

# Empfängerschaltungen für die integrierte Technik

Die Hauptvorteile von Dünnschicht- und Mikroschaltkreisen in der Unterhaltungselektronik sind nicht die kleinen Abmessungen, sondern die weitgehend automatisierte Fertigung und die größere Zuverlässigkeit. Man würde hiermit nochmals einen Schritt machen, der etwa dem von der alten Einzelverdrahtung zur gedruckten und tauchgelöteten Schaltung entsprach. Nach anfänglichen sehr hohen Entwicklungskosten dürfte die integrierte Technik schließlich auch eine billigere Fertigung gegenüber den jetzigen Verfahren ergeben.

## Große Spulen und Kondensatoren sind hinderlich

In der herkömmlichen Empfängerschaltungstechnik lassen sich insbesondere die Zf-Schwingkreise mit Mitteln der Dünnschicht- oder Mikrotechnik nicht verwirklichen. Den größten Engpaß stellen dabei die Spulen dar. „Wickelgüter“, wie man heute zusammenfassend die Hf-Spulen und Nf-Übertrager, aber auch Roll- bzw. Wickelkondensatoren nennt, erfordern noch den meisten Aufwand an Maschinen, Arbeitszeit und Handarbeit. Deshalb lohnt es sich für die elektronische Industrie, neuartige Empfangsschaltungen zu entwerfen, bei denen Wickelgüter weitgehend eingespart werden. Die beiden von Gaßmann erläuterten Schaltungen haben deshalb vorwiegend das Ziel, Schwingkreise durch selektive RC-Glieder zu ersetzen, die sich weit besser in integrierter Schaltungstechnik herstellen lassen.

## Ein FM-Empfänger ohne Zf-Schwingkreis

Statt der üblichen Zwischenfrequenz von 10,7 MHz wird bei dem untersuchten Verfahren nach Bild 1 eine mittlere Zwischenfrequenz von nur 120 kHz benutzt. Bei einem Frequenzmodulationshub von 75 kHz im Sender schwankt dann der Wert der Zwischenfrequenz im Empfänger um  $120 \pm 75 = 45 \dots 195$  kHz, also im Verhältnis von mehr als 1 : 4. Für dieses Frequenzband ist es möglich, einen Zf-Verstärker zu verwenden, der ohne Schwingkreise arbeitet. Die Trennschärfe für diesen breiten Bereich wird lediglich durch RC-Filter erzielt. Diese Filter lassen sich in integrierter Technik zusammen mit den benötigten Transistorssystemen erzeugen. Die Schaltung arbeitet mit starker Amplitudenbegrenzung. Die erzeugten Rechteckimpulse werden zur Demodulation auf einen Kondensator gegeben. Der mittlere Strom durch den Kondensator ist dann dem Augenblickswert der Zf-Spannung proportional. Dies ergibt ohne Ratiometer und damit ohne Ratiometerpulvensatz unmittelbar die Nf-Spannung. Das Verfahren ist stereotüchtig, ein geeigneter Stereo-Decoder kann also eingefügt werden.

## Der Zf-Verstärker

Bild 2 zeigt die Schaltung des Zf-Verstärkers vom Mischer ausgang bis zum Nf-Eingang. Das RC-Tiefpaßfilter siebt zunächst das vom Mischer kommende Zf-Signal aus und unterdrückt die Empfangsfrequenz und die Oszillatorfrequenz. Darauf folgt ein

In zwei Vorträgen auf der Hannover-Messe 1966 behandelte G.-G. Gaßmann, Standard Elektrik Lorenz, die Möglichkeiten, durch besondere Schaltungsanordnungen Rundfunkempfänger zu schaffen, bei denen die einzelnen Baustufen weitgehend den neuen Herstellungsverfahren, wie Dünnschichttechnik und Mikroschaltkreistechnik, angepaßt werden können. Über diese Ausführungen wird im folgenden Beitrag berichtet.

dreistufiger galvanisch gekoppelter Zf-Verstärker. Er kann in dieser Form leicht als Halbleiterschaltkreis realisiert werden. Die galvanische Kopplung ergibt den zusätzlichen Vorteil, daß der Verstärker sehr gute Begrenzeigenschaften besitzt, weil keine störenden Zeitkonstanten vorhanden sind. Der Arbeitspunkt wird durch den Widerstand R1 vom Ausgang zum Eingang sta-

Vor dem Nf-Verstärker liegt nochmals ein RC-Tiefpaß, um die Tonfrequenz von der Zwischenfrequenz zu trennen. Der gesamte Zf-Verstärker enthält keinerlei Spulen und läßt sich in dieser Form gut in die integrierte Schaltungstechnik übersetzen.

## Der Hf-Eingangsteil

Die Hf-Vorstufe in Bild 3 besteht aus einer Kaskodeschaltung mit zwei Transistoren. Sie ist erforderlich, um die Rückwärts-

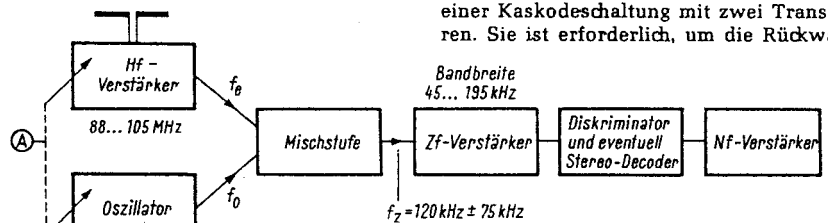
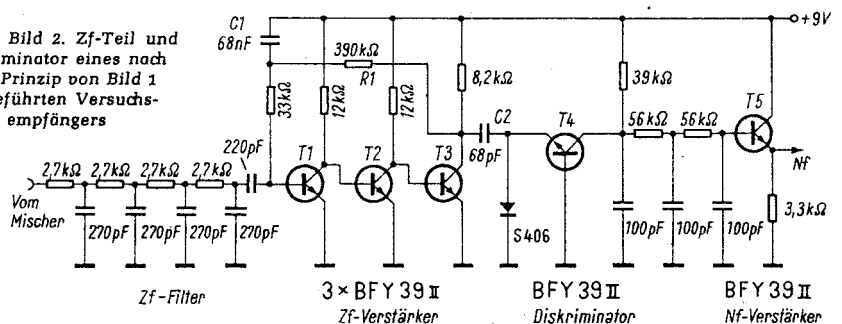


Bild 1. Prinzip der Frequenzmodulation mit niedriger Zwischenfrequenz; die Oszillatorfrequenz kann auch um 120 kHz unterhalb der Empfangsfrequenz liegen

Rechts: Bild 2. Zf-Teil und Diskriminator eines nach dem Prinzip von Bild 1 ausgeführten Versuchsempfängers



bilisiert. Dieser Widerstand bildet mit dem Kondensator C1 einen Tiefpaß. Er ist so bemessen, daß unterhalb 20 kHz eine starke Gegenkopplung auftritt, diese ergibt die untere Frequenzgrenze des Durchlaßbereiches des Verstärkers.

Als Demodulator dient der 68-pF-Kondensator C2 in Verbindung mit der folgenden Diode. Jeder positive Spannungssprung der Zf-Spannung lädt über die Diode den Kondensator auf. Bei jedem darauffolgenden negativen Sprung wird er über die Basis-Emitter-Strecke des Transistors T4 wieder entladen. Der mittlere Kollektorstrom des Transistors schwankt somit im Rhythmus der Modulation. Am Kollektor bildet sich unmittelbar die demodulierte Nf-Spannung aus.

Diese Demodulation mit Hilfe einer Kapazität ähnelt der in den Anfangszeiten des UKW-Rundfunks üblich gewesenen Flankendemodulation. Dabei wird jedoch nicht die S-förmig gekrümmte Flanke eines Schwingkreises, sondern die genau stetig verlaufende Frequenz-Widerstands-Kennlinie einer Kapazität verwendet. Die Demodulation erfolgt also sehr klirrar.

dämpfung der Oszillatorspannung zur Antenne möglichst groß zu machen, damit die Störstrahlbedingungen der Bundespost eingehalten werden. Da die Oszillatorfrequenz sehr nahe der Empfangsfrequenz liegt, würde der Schwingkreis allein nicht genügen, um Oszillatorspannungen für die Antenne zu unterdrücken.

Hf-Vorkreis und Oszillatorkreis werden im Modell je durch eine Kapazitätsdiode BA 110 durchgestimmt. Die Empfangsfrequenz wird an den Emitter, die Oszillatorfrequenz an die Basis des Mischtransistors geführt. Dadurch werden ebenfalls Empfangssignal und Oszillatorspannung relativ gut voneinander entkoppelt. Dies ist außerdem notwendig, damit der Oszillator nicht von zu starken Eingangsspannungen mitgezogen wird.

Da Eingangs- und Oszillatorfrequenz sehr nahe beieinanderliegen, wäre die Spiegelwellenselektion sehr schlecht. Das ist die grundlegende Schwierigkeit dieses Empfangsprinzips. Andererseits bringt jedoch gerade die niedrige Zwischenfrequenz von 120 kHz das Mittel zur Abhilfe. Angenommen, die Frequenz  $f_0 = 100$  kHz soll emp-

