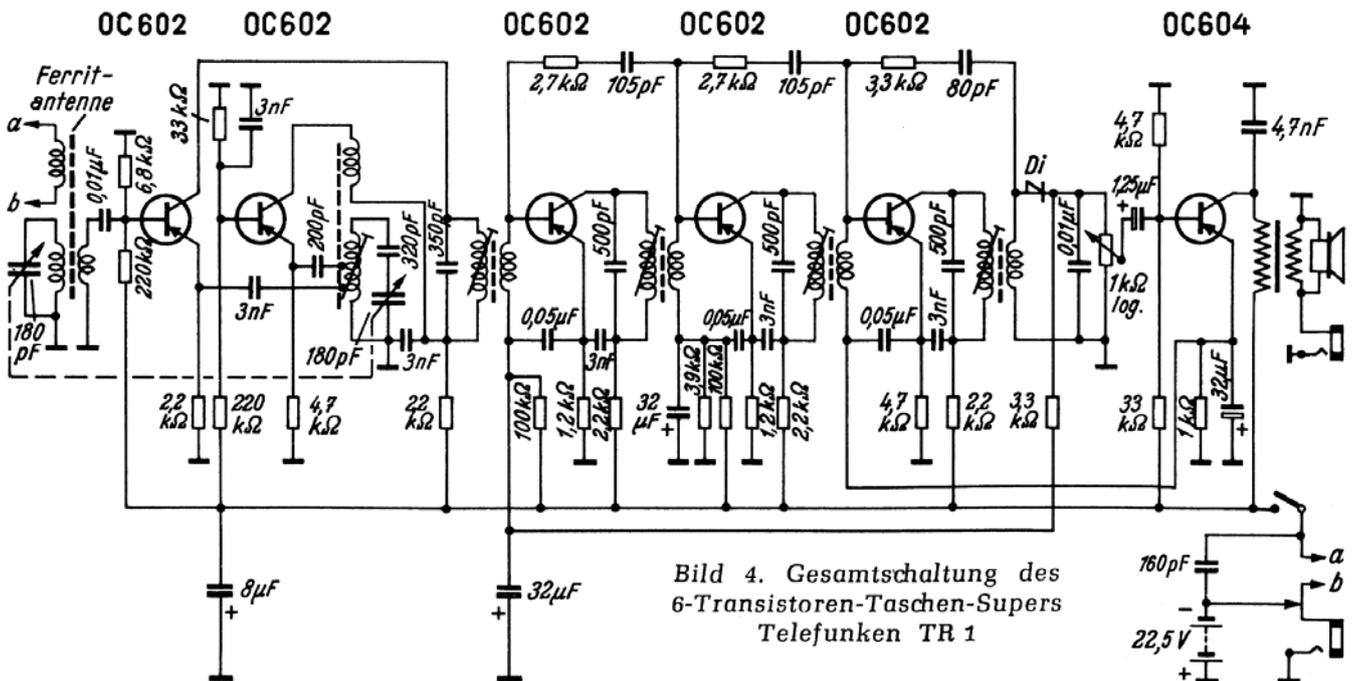


Bild 4. Gesamtschaltung des 6-Transistoren-Taschen-Supers Telefonen TR 1

nierung für beide Stufen unabhängig voneinander optimal zu gestalten.

Der Emitter - Ankoppelkondensator soll z. B. für die Mischstufe möglichst groß sein, für den Oszillator jedoch 200 pF betragen. Bei einer selbstschwingenden Mischstufe wäre ein Kompromiß notwendig (kleines C = schlechte Verstärkung und starkes Rauschen, großes C = schlechte Schwingeigenschaften). Durch geeignete Maßnahmen, wie Saugkreise und ähnliches, lassen sich diese Nachteile zwar vermeiden, doch ist die Trennung beider Funktionen der beste Weg, solange nicht ausgesprochene Hf-Transistoren auch serienmäßig hergestellt werden.

Der Zf-Verstärker

Für die Zf-Verstärkerstufen gibt es grundsätzlich zwei Schaltungsmöglichkeiten, und zwar

- a) die Basis-Schaltung,
- b) die Emitter-Schaltung.

Die Basisschaltung liefert bei tiefen Frequenzen die geringere Verstärkung. Diese Verstärkung bleibt jedoch bis in die Nähe der Grenzfrequenz angenähert gleich.

Die Emitterschaltung liefert bei tiefen Frequenzen eine wesentlich höhere Verstärkung, doch fällt die Verstärkung bereits beträchtlich früher ab. Die Grenzfrequenz in Emitterschaltung liegt bei $(1 - \alpha) \cdot f_a$. In dem Gebiet der gewählten Zf von 270 kHz liegen die Verstärkungen bei beiden Schaltungen etwa gleich.

Es wurde der Emitterschaltung der Vorzug gegeben, weil die Dimensionierung der Kreise günstiger, die Neutralisation einfacher und die Stabilität besser ist. Bei der Basischaltung liegt der Eingangswiderstand des Transistors sehr niedrig, der Ausgangswiderstand extrem hoch (etwa 1 M Ω und mehr). Der kollektorseitige Schwingungskreis soll jedoch für optimale Ausnutzung der möglichen Verstärkung einen so hohen Resonanzwiderstand haben, daß er durch den vorhergehenden und den auf den gleichen Wert herauftransformierten folgenden Transistor auf die gewünschte Bandbreite bedämpft wird. So hochohmige Kreise sind jedoch praktisch kaum verfügbar, so daß die theoretisch mögliche Verstärkung in Basis-Schaltung kaum ausgenützt werden kann.



Bild 3. Transistor-Taschen-Super Telefunken TR 1; links oben das Netzgerät

Bei der Emitterschaltung liegt der Eingangswiderstand etwa in der Größenordnung von ca. 700 bis 1000 Ω , der Ausgangswiderstand in der Größenordnung von 70 bis 100 k Ω , so daß hier diese Schwierigkeiten nicht bestehen. Infolge der notwendigen Leistungsanpassung muß also, entsprechend den angegebenen Widerstandswerten, von jeder Stufe auf die nächstfolgende etwa 10 : 1 heruntertransformiert werden.

Leider weist der Transistor eine Rückwirkung von der Ausgangsseite auf den Eingang auf. Dieser Effekt ist nicht nur für das Abstimmen der Kreise unangenehm, sondern es leidet darunter die Stabilität des Verstärkers, der unter Umständen sogar schwingen kann. Der Verstärker muß also neutralisiert werden¹⁾. Die Rückwirkung kann am einfachsten durch ein RC-Glied vom Ausgang auf den Eingang kompensiert werden, das einen der Rückwirkung gegenphasigen Strom auf den Eingang liefert. Die Gegenphasigkeit wird dadurch erreicht, daß von der Sekundärseite des Übertragers

¹⁾ Siehe: Die Neutralisierung einer mit einem Transistor bestückten Zf-Stufe, FUNKSCHAU 1956, Heft 4, Seite 141.

ausgegangen wird. Der für eine Neutralisierung richtige Wert des RC-Gliedes hängt von den Daten und damit vom Arbeitspunkt des Transistors ab. Größenordnungsmäßig kann man mit einer Rückwirkung im Transistor rechnen, die etwa einer Kapazität von 15 pF und einem Widerstand von 20 k Ω entspricht. Infolge der auf der Sekundärseite kleineren Spannung ist der Widerstand proportional dem Übersetzungsverhältnis (linear) zu verkleinern, die Kapazität zu vergrößern.

Die Gleichstromarbeitspunkte werden durch Festhalten der Basis-Spannungen durch Spannungsteiler und durch Widerstände in der Emitterzuleitung festgelegt. Die Widerstände in der Emitterzuleitung wirken ähnlich wie Katodenwiderstände bei Röhren; sie gleichen Streuungen der einzelnen Exemplare aus und bilden einen Schutz gegen Überlastungen.

Zum Zweck der automatischen Fadingregelung ist die Basis-Gleichspannung des ersten Zf-Transistors im Gegensatz zur 2. und 3. Zf-Stufe nicht fest, sondern sie wird in Abhängigkeit von der Trägeramplitude geändert. Die Regelspannung wird an der Diode parallel zum Lautstärkeregel abgegriffen und nach entsprechender Siebung dem Fußpunkt der Sekundärspule zugeführt.

Die Regelung ist sehr wirksam, da durch die Änderung des Arbeitspunktes eine Fehlanpassung des Transistors eingangs- wie ausgangsseitig auftritt, denn bei geändertem Arbeitspunkt ändert sich sowohl der Eingangs- wie der Ausgangswiderstand, so daß das Übersetzungsverhältnis beider Kreise dem geänderten Arbeitspunkt nicht mehr entspricht. Bandfilter wurden aus Raumgründen nicht verwendet, sie sind auch nicht notwendig, da einerseits bei der tiefen Zwischenfrequenz Kreise mit höherer Güte verwendet werden können und andererseits hier auch drei Zf-Stufen (gegenüber sonst zwei Stufen) vorhanden sind. Der dreistufige Zf-Verstärker liefert eine Verstärkung von etwa 90 dB.

Gleichrichtung und Nf-Stufe

Als Gleichrichter wurde eine Golddraht-Germaniumdiode verwendet, da diese Dioden einen besonders kleinen Innenwiderstand haben. Über einen Lautstärkeregel von 1 k Ω (der mit dem Ausschalter gekoppelt ist) wird die Nf dem letzten Transistor

zugeführt, der eine maximale Sprechleistung von etwa 22 mW abgibt. Der Lautsprecher hat infolge der kleinen Geräteabmessungen nur einen Membrandurchmesser von etwa 65 mm. Trotzdem ist die Wiedergabe erstaunlich gut, wenn sie auch nicht die Qualität erreicht, die das gleiche Gerät an einem größeren Lautsprecher zu bieten vermag.

Die Stromversorgung

Die Stromversorgung erfolgt normalerweise aus einer 22,5-V-Batterie. Die üblichen kleinen Schwerhörigen-Batterien haben sich als relativ unwirtschaftlich erwiesen. Bei der Stromaufnahme des Gerätes von etwa 5 bis 6 mA ließ sich damit eine Betriebsdauer von etwa 12 bis 15 Stunden erzielen. Es wurde daher zu einer etwas größeren Type gegriffen, die bei fast gleichem Preis über 70 Stunden Betrieb ermöglicht. Die damit leider verbundenen größeren Abmessungen wurden in Kauf genommen.

Darüber hinaus baute Telefunken als Zusatz noch ein kleines Netzgerät, das durch einfaches Einstecken in die Steckdose an der Wand befestigt wird und über eine dünne flexible Leitung 22 V an das Taschengerät liefert. Die Verbindung wird durch einen kleinen konzentrischen Stecker hergestellt, wodurch auch automatisch die Verbindung zur Batterie getrennt wird. Es wird dadurch ermöglicht, auf Reisen — z. B. in Hotelzimmern — die eingebaute Batterie zu schonen.

Weitere Möglichkeiten

Dieses Gerät stellt einen wichtigen Schritt in vollkommenes Neuland dar. Es läßt sich heute nur schwer abschätzen, wie diese Entwicklung in den nächsten Jahren weiterlaufen wird. Mit Sicherheit weiß man auf dem Gebiet der Transistor-Entwicklung schon heute, daß Transistoren für die verschiedenen Spezialzwecke hergestellt werden, wie beispielsweise Hf-Transistoren, Leistungstransistoren usw.

Auch die Zubehörindustrie dürfte in der nächsten Zeit in reicherer Auswahl Einzelteile herausbringen, die für Transistorgeräte speziell geeignet sind, genau wie die heute erhältlichen Teile für Röhrengeräte mit ihren größeren Abmessungen und höheren Betriebsspannungen entworfen wurden.

Dr. H. R. Schlegel