

Ein transistorisierter Synchrodetektor

W. DAMM

Das auf dem UKW-Bereich bestehende Senderangebot bedeutet für einen FM-Empfänger einen hohen Aufwand im HF-, ZF- und Demodulatorteil, um einen brauchbaren Empfang auch von Sendern der Nachbarkanäle zu ermöglichen. Desgleichen sind Gleichkanalstörungen nicht ohne weiteres in den Griff zu bekommen.

Die hohen Empfindlichkeiten moderner Eingangsstufentransistoren ermöglichen den Empfang von Sendern, die bei der damaligen Planung nur zur regionalen Versorgung dienen.

Kreuzmodulationsstörungen, die in der Folgezeit ebenfalls durch die hohen Senderleistungen zunehmen, lassen sich durch geeignete Dimensionierung und Gestaltung des HF-Teils einigermaßen beherrschen. Die Trennschärfe jedoch kann ausschließlich im ZF- und Demodulatorteil des FM-Empfängers erhöht werden.

Die herkömmlich bekannte Lösung, die Bandbreite des ZF-Verstärkers zu verringern, befriedigt jedoch nicht, da dann bei Stereoempfang keine ausreichende Übersprechdämpfung zu erhalten ist und

Dimensionierung erfolgen. Eine Bedingung ist ein funktionsfähiger ZF-Verstärker mit mindestens 200 kHz Bandbreite und einer Verstärkung von 100 dB.

Die erste Stufe T_1 arbeitet als Begrenzer für 10,7 MHz mit geringem Emittierstrom und niedriger Kollektor-Emitterspannung. Die Basisschaltung erübrigt jegliche Neutralisation.

Zu beachten ist der niedrige Eingangswiderstand bei Ankopplung an den ZF-Verstärker.

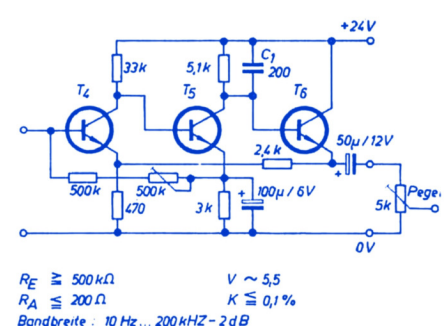
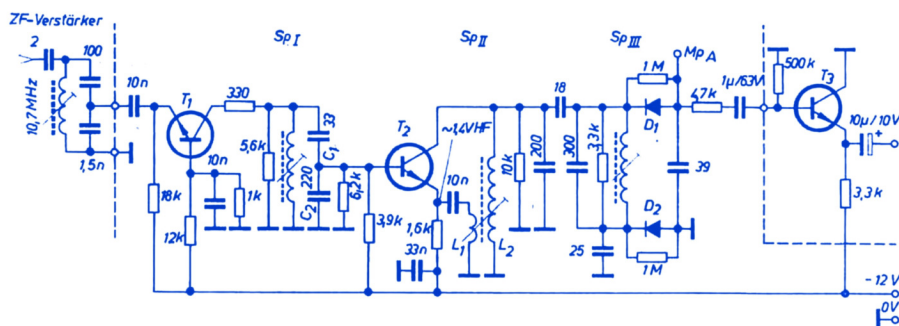
Der Kollektorkreis ist auf 12,84 MHz (5. Oberwelle des Oszillators) abgestimmt und bewirkt damit eine einwandfreie Mitnahme des auf 2,14 MHz abgestimmten Oszillators.

Am Ausgang der Oszillatorstufe mit T_2 ist ein einfacher Diskriminator mit den Dioden D_1 und D_2 angekoppelt, der eine ausreichend lineare Demodulationskennlinie besitzt und damit eine verzerrungsarme Modulation abgibt. Um gleiche Maxima der Demodulationskennlinie gegenüber f_0 (2,14 MHz) zu erhalten, müssen unbedingt gepaarte Dioden verwendet werden.

Tafel 1: Technische Daten

Sp I: 12,84 MHz 18 Wdg. 0,18 CuL	Sp II: 2,14 MHz L ₁ : 4 Wdg. 0,18 CuL L ₂ : 33 Wdg. 0,18 CuL
Sp III: 2,14 MHz 26 Wdg. 0,18 CuL	D ₁ , D ₂ : 2 GA 113
T ₁ : SF 131/132/136/137 B ~ 50...100 U _{CE} = 1,4 V I _E = 0,6 mA	T ₂ : SF 131/132/136/137 B ~ 50...100 U _{CE} = 7,4 V I _E = 2,9 mA
T ₃ : SF 215/216 B ~ 100...200 U _{CE} = 6 V I _E = 1,8 mA	T ₄ : SF 215/216 B ~ 100 U _{CE} = 4,4 V I _E = 500 μ A
T ₅ : SF 215/216 B ~ 100 U _{CE} = 6,6 V I _E = 2 mA	T ₆ : SF 215/216 B ~ 100 U _{CE} = 12 V I _E = 4 mA

Der Oszillator schwingt genau auf dem 5. Teil der Zwischenfrequenz. Das hat den Vorteil, daß ein Eindringen der Oszillatorfrequenz in den ZF-Verstärker nicht zu Störungen führt. Die dafür in Frage kommende 4. Oberwelle (10,7 MHz) hat eine zu geringe Amplitude. Eine be-



die Verzerrungen des NF-Signals zunehmen. Vom Verfasser wurden verschiedene Wege zur Lösung dieser Probleme beschritten, einschließlich zweier getrennter Mono/Stereo-12-Kreis-ZF-Verstärker mit anschließender stark begrenzender Impulzsüßschaltung. Auch mit dieser aufwendigen Schaltung wurden nicht die Ergebnisse erzielt, die die einfache Schaltung des transistorisierten Synchrodetectors aufweist. Das Prinzip des Synchrodetectors wurde schon vor längerer Zeit mit Röhrenbestückung verwirklicht. Die Konstanz des Oszillators ließ jedoch durch die Erwärmung zu wünschen übrig.

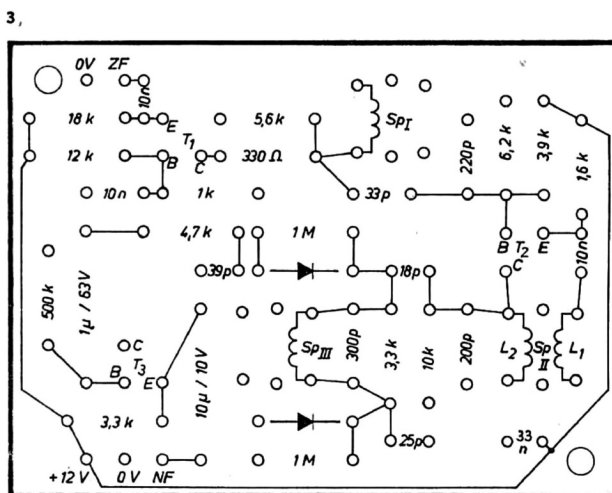
Schaltung (Bild 1)

Der Nachbau kann mit einem Vielfachmesser bei Beachtung der angegebenen

Bild 1: Schaltung des Synchrodetectors

Bild 2: Schaltung des Multiplexverstärkers

Bild 3: Leiterplatte für den Synchrodetektor



Sämtliche freien Punkte sind als Massepotential auszuführen

sondere Abschirmung des Demodulatorbausteins erübrigt sich damit.

Durch das Prinzip der Frequenzumsetzung 5:1 wird der vom Sender ausgestrahlte Frequenzhub von 75 kHz auf 15 kHz reduziert. Dies kommt der Linearität der Demodulation zugute. Als Nachteil ist die geringe abgegebene NF-Amplitude (etwa 250 mV_{eff}) durch die Verringerung des Hubes zu verzeichnen. Der Pilottonpegel liegt damit bei 25 mV_{eff} und reicht für viele Decodierschaltungen nicht aus. Aus diesem Grund wird im Bild 2 eine Schaltung zur Verstärkung des Multiplexsignals angegeben. Der Verstärker ist sehr stark gleich- und wechsellängungsmäßig gegengekoppelt und deshalb stabil und weitgehend verzerrungsfrei. Bei seiner Verwendung entfällt der Emitterfolger mit T₃ im Anschluß an den Diskriminator. Der Kondensator C₁ dient zur Unterdrückung der Schwingneigung bei hohen Frequenzen.

Aufbau und Inbetriebnahme

Der Synchrodetektor einschließlich Emitterfolger wurde auf einer 60 mm × 80 mm großen kaschierten Platte aufgebaut. Wichtig ist, daß nicht benötigte Flächen der Kupferschicht als Massepotential zusätzlich eingearbeitet werden. Die Spulen I, II und III wurden unter Verwendung der Vagant-FM-Filterkörper realisiert.

Nach dem Aufbau und dem Anschluß der Schaltung an die Betriebsspannung sind die angegebenen Spannungen und Ströme zu überprüfen. Das Schwingen des Oszillators kann am Emitteranschluß mit Vielfachmesser (Uni 7 o. ä.) unter Vorschaltung eines Trennkondensators kontrolliert werden.

Die Kerne der Spulen I bis III sind in Mittelstellung zu bringen. Der bereits einwandfrei arbeitende HF- und ZF-Teil ist genau auf einen Sender abzustimmen. Die Kontrolle darüber ist mit einem funktionsfähigen Demodulator bzw. mit einem am Ausgang des ZF-Verstärkers angekoppelten Vielfachmesser unter Verwendung einer HF-Diode durchzuführen. Der zum Abgleich verwendete Sender ist so zu wählen, daß ein Umspringen auf den Nachbarsender nicht eintritt.

Wechselseitig, beginnend mit Spule II und dann mit Spule III, ist am Ausgang des Demodulators Lautstärkemaximum einzustellen. Am Meßpunkt A wird anschließend der Nulldurchgang mit Spule III abgestimmt. Danach wird mit Spule II eine gleichmäßige Synchronisierungsschwelle nach beiden Seiten des Sendersignals eingestellt. Bei einwandfreien Arbeiten der Schaltung muß bei Verstärken des Empfangssignals in beiden Richtungen von f₀ aus die Oszillatorschwingung „abreißen“ und das NF-Signal verschwinden.

Danach wird der Empfänger auf einen verdrahteten Sender abgestimmt und Spule I auf beste Modulation am Ausgang eingestellt. Bei Bedarf kann eine Änderung der Synchronisierungsschwelle durch eine Änderung des Verhältnisses C₁ : C₂ erreicht werden. Danach ist jedoch der Oszillatorkreis wie beschrieben neu einzustellen.

Mit der angegebenen Schaltung lassen sich Sender im 100 kHz Abstand einwandfrei trennen. Auch Gleichkanalstörungen werden stark reduziert. Trotzdem ist die Bandbreite des Demodulators so groß, daß auch genügend Seitenfrequenzen des Nutzsignals, die bei Stereomodulation besonders wichtig sind, berücksichtigt werden. Die angegebene Schaltung ist ebenfalls allen herkömmlichen Demodulatoren in Bezug auf Signal/Rauschabstand überlegen. Der ZF-Verstärker kann deshalb in der Kreiszahl einfacher gestaltet werden und ist lediglich auf genügend große Bandbreite und optimalen Phasengang (Kopplungsfaktor der Filter ~ 0,7) zu dimensionieren, um schon hier das Auftreten von Verzerrungen zu vermeiden.

Für den Aufbau der angegebenen Schaltungen wurden ausschließlich billige Basteltransistoren verwendet.

Literatur

- [1] -tae-: Der Synchrodetektor als FM-Demodulator. radio und fernsehen 4 (1955), H. 15, S. 469
- [2] Taeger, W.: Der Synchrodetektor. radio und fernsehen 8 (1959), H. 1, S. 19
- [3] Moortgat-Pick, W.: Die Synchro-Detektor-schaltung jetzt in Hi-Fi-Geräten. Funkschau (1970), H. 12, S. 403; H. 13, S. 429