

Grundlagen der Empfangstechnik

Teil 1

Im ersten Teil der in dieser Ausgabe beginnenden Artikelserie „Grundlagen der Empfangstechnik“ beginnen wir mit der Beschreibung des Prinzips eines einfachen Geradeaus-Empfängers. Ergänzend hierzu wird ein leicht aufzubauender Mittelwellen-Geradeaus-Empfänger vorgestellt.

In den weiteren Ausgaben des „ELV journal“ folgt zunächst die Beschreibung eines Mittelwellen-Superhet-Empfängers mit ansehnlichen Empfangsdaten. Anschließend wird die Frequenzmodulation mit der dazugehörigen FM-Empfangstechnik beschrieben.

Allgemeines

Seit Inbetriebnahme der ersten Langwellen-Maschinensender zu Beginn dieses Jahrhunderts, hat sich in der HF-Empfangstechnik eine große Entwicklung vollzogen. Angefangen beim Detektor-Empfänger, deren wesentliches Bauelement eine einfache Kristalldiode darstellt, über den Geradeaus-Empfänger mit aktiver Verstärkung, bis hin zum heute aktuellen Superhet-Empfänger wollen wir die einzelnen Entwicklungsschritte übersichtlich in chronologischer Reihenfolge – einschließlich entsprechender Schaltbeispiele – beschreiben.

Die Schaltungstechnik

Abbildung 1 zeigt einen Detektor-Empfänger, wie er in den allerersten Anfängen der HF-Übertragungstechnik eingesetzt wurde.

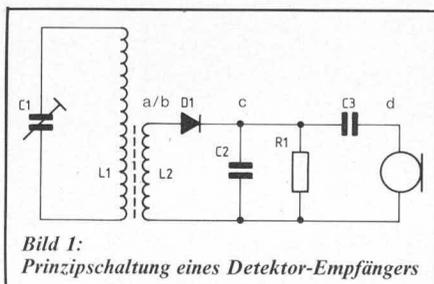


Bild 1: Prinzipschaltung eines Detektor-Empfängers

Die Spule L 1 stellt in Verbindung mit dem Kondensator C 1 den Eingangs-Empfangskreis dar. Diese wird auf die Frequenz des zu empfangenden Senders abgestimmt. Hierzu dient im allgemeinen der veränderliche Kondensator C 1, wobei in der Pionierzeit die Induktivität der Empfangsspule L 1 verändert wurde, durch unterschiedlich tiefes Eintauchen eines Ferritkerns.

Die aus wenigen Windungen bestehende, auf dem selben Ferritkern befindliche Spule L 2 dient zur dämpfungsarmen Auskopplung des empfangenen HF-Signals.

Bild 2a zeigt ein unmoduliertes HF-Träger-Signal, während in Bild 2b ein Amplitudenmoduliertes-Empfangssignal dargestellt ist (AM = Amplitudenmodulation).

Zur Demodulation eines AM-Signals wird die in Bild 1 gezeigte Diode D 1 eingesetzt. In Verbindung mit dem Siebglied R 1, C 2 wird daraus das NF-Signal gewonnen (Bild 2c). Mit C 3 wird der Gleichspannungsanteil entfernt, so daß am Schaltungspunkt

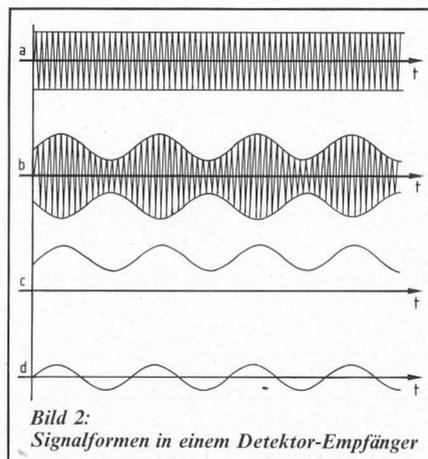


Bild 2: Signalformen in einem Detektor-Empfänger

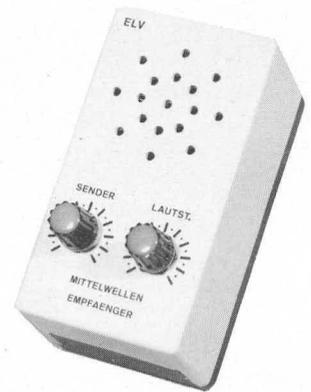
„d“ das in Bild 2d gezeigte NF-Signal ansteht, welches direkt auf einen hochohmigen Ohrhörer gegeben wird.

Die Schaltung besitzt keinerlei aktive Verstärkerelemente und benötigt deshalb auch keine Stromversorgung. Die gesamte, für den Ohrhörer bereitgestellte NF-Leistung wird aus dem HF-Empfangssignal gewonnen. Es ist leicht verständlich, daß aus diesem Grunde die Empfindlichkeit der Schaltung entsprechend gering ist und nur Sender empfangen werden können, die sich in einem kleineren Umkreis befinden. Im allgemeinen beschränkt sich der Empfang auf den Ortssender.

Eine deutliche Verbesserung der Empfangseigenschaften ergibt sich durch Hinzufügen eines aktiven Verstärkers. Dies wurde möglich durch die Entwicklung von Elektronen-Röhren in den 30er Jahren.

In Bild 3 ist ein entsprechender Geradeaus-Empfänger dargestellt, der auf dem Detektor-Empfänger aufbaut. Daß hierbei keine Röhren mehr eingesetzt werden, versteht sich im Zeitalter der hochintegrierten Halbleitertechnik von selbst. Am Prinzip ändert dies jedoch nichts.

Die Funktion der Bauelemente C 1 bis C 3, L 1, L 2, D 1 und R 1 entspricht exakt der in Bild 1 gezeigten. Zusätzlich finden wir im Eingangskreis den Kondensator C 4, der zur Eingrenzung des Abstimmereiches des Drehkondensators C 1 dient. Hierdurch ergibt sich ein gewisser Lupeneffekt, so daß der übliche Mittelwellen-Empfangsbereich von 560 kHz bis 1,6 MHz über



den gesamten Drehbereich von C 1 verteilt ist.

Anstelle des Ohrhörers wird jetzt das über C 3 ausgekoppelte NF-Signal auf einen 4stufigen NF-Verstärker gegeben, der aus den Operationsverstärkern OP 1 bis OP 4 mit Zusatzbeschaltung besteht.

Die ersten 3 Stufen sind identisch aufgebaut. Mit R 2, R 3 wird der Arbeitspunkt festgelegt, wobei die Signaleinkopplung über C 3 auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP 1 erfolgt. Die Wechselspannungsverstärkung wird durch das Widerstandsverhältnis $(R 4 + R 5) : R 5$ festgelegt und beträgt in unserem Fall ca. 30 dB (ca. 30fach). C 6 dient zur Schwingneigungsunterdrückung und -begrenzung der oberen Übertragungsfrequenz, während C 7 eine Gleichspannungsentkopplung vornimmt.

Anschließend gelangt das NF-Signal auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP 2. Am Ausgang wird das NF-Signal über C 8 auf das Poti R 8 zur Lautstärke-einstellung gegeben. Es folgt die dritte mit OP 3 und Zusatzbeschaltung aufgebaute Verstärkerstufe, an deren Ausgang sich gleichspannungsmäßig der Endstufentreiber OP 4 anschließt.

Die Gegentaktendstufe, bestehend aus T 1 und T 2 mit Zusatzbeschaltung, wird direkt vom Ausgang des OP 4 angesteuert. Insgesamt erfolgt hier eine 2fache Verstärkung. Die Endstufe selbst ist so dimensioniert, daß sie zum Anschluß eines kleinen Mittelohm-Lautsprechers mit einer Impedanz von 40 bis 50 Ω geeignet ist. Hierdurch ergibt sich ein besonders stromsparender Betrieb, und die Schaltung kann ohne weiteres mit einer 9V-Block-Batterie gespeist werden. Die maximale Ausgangsleistung liegt bei ca. 200 mW.

Die Einstellung auf einen bestimmten Sender erfolgt durch Verändern des Drehkondensators C 1, indem der Empfangsschwingkreis mit seiner Resonanzfrequenz auf die Frequenz des zu empfangenden Senders abgestimmt wird. Die Lautstärke-einstellung erfolgt mit dem Potentiometer R 8.

Wie wir gesehen haben, unterscheiden sich die beiden Schaltungen aus Bild 1 und Bild 3 im wesentlichen durch das Nachschalten

eines NF-Verstärkers, um auch kleine Signalspannungen hörbar zu machen. Eine weitere Steigerung der Empfangsleistung läßt sich erreichen, indem nicht allein das NF-Signal nach der Demodulation durch D 1 verstärkt wird, sondern vorher eine Verstärkung des kompletten HF-Empfangssignals erfolgt.

Hierzu wird zwischen die Schaltungspunkte „A“ und „B“ eine HF-Vorstufe eingefügt, die in Bild 3 in der gestrichelten Umrandung gezeigt ist.

Das HF-Empfangssignal gelangt über C 16 auf die Basis des Eingangstransistors T 3 des Typs BF 199. Der Gleichstromarbeitspunkt wird mit den Widerständen R 18 und R 19 in Verbindung mit dem Emitter-Widerstand R 21 eingestellt. An R 20 fällt die verstärkte HF-Spannung ab, die anschließend über C 18 auf die zweite, identisch aufgebaute Verstärkerstufe gelangt. Danach wird das Signal über C 20 auf die Demodulations-Diode D 1 gegeben. Hier erfolgt die Demodulation in der bereits beschriebenen Weise, wobei das zur Verfügung stehende Signal um ca. 50 dB größer ist. Wir befinden uns dadurch in einem bereits etwas steileren Kennlinienbereich der Demodulordiode, und das an C 2 anstehende NF-Nutzsignal ist noch größer als durch die reine Verstärkung mit T 3 und T 4. Ggf. muß die Verstärkung der nachgeschalteten NF-Stufen herabgesetzt werden, indem die Widerstände R 5, R 7, R 12 ca. um den Faktor 3 vergrößert werden. Zwar wird hierdurch die Gesamtverstärkung wieder auf einen ähnlichen Wert gebracht, jedoch ergibt sich der Vorteil eines höheren Signal-/Rauschabstandes durch die vorherige Verstärkung des HF-Empfangssignals.

Insgesamt können mit der so aufgebauten Empfängerschaltung bereits gute Empfangsergebnisse erzielt werden. Wesentliche

Voraussetzung ist allerdings der Anschluß einer Antenne an dem Platinenanschlußpunkt „c“ (im einfachsten Fall reichen einige Meter Draht aus). Abschließend wollen wir auf die Beschreibung des Nachbaus eingehen.

Zum Nachbau

Die Bestückung der Platine, auf der sämtliche Bauelemente Platz finden, erfolgt in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes.

Zuerst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Der Ferritstab mit den beiden darauf aufgetragenen Spulen L 1 und L 2 besitzt einen Sockel und wird zuletzt eingelötet.

Der Mittelanschluß auf der Unterseite des Drehkondensators C 1 muß mit der Schaltungsmasse (Punkt „d“) verbunden werden.

Die auf dem Ferritstab verschiebbaren Spulen L 1 und L 2 müssen ungefähr in der Mitte des Ferritstabes fixiert werden. Durch die Verschiebung kann der Empfangs-Frequenzbereich etwas verlagert werden.

Verzichtet man zunächst auf die HF-Vorstufe, können die Bauelemente R 18 bis R 26, R 28, C 16 bis C 20, C 24 sowie T 3 und T 4 ersatzlos entfallen. Die Platinenanschlußpunkte „A“ und „B“ werden über eine Drahtbrücke direkt miteinander verbunden.

Nachdem die Schaltung getestet wurde, kann die HF-Vorstufe nachgerüstet und die Brücke von „A“ nach „B“ entfernt werden. In diesem Fall empfiehlt es sich, den Wert der Widerstände R 5, R 7, R 12 um ca. das Dreifache zu erhöhen.

Die Stromaufnahme der gesamten Schaltung liegt im Leerlauf bei ca. 20 mA.

Stückliste: Mittelwellen-Geradeaus- Empfänger Widerstände

10 Ω	R 16, R 17
1 k Ω	R 25, R 28
2,2 k Ω	R 15
3,3 k Ω	R 5, R 7, R 12
4,7 k Ω	R 20, R 26
10 k Ω	R 1, R 13, R 14, R 21, R 24
100 k Ω	R 2-R 4, R 6, R 9-R 11, R 18, R 19, R 22, R 23, R 27, R 29
10 k Ω , Poti, 6 mm Achse	R 8
10 k Ω	R 5*, R 7*, R 12*

Kondensatoren

100 pF	C 4
220 pF	C 6, C 9, C 12
1 nF	C 2
47 nF	C 3, C 16-C 20
1 μ F/16 V	C 7, C 8, C 10, C 13, C 14, C 21, C 22
10 μ F/16 V	C 23
47 μ F/16 V	C 11
100 μ F/16 V	C 15, C 24
50-500 pF, Trimmer	C 1

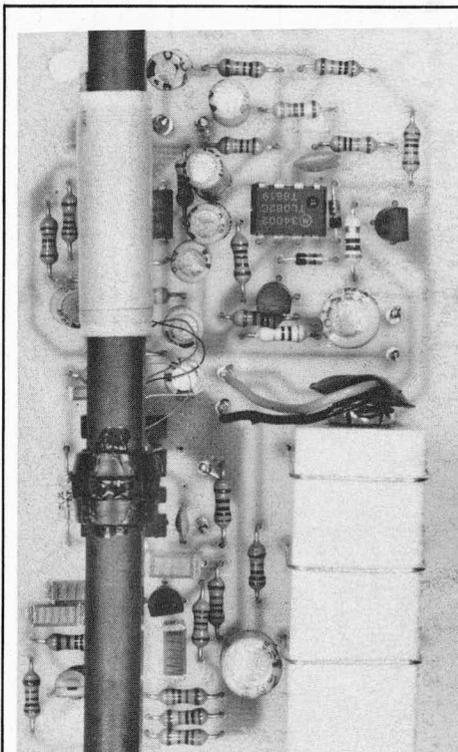
Halbleiter

TL 082	IC 1, IC 2
BC 337	T 1
BC 327	T 2
BF 199	T 3, T 4
1 N 4148	D 2, D 3
AA 118	D 1

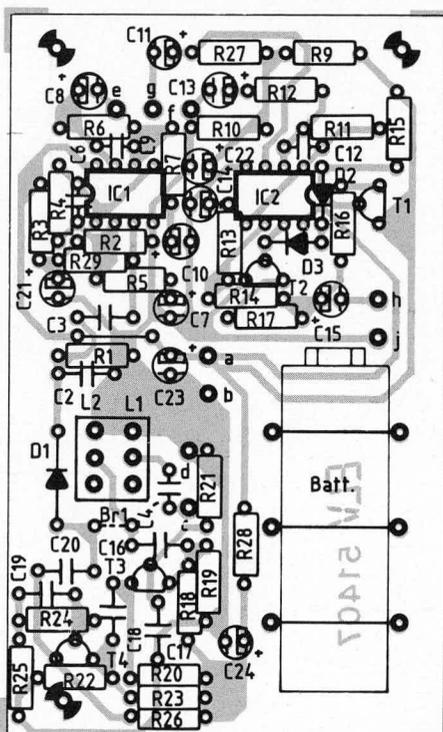
Sonstiges

Ferritantenne	L 1, L 2
Lautsprecher, 45 Ω	LS 1
6 Lötstifte	
1 9 V-Batterieclip	
60 cm flexible Leitung	
2 Spannzangenknöpfe 14 mm \varnothing	

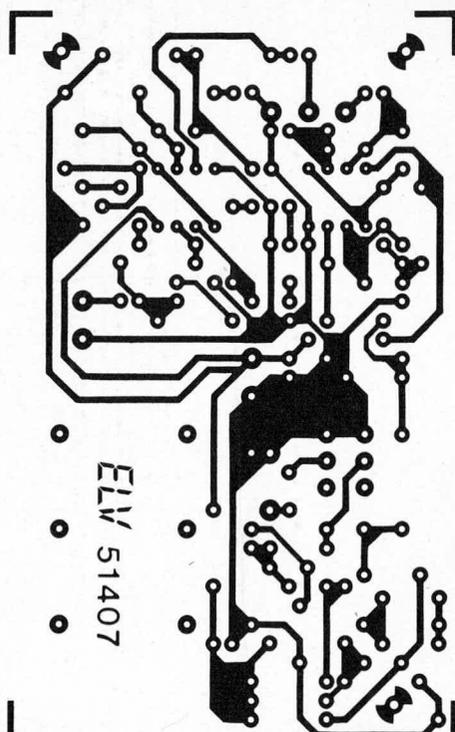
* siehe Text



Ansicht des fertig aufgebauten Geradeaus-Empfängers



Bestückungsseite der Platine des Geradeaus-Empfängers



Leiterbahnseite der Platine des Geradeaus-Empfängers