

# High-Quality-Funk-Fernschaltssystem

**Zur Erhöhung der Reichweite des im „ELVjournal“ 4/96 vorgestellten Fernschaltsystems steht ein High-Quality (HQ)-Empfängerbaustein zur Verfügung, der pin-kompatibel zum Standard-Empfänger ist. Neben dem HQ-Empfänger stellen wir ein AM-Sendemodul vor, das zusammen mit dem HQ-Empfängerbaustein (auch unabhängig vom Fernschaltssystem) ein HF-Datenübertragungssystem mit einer Reichweite von über 100 m bildet.**

Sende-Empfangsmodule recht hohe Reichweite von über 100 m wird zum einen senderseitig durch eine äquivalente Strahlungsleistung von ca. 1 mW realisiert und zum anderen durch die ausgezeichnete Empfindlichkeit des HQ-Superhet-Empfängers.

Unabhängig von vorstehend beschriebenen Anwendungen lässt sich der HQ-Empfängerbaustein in der FM-Version auch in Verbindung mit dem ELV-5-Kanal-Handsender und dem entsprechenden FM-Sendemodul einsetzen. Somit stehen verschiedene HF-Datenübertragungssysteme zur Verfügung, die je nach Anforderungen für vielseitige Anwendungen der drahtlosen Datenübermittlung eingesetzt werden können, sei es zum Funk-Fernschalten oder für Telemetrie-Aufgaben.

## HQ-Empfänger: Blockschaltbild

Abbildung 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines Superhet-Empfängers mit folgenden Komponenten:

- Empfangsantenne (1)
- selektive Vorstufe (2)
- Oszillator (3)
- Mischstufe (4)
- ZF-Filter (5)
- ZF-Verstärker (6)
- Demodulator (7)
- NF-Verstärker (8)

Da es sich bei einem HF-Datenübertragungssystem ausschließlich um die Über-

## Allgemeines

Dieser neue von ELV entwickelte High-Quality-Empfangsbaustein arbeitet nach dem Superhet-Verfahren auf der Empfangsfrequenz von 433,92 MHz.

Als Besonderheit besitzt das Modul sowohl einen AM- als auch einen FM-Demodulator, so daß es ohne große konstruktive Änderungen möglich war, 2 weitgehend identische Empfänger anzubieten, von denen die Version 1 als AM- und die Version 2 als FM-Empfänger arbeitet und das jeweils mit der ausgezeichneten Empfangsempfindlichkeit von 1,5 µV (im 50Ω-System).

In der AM-Version ist dieses HQ-Empfangsmodul direkt austauschbar (da pin-kompatibel) zum Standard-Empfänger, der in dem neuen 8-Kanal-Funk-Fernschalt-System von ELV Einsatz findet. Dabei bietet der HQ-Empfänger eine Verdoppelung der Reichweite von 30 m auf 60 m.

Eine noch größere Reichweite, die im Freifeld bei ca. 125 m liegt, läßt sich mit dem HQ-Empfangsmodul in Verbindung mit dem ebenfalls hier vorgestellten AM-Sendemodul erreichen. Die für Kompakt-

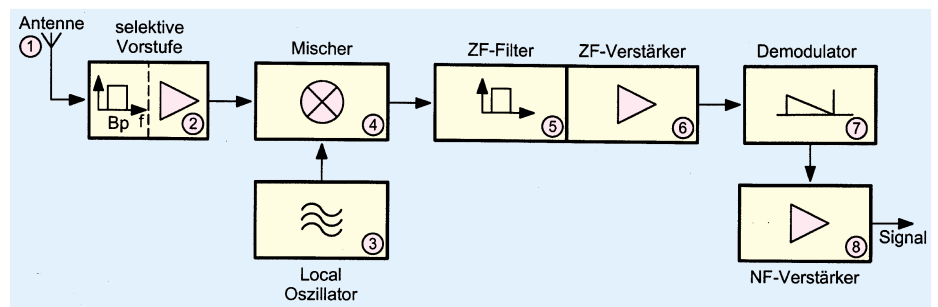


Bild 1: Grundsätzlicher Aufbau eines Superhetempfängers

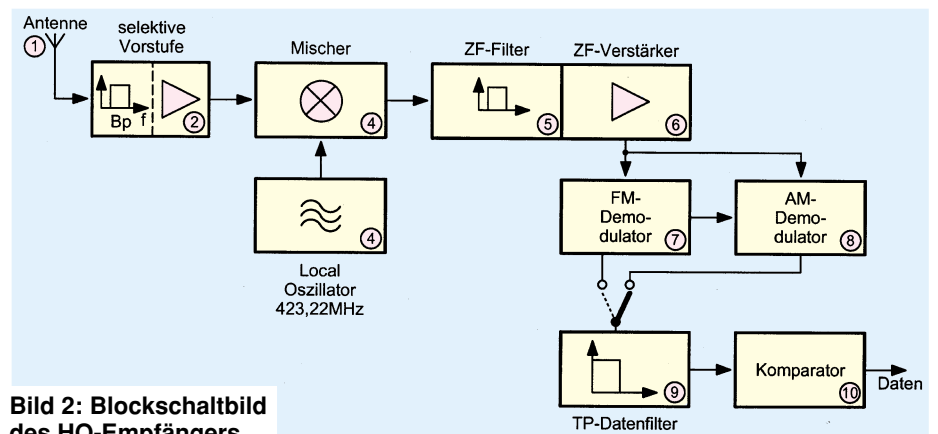


Bild 2: Blockschaltbild des HQ-Empfängers

### Technische Daten: HQ-Empfangsmodul

Empfangsfrequenz: ..... 433,92 MHz  
 Empfangsprinzip: ..... Superhet  
 Zwischenfrequenz: ..... 10,7 MHz  
 Empfangsantenne: ..... 170mm-Drahtantenne  
 Datenausgang: ..... digital, 0 V/Ub  
 Versorgungsspannung: ..... 7 bis 12 V  
 Stromaufnahme: ..... max. 15 mA  
 Abmessungen: ..... 52,3x20,3x8,5 mm  
 Reichweite (mit AM-Sendemodul):  
 bis 125 m Freifeld  
 Datenrate: ..... 4 kBit/s

### Technische Daten: Low-Cost-Empfangsmodul

(Beschreibung siehe „ELVjournal“ 4/96)

Empfangsfrequenz: ..... 433,92 MHz  
 Empfangsprinzip: ..... Regenerativ-Empfänger  
 Empfangsantenne: ..... Leiterschleife  
 Datenausgang: ..... digital, 0 V/Ub  
 Versorgungsspannung: ..... 8 bis 10V  
 Stromaufnahme: ..... max. 2 mA  
 Abmessungen: ..... 43,6x17,9x4,8 mm  
 Reichweite (mit AM-Sendemodul):  
 bis 50 m Freifeld  
 Datenrate: ..... 4 kBit/s

### Technische Daten: AM-Sendemodul

Sendefrequenz: ..... 433,92 MHz  
 Stabilisierung: Oberflächenwellenfilter  
 Äquiv. Strahlungsleistung: ..... 1 mW  
 Sendeantenne: ..... Leiterschleife  
 Modulation: ..... AM  
 Modulationseingang: TTL-kompatibel  
 Versorgungsspannung: ..... 7 bis 12V  
 Stromaufnahme: ..... Stand-by < 10nA  
 Sendebetrieb max. 45 mA  
 Abmessungen: ..... 59x23x8 mm  
 Aktivierung des Moduls: . automatisch,  
 durch Anlegen von Sendedaten

mittlung digitaler Daten handelt, ist das Blockschaltbild gemäß Abbildung 1 um weitere Schaltungskomponenten zu ergänzen. Das vollständige Blockschaltbild des HQ-Empfängers zeigt Abbildung 2.

Die Empfangsantenne (1) ist aufgrund ihrer Länge von 17 cm, was  $\lambda/4$  entspricht, bereits auf die Empfangsfrequenz von 433 MHz abgestimmt. Sie nimmt das HF-Signal auf und ist an die selektive Vorstufe (2) gekoppelt. Diese hat die Aufgabe, nur die Empfangsfrequenz aus dem an der Antenne anstehenden Frequenzgemisch auszufiltern und diese im Signalpegel anzuheben. Der Lokaloszillator (3) erzeugt ein Signal, das um die Zwischenfrequenz tiefer in der Frequenzlage ist als die Empfangsfrequenz, also 423,22 MHz.

**Bild 3: Schaltbild des Empfangsmoduls**

Beide Signale, Antennen- und Oszillatorsignal, gelangen auf die Mischstufe (4). Die dort entstehende Zwischenfrequenz von 10,7 MHz wird durch das ZF-Filter ausgefiltert (5) und verstärkt (6).

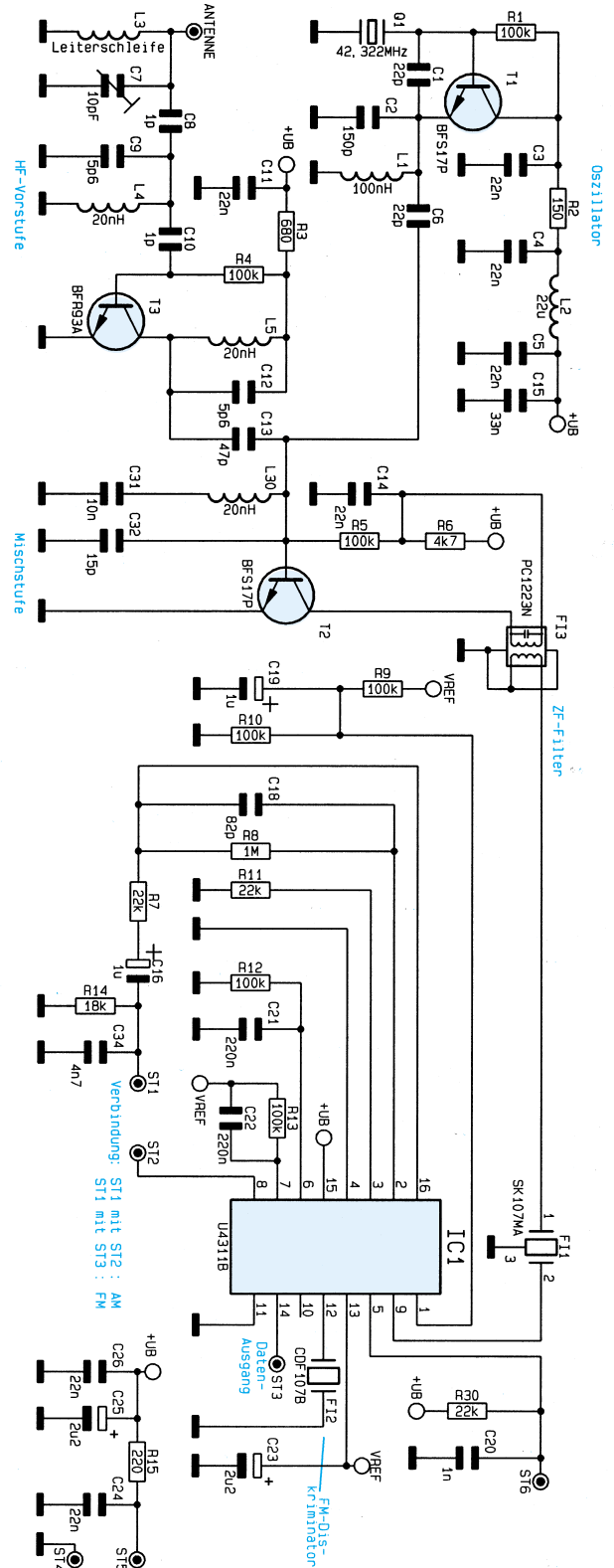
Die ZF-Spannung gelangt auf zwei Demodulatoren, den FM-Demodulator (7) und den AM-Demodulator (8). Je nach Ausführung (Version 1: AM oder Version 2: FM) wird die NF vom entsprechenden Demodulator abgegriffen.

Damit eine Datenrückgewinnung erfolgen kann, wird die demodulierte Spannung über ein Datenfilter (9) geführt, das Störsignale ausblendet. Der Komparator (10) formt aus der NF-Spannung das rückgewonnene Datenpaket. Damit ist die Funktion dieses Empfangsmoduls erläutert, und wir wenden uns der Schaltungstechnik zu.

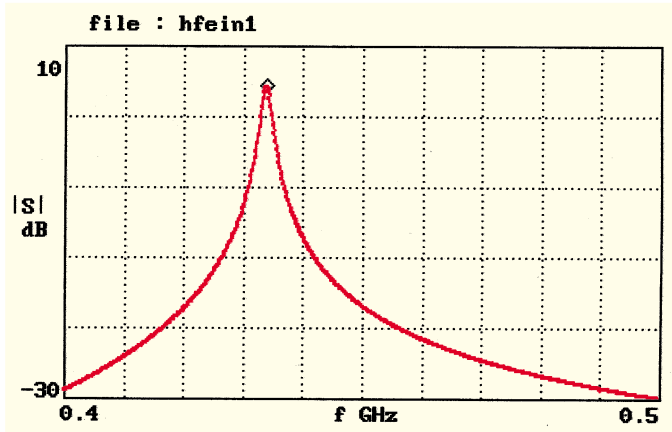
### HQ-Empfänger: Schaltung

Abbildung 3 zeigt das Schaltbild des Empfangsmoduls. Die Spulen L 3 und L 4 sowie C 7 bis C 9 bilden das Bandpaßfilter, das die Empfangsfrequenz von 433,92 MHz aus dem aufgenommenen Frequenzgemisch ausfiltert. Der in Emitterschaltung betriebene HF-Transistor T 3 verstärkt dieses Signal, die Auskopplung geschieht über C 13. Das Eingangsverhalten der Vorstufe ist als Simulation in Abbildung 4 wiedergegeben.

Um die Oszillatorfrequenz von 423,22 MHz quartzgenau zu erzeugen, greift diese Schaltung auf einen Trick zurück. Ein



Quarzoszillator schwingt auf 42,322 MHz. Die dabei ebenfalls entstehenden Oberwellen zeigt Abbildung 5. Das dargestellte Spektrum reicht von 0 bis 500 MHz. Die mit dem Kreuz markierte Frequenz von 42,322 MHz ist die Grundschwingung. Alle weiteren Spektrallinien stellen Oberschwingungen dazu dar, d. h. der Abstand beträgt 42,322 MHz. Die letzte dargestellte Oberschwingung mit 423,22 MHz wird als Oszillatorfrequenz genutzt.

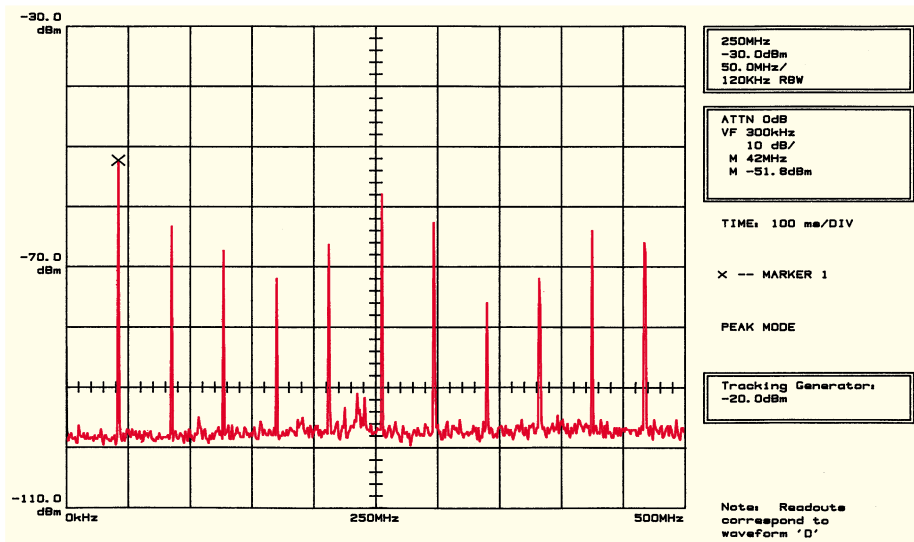


**Bild 4:**  
Eingangs-  
verhalten der  
HF-Vorstufe

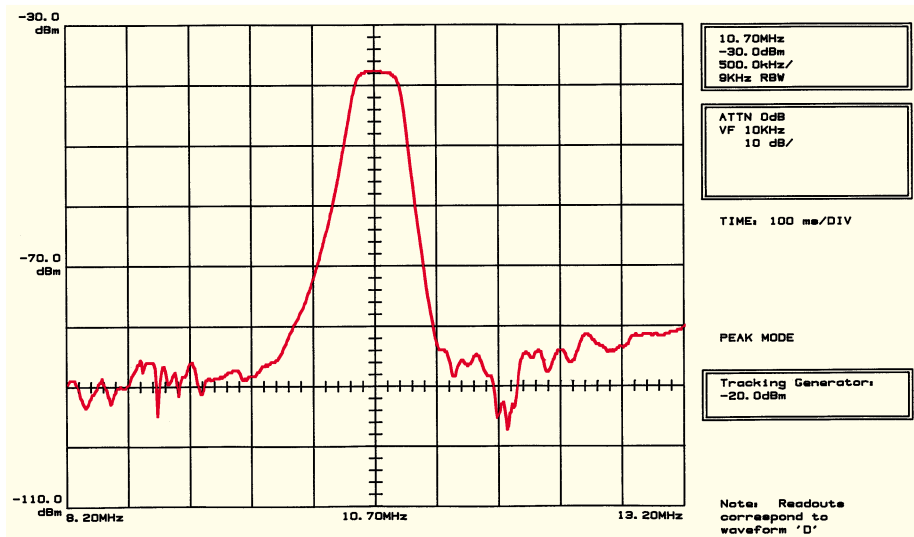
Das über C 6 ausgekoppelte Oszillatorsignal und die über C 13 ausgekoppelte Empfangsfrequenz gelangen zunächst auf den auf 433 MHz abgestimmten Parallelkreis L 30/C 32. C 31 nimmt eine Gleichspannungsentkopplung vor. An dieser Stelle werden gezielt Oszillatorsignal und Empfangsfrequenz ausgefiltert.

T 2 mit Pheripherie bildet die Mischstu-

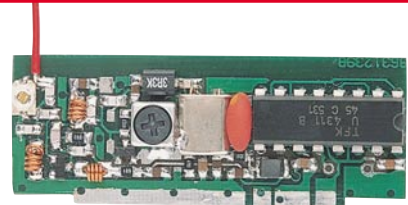
fe, an der Eingangskennlinie des Transistors findet die additive Mischung statt. Der im Kollektorkreis liegende Parallelschwingkreis FI 3 ist auf die Zwischenfrequenz von 10,7 MHz abgestimmt, das nachgeschaltete Keramikfilter FI 1 sorgt für eine weitere ZF-Filterung. Abbildung 6 zeigt das Übertragungsverhalten des Keramikfilters.



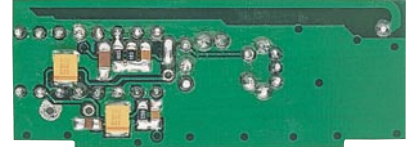
**Bild 5:** Ausgangssignal des Quarzoszillators



**Bild 6:** Durchlaßkurve des Keramikfilters



**Bestückungsseite  
des Empfangsmoduls**



**Lötseite des Empfangsmoduls**

Alle weiteren, im Blockschaltbild (Abbildung 2) mit (6) bis (10) bezeichneten Schaltungskomponenten sind im TEMIC-Baustein U4311B vereinigt. Dieser, speziell für Fernsteueraufgaben designte Chip, zeichnet sich u. a. durch folgende Leistungsmerkmale aus:

- einsetzbar sowohl für AM- als auch für FM-modulierte Signale
- geringer Stromverbrauch
- großer Betriebsspannungsbereich von 3 bis 13V
- speziell für 10,7 MHz optimierter ZF-Verstärker
- interner OPV für die Realisierung eines Datenfilters
- interner Komparator mit amplitudenabhängiger Hysterese

In Abbildung 7 ist die Innenschaltung dieses ICs dargestellt. An Pin 8 und Pin 14 stehen die Signale des AM- und des FM-Demodulators zur Verfügung. Beide Demodulatoren besitzen Stromquellenausgänge, so daß durch die Beschaltung mit R 14 der Innenwiderstand der entsprechenden Spannungsquelle festgelegt wird. Die Detailschaltung in Abbildung 8 zeigt die Schaltung des mit Hilfe des internen OPV (9) realisierten Datenfilters, in Abbildung 9 ist die Übertragungsfunktion zu sehen.

Dem Datenfilter kommt bei der Übertragung digitaler Daten besondere Bedeutung zu. Es ist ein Kompromiß zwischen maximaler Nutzfrequenz und dem S/N-Verhältnis und somit der Reichweite zu finden. Eine höhere Übertragungsfrequenz bedeutet eine größere Systembandbreite und deshalb mehr Beeinflussung durch Rauschen.

Das Datenfilter des ELV-Empfängers besitzt eine untere Grenzfrequenz von 4 Hz und eine obere Grenzfrequenz von 2 kHz. Dies bedeutet, daß eine Übertragungsrate von 4 kBit/s noch problemlos realisierbar ist. Weiterhin weist das Datenfilter eine Bandpaßcharakteristik auf. Die untere Grenzfrequenz dient zur Unterdrückung von DC- und niederfrequenten AC-Komponenten.

Das gefilterte und verstärkte NF-Signal

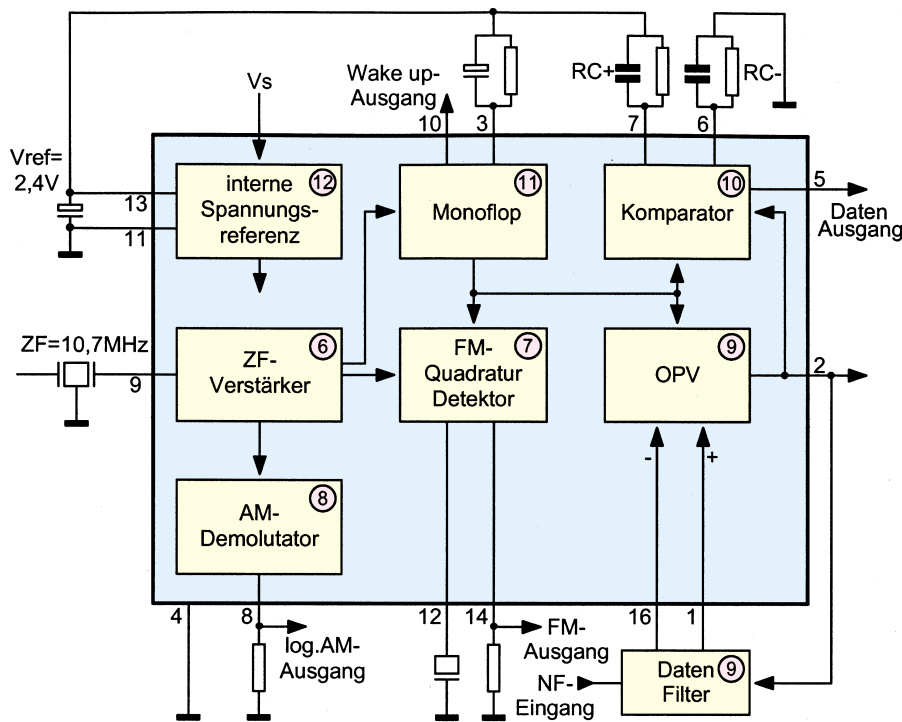


Bild 7: Innenschaltung des U4311B von TEMIC

**System 1:** AM-Sendemodul in Verbindung mit dem einfachen AM-Empfangsmodul aus dem „ELVjournal“ 4/96. Die erreichbare Freifeldreichweite liegt bei ca. 50 m.  
**System 2:** AM-Sendemodul in Verbindung mit dem an dieser Stelle vorgestellten HQ-Modul. Die maximale Freifeldreichweite liegt bei ca. 125 m.

In Abbildung 10 ist das Blockschaltbild des Sendemoduls dargestellt. Die Betriebsspannung +Ub darf ständig anstehen, da der Ruhestromverbrauch nahezu Null ist.

Legt man Sendedaten im TTL-Format an den Eingang „Modulation“, aktiviert ein Transistorschalter (1) die gesamte Schaltung. Die Betriebsspannung im Bereich von 7 bis 12 V wird intern stabilisiert, um eine konstante Sendeleistung zu erhalten. Der Schmitt-Trigger (3) formt aus den angelegten Daten „saubere“ Rechtecksignale und moduliert den Oszillator (4) mit 100 %. Das Oszillatorsignal wird auf den Verstärker (5) gekoppelt und passiert am

Bild 9: Übertragungsfunktion des Datenfilters

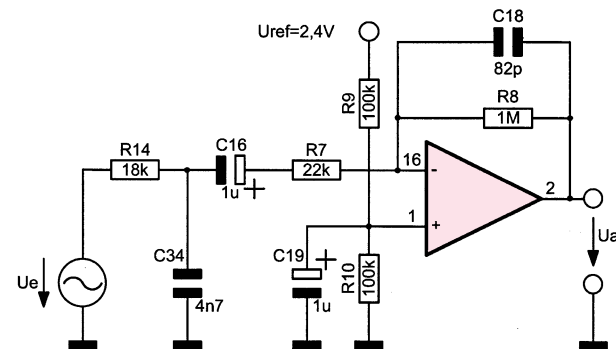
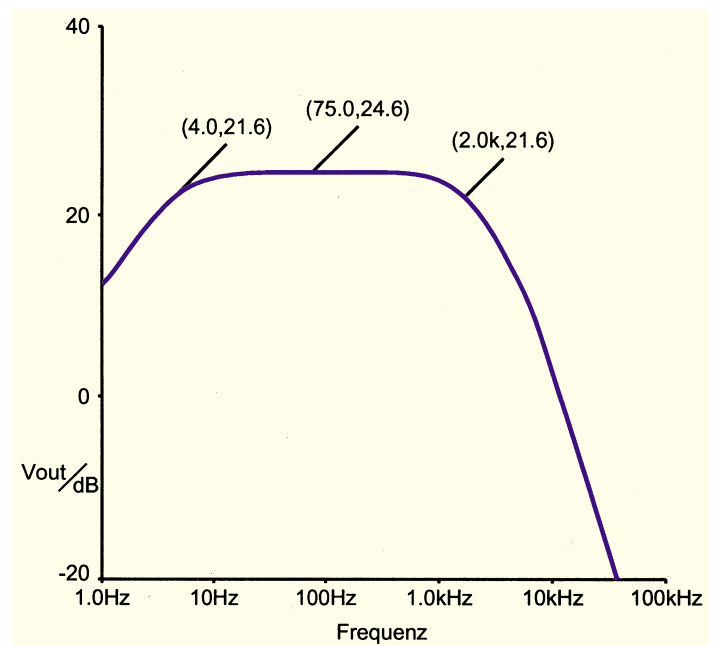


Bild 8: Datenfilter in Verbindung mit internem OPV

wird IC-intern auf den Komparator (10) geführt. Dieser besteht aus zwei Peak-Dektoren mit den Zeitkonstanten RC+ und RC-. Im Vergleich zum Bit-Takt sollte die Zeitkonstante groß gewählt werden, um optimale Rauschunterdrückung zu erhalten. Der Mittelwert der beiden Spitzenwerte wird als Komparatorschwelle benutzt, der Pegelunterschied zwischen beiden bestimmt die Hysterese.

Das rückgewonnene Datensignal steht an Pin 5 zur Verfügung. Setzt man den Empfänger in einem 50Ω-System ein, so erreicht er eine Empfindlichkeit von 1,5 μV.

### AM-Sendemodul

Durch Einsatz dieses neuen AM-Sendemoduls ergeben sich viele neue Möglichkeiten im Bereich der drahtlosen Datenübermittlung. Zwei Systeme sind möglich:

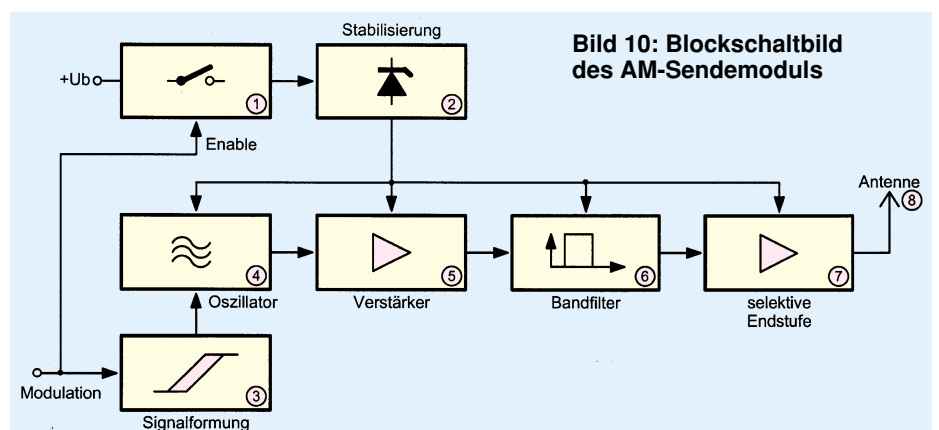


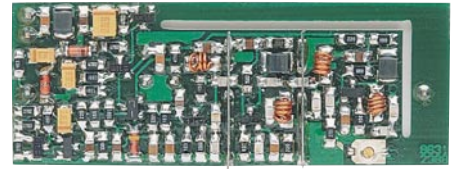
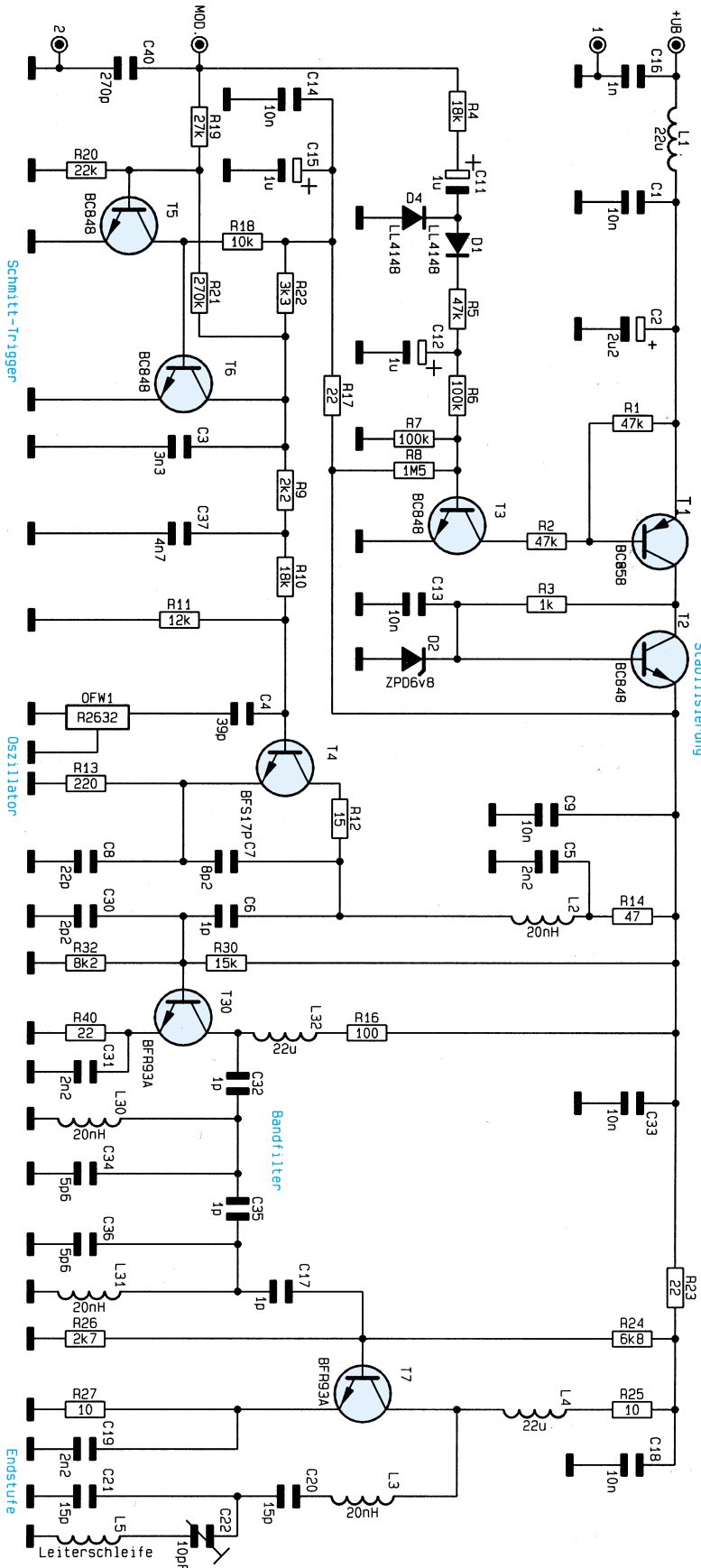
Bild 10: Blockschaltbild des AM-Sendemoduls

Ausgang ein Bandfilter (6), das Oberschwingungen eliminiert.

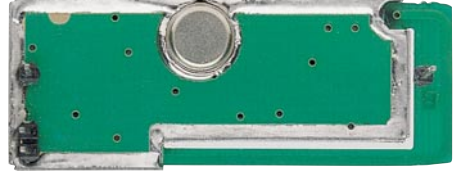
Schließlich gelangt das Signal auf die selektive Endstufe (7) und die Sendeantenne (8). Die äquivalente Strahlungsleistung beträgt 1 mW, entsprechend 0 dBm.

Abbildung 11 stellt das Schaltbild des Moduls dar. Durch Anlegen von Sendedaten wird über die Spannungsverdopplerschaltung D 1 und D 4 sowie C 11 und C 12 der Transistor T 3 durchgeschaltet, wodurch ebenso T 1 durchsteuert und die

**Bild 11:**  
Schaltbild  
des AM-  
Sendemoduls



**Ansicht der Platine des AM-Sendemoduls bei geöffnetem Abschirmgehäuse**



**Unterseite des Moduls**

Schaltung mit Betriebsspannung versorgt. Die Stabilisierung erfolgt über den als Längsregler geschalteten Transistor T 2.

Mit Hilfe von T 5 und T 6 sowie Zusatzbeschaltung ist die Schmitt-Triggerstufe realisiert. Das am Kollektor von T 6 anstehende, pulsgeformte Modulationssignal moduliert die mit T 4 realisierte Oszillatorstufe zu 100 %, indem der Oszillator ein- und ausgeschaltet wird.

Der Colpitts-Oszillator in Basisschaltung schwingt durch den Oberflächenwellenfilter OFW1 stabilisiert auf der Sendefrequenz von 433,92 MHz. C 6 koppelt das Oszillatorsignal zur Pegelanhebung auf die mit T 30 aufgebaute Verstärkerstufe, deren Ausgangssignal auf das nachgeschaltete Bandfilter geführt wird. C 34 bis C 35 sowie L 30 und L 31 bilden dieses Bandfilter, C 17 koppelt auf die Endstufe.

Diese besteht im wesentlichen aus T 7 mit nachgeschalteter Signalfilterung durch L 3, C 20 und C 21. L 5 und C 22 werden auf Serienresonanz abgeglichen, wobei die als Leiterschleife ausgebildete Spule L 5 gleichzeitig die Sendeantenne darstellt.

Tabelle 1 zeigt die technischen Daten dieses vielseitigen Datenübertragungssystems.

Der Aufbau des High-Quality-Superhet-Empfängers sowie des AM-Sendemoduls ist sehr kompakt gehalten, um möglichst kleine Module zu erhalten. Bei der Ausführung sind überwiegend SMD-Komponenten eingesetzt. Sender und Empfänger von ELV besitzen beide eine Post-Zulassung, die allerdings nur unter Einhaltung der entsprechenden Voraussetzungen für eine industrielle Produktion vorliegt, so daß sich ein Eigenbau ausschließt.

Die fertigen, postzugelassenen Module dürfen jedoch ohne weiteres in selbstgebaute Geräte eingesetzt und von diesen angesteuert werden, selbstverständlich unter Einhaltung aller dafür in Frage kommenden postalischen, VDE- und Sicherheitsbestimmungen. So ist es mit Hilfe dieser Module für den Profi auf einfache Weise möglich, eigene Datenübertragungs- und Schaltsysteme zu erstellen. **ELV**