



# ELV-433MHz-Sende-Empfangssystem

**Die drahtlose Übertragung digitaler Informationen wie z. B. Steuersignale oder Meßdaten ermöglicht dieses neue HF-Datenübertragungssystem, bestehend aus einem Sende- und einem Empfangsmodul jeweils mit BZT-Zulassung. Zusätzlich ist ein 5-Kanal-Handsender verfügbar zur Ausführung verschiedenster Fernbedienaufgaben.**

## Allgemeines

In der Meß-, Regel- und Steuerungstechnik spielt die Übermittlung von Daten eine wesentliche Rolle. Üblicherweise erfolgt die Übertragung drahtgebunden.

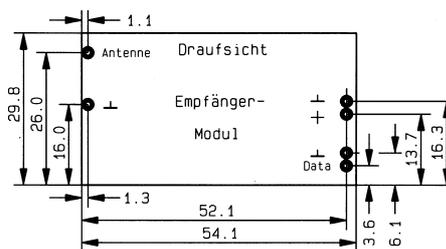
Vielfach könnte jedoch der Komfort für den Anwender deutlich erhöht werden, wenn insbesondere portable Geräte drahtlos „angebunden“ wären. So bietet sich die Technik der drahtlosen Datenübertragung in zahlreichen Bereichen an:

- zur Übermittlung der Meßdaten eines digitalen Handmultimeters zum PC
- für die zentrale Erfassung an verschiedenen Stellen angeordneter Temperatursensoren ohne großen Verkabelungsaufwand
- zum Datenaustausch zwischen 2 Rechnersystemen (PC oder µP)
- für das kontrollierte Schalten verschiedenster Verbraucher usw.

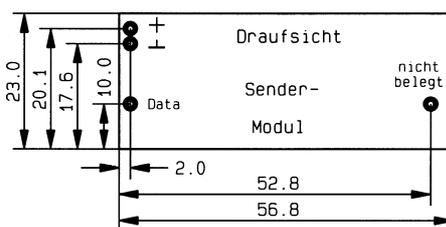
Das hier vorgestellte HF-Datenübertragungssystem bietet optimierte Voraussetzungen, um vorstehende und auch zahllose weitere Übertragungsaufgaben auszuführen. Eine hohe Reichweite und hohe Störsicherheit sind dabei ebenso wichtig wie geringer Stromverbrauch und selbstverständlich die BZT-Zulassung.

Als Modulationsverfahren wurde die

FM-Modulation gewählt, womit die Anfälligkeit gegen Störungen im Vergleich zu AM-Systemen wesentlich reduziert wird. Im Freifeld ist bei einer äquivalenten Sendeleistung von 1 mW eine Reichweite von ca. 200 m für das Sende-Empfangssystem und ca. 100 m für den 5-Kanal-Handsender erreichbar.



**Bild 1: Abmessungen des Sendemoduls**



**Bild 2: Abmessungen des Empfangsmoduls**

Die dem Sendemodul zugeführten Eingangsdaten (TTL-kompatibel) gelangen zunächst auf eine Schmitt-Triggerstufe, da ausschließlich digitale Informationen übertragen werden dürfen. Das System erlaubt eine maximale Datenrate von ca. 20 kbps.

Aufgrund der Schaltungsauslegung des Sendemoduls ist der Stromverbrauch im Ruhezustand kleiner als 10 nA, womit ein ständiges Verbleiben an der Versorgungsspannung möglich ist.

Die Aktivierung der Sendestufe erfolgt automatisch durch Anlegen von Sendedaten. Damit ist der Einsatz auch in batteriebetriebenen Geräten, die nur für kurze Augenblicke Daten übermitteln sollen, kein Problem.

Die Stabilisierung der Sendefrequenz auf 433 MHz erfolgt durch ein Oberflächenwellenfilter.

Am Ausgang des Empfangsmoduls stehen die übermittelten Daten mit TTL-Pegel zur Verfügung.

Die Module sind mit Steckkontakten ausgerüstet, so daß sie von oben auf eine Platine in dafür vorgesehene Buchsenkontakte gesetzt werden können. Abbildung 1 und 2 zeigen die genauen Positionen der Steckkontakte. Aufgrund der kompakten Abmessungen und des geringen Gewichtes sind diese Funkmodule vielseitig einsetzbar.

**Tabelle 1: Technische Daten:**

**Sender-Modul**

Sendefrequenz: ..... 433,92 MHz  
 Stabilisierung: Oberflächenwellenfilter  
 Frequenzhub: ..... ±30 kHz  
 Äquivalente  
 Strahlungsleistung: ..... ca. 1 mW  
 Sendeantenne: ..... Leiterschleife  
 Modulation: ..... FM  
 Modulationseingang: TTL-kompatibel  
 Versorgungsspannung: ..... 7 - 15 V  
 Stromaufnahme:  
 Stand-by: ..... < 10 nA  
 Sendebetrieb: ..... ca. 25 mA  
 Abmessungen: ..... 59x23x8 mm  
 Zulassung: ..... nach FTZ 17 TR 2100

**Empfangsmodul**

Empfangsfrequenz: ..... 433,92 MHz  
 Empfangsprinzip: ..... Superhet  
 Zwischenfrequenz: ..... 10,7 MHz  
 Empfangs-  
 antenne: ..... 170 mm Drahtantenne  
 Reichweite: ..... ca. 200 m (Freifeld)  
 Datenausgang: ..... TTL-kompatibel  
 Versorgungsspannung: ..... 7 - 15 V  
 Stromaufnahme: ..... ca. 25 mA  
 Abmessungen: ..... 54x31x12 mm  
 Zulassung: ..... nach FTZ 17 TR 2100

**5-Kanal-Handsender**

Sendefrequenz: ..... 433,92 MHz  
 Stabilisierung: Oberflächenwellenfilter  
 Frequenzhub: ..... ±30 kHz  
 Äquivalente  
 Strahlungsleistung: ..... ca. 1 mW  
 Sendeantenne: ..... Leiterschleife  
 Modulation: ..... FM  
 Versorgungsspannung: ..... 7 - 12 V  
 Zulassung: ..... nach FTZ 17 TR 2100

**Funktion**

Die Funktionsweise der Datenübermittlung soll anhand der Blockschaltbilder erläutert werden. Dabei beginnen wir mit der Beschreibung des Sendemoduls gemäß Abbildung 3.

**Sendemodul**

Wie schon erwähnt wird das Sendemodul erst durch Anlegen von Sendedaten aktiviert. Dies symbolisiert der Schalter (1).

Die Betriebsspannung kann im Bereich von 7 V bis 15 V variieren, wobei eine interne Stabilisierung auf ca. 6 V erfolgt. Damit ist gewährleistet, daß die Sendeleistung unabhängig von der Spannungsversorgung ist.

Die Oszillatorstufe (4) schwingt auf einer Frequenz von 433,92 MHz und wird mit den vom Schmitt-Trigger (3) geformten Signalen moduliert. Die nachgeschaltete selektive Verstärkerstufe hebt den Signalpegel an und filtert die Oberwellen soweit heraus, daß die zulässigen Grenzwerte bezüglich der Störstrahlung unterschritten werden. Die Antenne setzt das Sendesignal in elektromagnetische Wellen um.

Gemäß der BZT-Zulassung FTZ 17 TR 2100 ist eine Dauertastung des Senders nur in besonders begründeten Fällen zulässig. Für die Einhaltung dieser Forderung muß der Anwender durch entsprechende Auslegung der Ansteuerschaltung Sorge tragen.

**Empfangsmodul**

Abbildung 4 zeigt das Blockschaltbild des ELV-Empfangsmoduls. Der Aufbau entspricht aufgrund der postalischen Be-

stimmungen im wesentlichen dem eines klassischen Superhet-Empfängers (Superhet steht als Abkürzung für Superheterodyne-Empfänger, super: lat. über; hetero: gr. andersartig; dyne: gr. Kraft). Dieses Empfangsprinzip ist in nahezu jedem Radioempfangsgerät verwirklicht.

Die von der Antenne aufgenommenen Signale werden einem Vorkreis (1) zugeführt, der auf die Empfangsfrequenz von 433,92 MHz abgestimmt ist. Dem Vorkreis ist ein selektiver Verstärker (2) nachgeschaltet, der ebenfalls den Pegel der Empfangsfrequenz anhebt.

Ein Lokaloszillator (4) schwingt auf 423,22 MHz, also um 10,7 MHz niedriger als die Empfangsfrequenz. Das Oszillator-signal und das durch Vorkreis und Vorstufe verstärkte Empfangssignal werden der Mischstufe (3) zugeführt. Diese erzeugt unter anderem auch Summen- und Differenzfrequenzen der beiden Eingangssignale.

Die Differenzfrequenz von 10,7 MHz (433,92 MHz - 423,22 MHz = 10,7 MHz) wird mit Hilfe eines ZF-Filters (5) aus dem Frequenzgemisch ausgefiltert. Ein ZF-Verstärker (6) hebt den Signalpegel an, der FM-Demodulator (7) gewinnt die Modulation zurück.

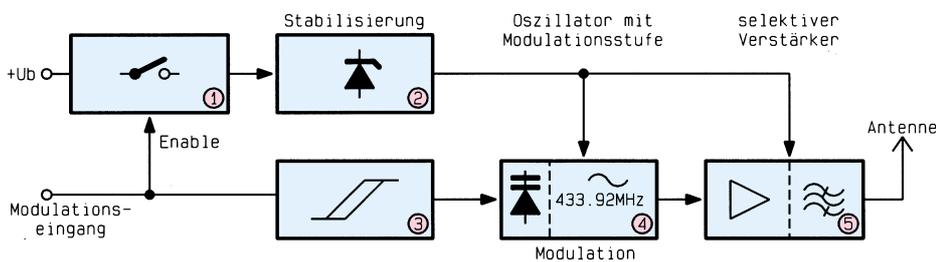
Das auf diese Art zurückgewonnene Modulationssignal wird durch den Schmitt-Trigger (8) in Rechtecksignale überführt und über den nachgeschalteten Verstärker (9) auf den Ausgang des Empfängers gegeben.

Der Funktionsblock (10) stabilisiert die Betriebsspannung für die einzelnen Funktionsgruppen auf 5 V.

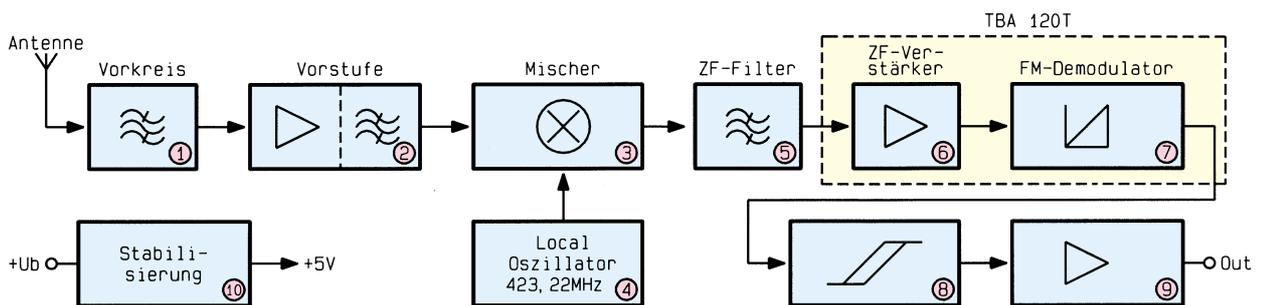
**5-Kanal-Handsender**

Die Funktionsweise des 5-Kanal-Handsenders entspricht im wesentlichen der des Sendemoduls, wobei die Sendedaten vom Handsender selbst erzeugt werden.

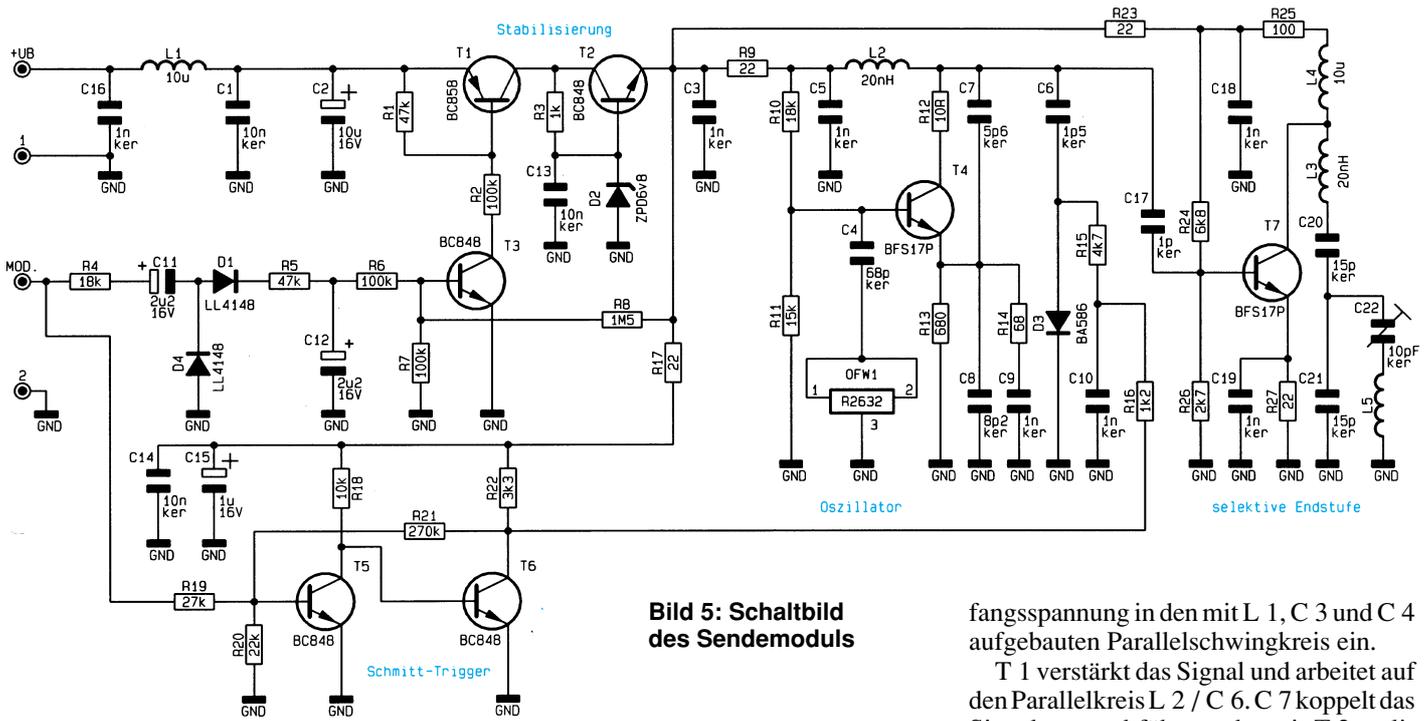
Sobald eine Tasterbetätigung detektiert wird, startet die Übertragung des entsprechenden Codes. Der Code besteht aus einem 9-Bit-Sicherheitscode und 5 Datenbits. Mit Hilfe des 9-Bit-Sicherheitscodes sind  $3^9 = 19683$  verschiedene Codierungen möglich, wodurch eine hohe Sicherheit vor unbefugtem Zugriff gewährleistet ist.



**Bild 3 (oben):  
 Blockschalt-  
 bild des  
 Sendemoduls**



**Bild 4 (rechts):  
 Blockschalt-  
 bild des  
 Empfangs-  
 moduls**



**Bild 5: Schaltbild des Sendemoduls**

**Schaltung**

Neben der Schaltungstechnik, die wir im weiteren Verlauf dieses Artikels detailliert beschreiben, liegt ein wesentlicher Bestandteil der Entwicklung in der Erstellung des Layouts. Für die Funktion und die Einhaltung der postalischen Bestimmungen sind die Positionierung der Bauelemente, die Leiterbahnführung und der gezielte Einsatz von Metallabschirmungen von entscheidender Wichtigkeit. Ein Selbstbau ist daher nicht möglich, wohl aber stehen die fertigen Module für vielfältigen Einsatz in Verbindung mit Zusatzschaltungen und weiterverarbeitenden Geräten zur Verfügung.

Die Module sind weitestgehend in SMD-Technik auf speziellem Leiterplattenmaterial gefertigt und werden komplett abgeglichen geliefert.

Nachdem die Funktion anhand der Blockschaltbilder ausführlich erläutert wurde, soll jetzt das „Innenleben“ der Module und des Handsenders im Detail betrachtet werden.

**Sendemodul**

Abbildung 5 zeigt das Schaltbild des Sendemoduls. Die Betriebsspannung gelangt über ein Tiefpaßfilter (C 16, L 1, C 1, C 2) zum Schalttransistor T 1. Das Filter soll unkontrolliertes Aussenden der Oszillatorfrequenz über die Betriebsspannungszuführung verhindern.

Im Stand-by-Betrieb wird T 1 über R 1 gesperrt, und der restliche Schaltungsteil ist deaktiviert.

Erhält das Modul am Eingang „MOD.“ Sendedaten, so gelangen diese zu einem

auf die mit C 11, C 12, D 1 und D 4 realisierte Spannungsverdopplerschaltung und zum anderen auf den mit T 5, T 6 und Zusatzbeschaltung aufgebauten Schmitt-Trigger. Der Ausgang der Spannungsverdopplerschaltung steuert T 3 durch, womit ebenso T 1 leitend wird.

T 2 bildet mit der Z-Diode D 2 und dem Widerstand R 1 eine Längsstabilisierung für die Spannungsversorgung der Schaltung.

T 4 arbeitet mit Peripherie als Collpitts-Oszillator. Frequenzbestimmend sind im weiten Sinne L 2, C 6, C 7, C 8, womit der Oszillator ungefähr bei 433 MHz schwingt. Eine genaue Stabilisierung der Sendefrequenz auf 433,92 MHz erfolgt aber letztendlich durch den an der Basis angekoppelten Oberflächenwellenfilter.

Durch die am Kollektor von T 6 anstehende Ausgangsspannung der Schmitt-Triggerstufe wird bei H-Pegel über die Diode D 3 der Kondensator C 6 dem Oszillatorschwingkreis parallelgeschaltet. Dies ergibt eine geringfügige Frequenzabweichung von ca. 60 kHz. Damit entsteht eine Modulation nach dem FSK-Verfahren (Frequency Shift Keying).

Über C 17 wird das HF-Signal angekoppelt und gelangt auf die Basis der nachgeschalteten, selektiven Verstärkerstufe. Diese arbeitet in Emitterschaltung. L 5 bildet die als Leiterschleife ausgeführte Sendeanenne.

**Empfangsmodul**

In Abbildung 6 ist das Schaltbild des Empfangsmoduls dargestellt. Die 170 mm-Drahtantenne (170 mm =  $\lambda / 4$ ) ist aufgrund ihrer Länge auf die Empfangsfrequenz abgestimmt und koppelt die Emp-

fangsspannung in den mit L 1, C 3 und C 4 aufgebauten Parallelschwingkreis ein.

T 1 verstärkt das Signal und arbeitet auf den Parallelkreis L 2 / C 6. C 7 koppelt das Signal aus und führt es der mit T 2 realisierten Mischstufe zu.

Der in Basisschaltung als Collpitts-Oszillator arbeitende Transistor T 4 erzeugt die Oszillatorfrequenz von 423,22 MHz.

Über R 28 und C 29 wird das Oszillatorsignal der Mischstufe zugeführt. Diese erzeugt durch multiplikative Mischung gemäß Fourier-Transformation u. a. die Differenzfrequenz von 10,7 MHz, die FI 1 aus dem entstandenen Frequenzgemisch ausfiltert. Der nachgeschaltete steilflankige Keramikschwinger sorgt für eine weitere Selektion der Zwischenfrequenz.

Die Funktionsblöcke (6) und (7) werden in dem aus der Rundfunk- und Fernseh-technik bekannten IC 1 des Typs TBA 120 T vereinigt. Der TBA 120 T besitzt einen symmetrischen 8stufigen ZF-Verstärker mit nachgeschaltetem symmetrischem Koinzidenzdemodulator.

An Pin 8 steht das NF-Signal zur Verfügung und gelangt auf die mit IC 2 (LM 358) realisierte Verstärker- und Komparatorstufe. Mit D 1, D 2, C 21 und C 22 sowie den Widerständen R 18 und R 19 wird der Vergleichspegel des Komparators exakt auf den mittleren Gleichspannungspegel des Ausgangssignals der ersten Verstärkerstufe (IC 2 A) R 20 gelegt. R 20 erzeugt eine geringfügige Schalthysterese.

T 3 dient als Treiber für das Ausgangssignal der Komparatorstufe (IC 2 B). IC 3 stabilisiert die Betriebsspannung des Moduls auf 5 V.

**5-Kanal-Handsender**

Als letzter Schaltungsteil soll der 5-Kanal-Handsender vorgestellt werden. Abbildung 7 zeigt das Schaltbild. Der HF-Teil wurde nahezu unverändert vom ELV-Sendemodul übernommen und bedarf daher

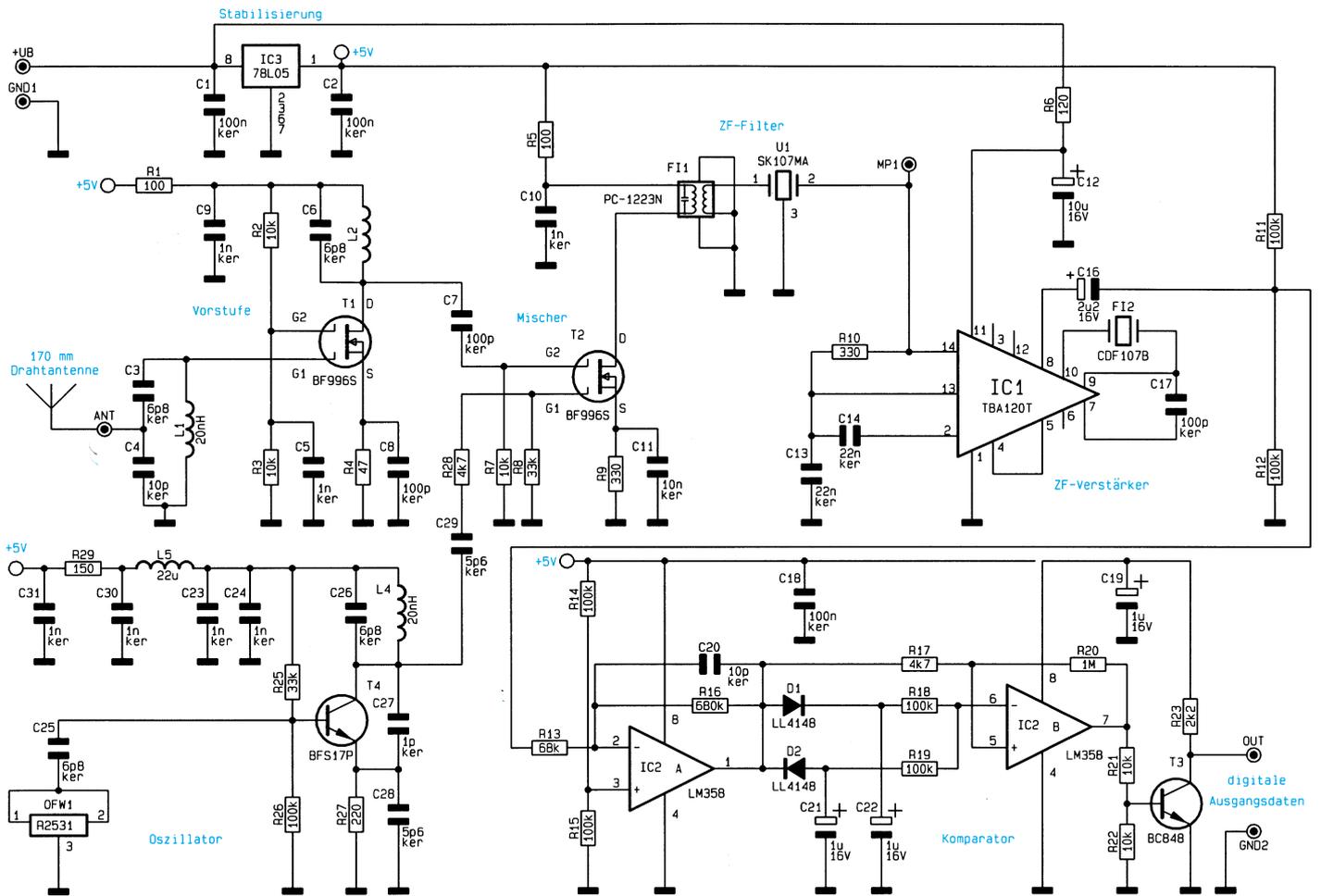
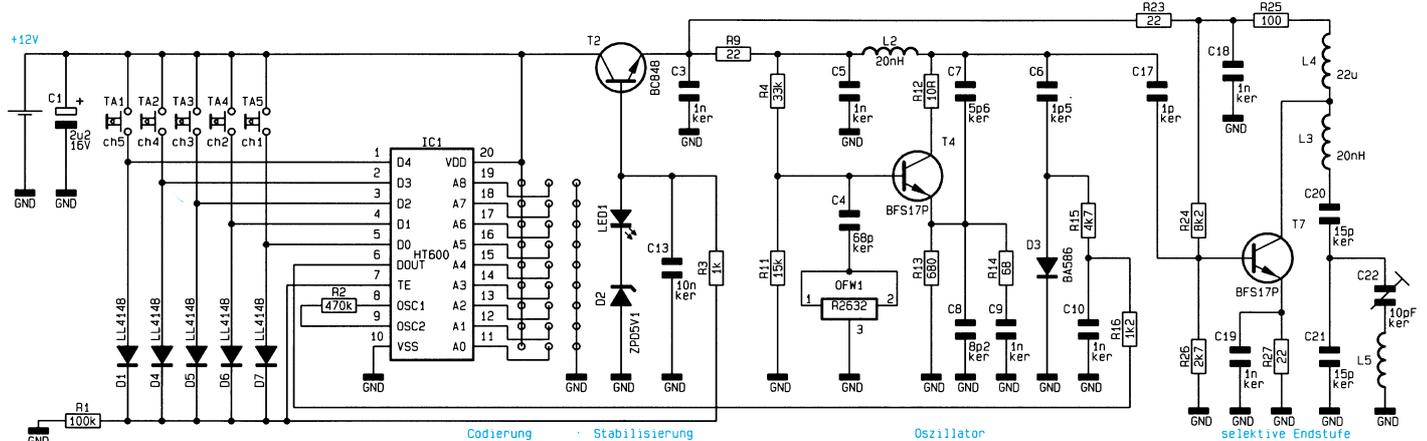


Bild 6 (oben) zeigt das Schaltbild des Empfangsmoduls. Bild 7 (unten): Schaltbild des 5-Kanal-Handsenders



keiner separaten Erläuterung.

Der zur Codierung des 9-Bit-Sicherungs-codes und der 5 Kanäle eingesetzte Chip HT 600 wird an Pin 20 mit einer Betriebs-spannung im Bereich von 3 V bis 12 V versorgt. Im Stand-by-Betrieb ist die Stromaufnahme des Chips so gering, daß sie im Bereich der Selbstentladung der Batterie liegt.

Wird ein Taster betätigt, gelangt über eine der Dioden D 1 oder D 4 bis D 7 ein H-Pegel zum Pin „TE“ des ICs. Führt dieser Pin H-Pegel, startet das IC die serielle Übertragung des Datentelegramms, bestehend aus dem Sicherheitscode und der Kanalcodierung.

Es können ebenfalls 2 oder mehr Taster in beliebiger Kombination gleichzeitig gedrückt werden, so daß mittels eines auf der

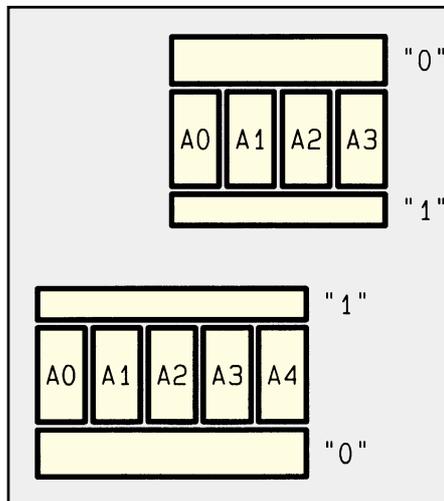


Bild 8: Codierfeld des 5-Kanal-Handsenders

Empfangsseite nachgeschalteten Decoders maximal 32 Kanäle übertragen werden können. Abbildung 8 zeigt das Codierfeld auf der Unterseite der Platine des 5-Kanal-Handsenders. Es sind die 3 Zustände „0“, „offen“ und „1“ vorhanden, wodurch sich  $3^9 = 19683$  verschiedene Sicherheitscodes ergeben. Mittels eines LötKolbens und ein wenig Lötzinn können die mit A 0 bis A 8 bezeichneten Codierflächen entsprechend der gewünschten Codierung mit Masse (0) oder Versorgungsspannung (1) verbunden werden. Wird keine Verbindung zur Masse- oder Versorgungsspannung hergestellt, so entspricht dies dem Zustand „offen“. 5-Kanal-Handsender und das angesprochene Gerät kommunizieren nur dann miteinander, wenn bei beiden die Codierung identisch ist.