

# Universeller Prüfgenerator für 433 MHz und 868 MHz

**Der Prüfgenerator TG 48 dient zur Erzeugung eines HF-Signals bei 433,92 MHz bzw. 868,35 MHz mit einstellbarem Pegel und Modulationsmöglichkeit. Damit lassen sich AM-Empfänger prüfen und abgleichen sowie Funkstrecken optimieren.**

## Allgemeines

Funksysteme, die in den ISM-Bändern bei 433 MHz und 868 MHz arbeiten, erfreuen sich hoher Beliebtheit und bieten Komfort in vielen Bereichen. Mittlerweile sind Geräte wie Funkschalter, Funk-Wetterstationen, Funkklingeln, Funk-Alarmanlagen, etc. weit verbreitet und in vielen Haushalten vorhanden. Bei gestörter Funktion eines solchen Funk-Systems ist der Privatmann meistens nicht in der Lage, den Fehler einzugrenzen bzw. zu beheben, da er nicht über die erforderliche Messtechnik verfügt. Ohne Messtechnik ist es schon schwierig herauszufinden, ob der Fehler im Sender oder Empfänger zu suchen ist.

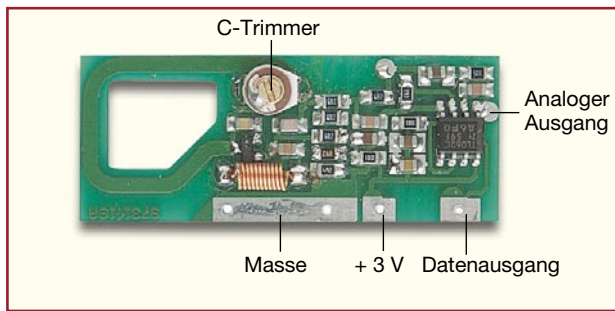
Mit den bereits in den vorangegangenen Ausgaben des „ELVjournal“ vorgestellten

Geräten Sender-Check SC 433, SC 868 und SC 2400 kann die Funktion des Senders überprüft werden, d. h. ob gesendet wird und wie groß das Sendesignal ist. Zur Beurteilung bzw. Reparatur (mit anschließendem Neuabgleich) von Empfängern ist normalerweise ein HF-Generator erforderlich, über den ein definiertes HF-Signal in den Empfänger eingespeist werden kann. HF-Generatoren schlagen aber meist mit Kosten von mehreren Tausend Euro zu Buche und sind relativ aufwendig in der Handhabung. Daher eignen sie sich nicht für den Hobbyelektroniker oder den Servicearbeiter, der z. B. auf die Schnelle einen einfachen Empfänger nachgleichen möchte. Mit dem Prüfgenerator TG 48 hingegen hat man einen einfachen, preiswerten Generator zur Hand, der ein universelles Hilfsmittel für den Abgleich und die

Fehlersuche in Empfängern darstellt, da er eine feste Frequenz mit guter Frequenzkonstanz und definiertem Ausgangspegel erzeugt und die Möglichkeit der Modulation bietet.

### Technische Daten:

Signalfrequenz: ..... 433,92 MHz  
bzw. 868,35 MHz  
Max. Frequenzabweichung:  $\pm 150$  kHz  
Pegelbereich: ..... -35 dBm bis -2 dBm  
Ausgangsimpedanz: ..... 50  $\Omega$   
Modulationsarten: ... ohne Modulation  
(Dauerstrichsignal), interne AM-Modulation (100%, 1 kHz),  
externe AM-Modulation (100%)  
Spannungsversorgung: 12 - 18 V DC,  
50 mA  
Abmessungen: ..... 57 x 59 x 24 mm



**Bild 1:**  
Anschlussbelegung des AM-Empfangsmoduls HFS 301 für 433,92 MHz

## Prüfgenerator TG 48

Der neue TG 48 erzeugt wahlweise ein HF-Signal mit einer Frequenz von 433,92 MHz oder 868,35 MHz. Durch den Einsatz eines preisgünstigen, in hohen Stückzahlen gefertigten Sendemoduls von ELV zur Erzeugung des HF-Signals ist das gesamte Gerät relativ preiswert und der Nachbau verhältnismäßig einfach. Je nach gewünschter Frequenz wird im TG 48 ein Sendemodul HFS 300 (433,92 MHz) oder HFS 868 (868,35 MHz) bestückt. Die Sendeanenne wird entfernt und das HF-Signal am Antennenausgang des Moduls abgegriffen. Nachgeschaltet ist ein PIN-Diodenabschwächer, der eine Signalabschwächung um ca. 35 dB ermöglicht. Der Generator ist in einem HF-dichten Metallgehäuse untergebracht, der einzige Punkt, an dem HF-Energie austreten kann, ist die BNC-Ausgangsbuchse. Damit ist die definierte Einspeisung des HF-Signals in einen Empfänger problemlos möglich. Die Spannungsversorgung erfolgt über ein handelsübliches 12-V-Steckernetzteil, das über eine 3,5-mm-Klinkenbuchse angeschlossen wird. Mit einem 3-stufigen Kippschalter wählt man die Funktion aus:

- HF-Signal ohne Modulation (Dauerstrichsignal)
- HF-Signal mit AM-Modulation (100%, 1 kHz)
- HF-Signal durch externes Signal AM-moduliert (100%, 1 kHz)

Für die Einspeisung des externen Modulationssignals - dies können z. B. Datensignale eines Mikrocontrollers sein - steht eine Cinchbuchse zur Verfügung. Damit kann man z. B. während der Entwicklungsphase bei Empfängern die Datenfilter für ein bestimmtes Übertragungsprotokoll optimieren und so die Empfindlichkeit verbessern.

Mit dem Poti „Pegel“ ist der Pegel des HF-Signals am Ausgang im Bereich von -35 dBm bis -2 dBm einstellbar. Da Empfänger in der Regel jedoch bessere Empfindlichkeiten als -35 dBm aufweisen, sind für die direkte Einspeisung des Signals über ein Kabel in den Antenneneingang auf jeden Fall ein oder mehrere Dämpfungsglieder erforderlich. Dann können aussagekräftige Messungen an der Emp-

findlichkeitsgrenze des Empfängers vorgenommen werden. Gute Empfänger bieten Empfindlichkeiten von -100 dBm bis -110 dBm. Will man diesen Bereich überstreichen, empfiehlt es sich z. B., dann eine Gesamtdämpfung von 60 dB oder 70 dB nachzuschalten.

Im normalen Anwendungsfall wird, wie bereits beschrieben, das an der Ausgangsbuchse des Generators anstehende Signal dem Prüfobjekt über ein geschirmtes Kabel zugeführt. Damit lässt sich ein reproduzierbarer Test durchführen, da man eventuell vorhandene Störungen im jeweiligen Frequenzband eliminiert. Eine andere Möglichkeit, dem Empfänger das HF-Signal zuzuführen, besteht darin, dass an den HF-Ausgang des Prüfgenerators direkt eine  $\lambda/4$ -Antenne angeschlossen wird. Diese hat bei 433 MHz eine Länge von ca. 170 mm, bei 868 MHz beträgt die Länge ca. 86 mm. Damit könnte man das HF-Signal über eine größere Entfernung senden und so eventuell den Empfängerstandort optimieren, etc. Dies ist aber aus gesetzlicher Sicht verboten, da dafür keine Zulassung besteht.

Als Anwendungsbeispiel für den Einsatz des TG 48 soll der Abgleich des HFS 301 (ELV-Standard-Empfänger für die Frequenz von 433,92 MHz) beschrieben werden. Dieser Empfänger ist als so genannter Pendelempfänger ausgeführt und wird auf Grund seiner guten Daten bei geringen Kosten in sehr großen Stückzahlen eingesetzt, z. B. in den Wetterstationen und Funkthermometern von ELV. Ähnliche Empfänger, die auf dem gleichen Prinzip beruhen, findet man in fast allen preisgünstigen Funkprodukten, wie z. B. Funkhaltern, Funkgongs, etc.

**Wichtiger Hinweis:** Dieser Test muss unbedingt in einer abgeschirmten Halle ausgeführt werden, damit keine HF-Energie in die Umgebung abgestrahlt wird.

Abbildung 1 zeigt das Modul HFS 301 inkl. Anschlussbelegung. Das Modul wird auf einen nicht metallischen Tisch (Holztisch) gelegt und über ein Netzteil oder Batterien mit 3 V versorgt. Ein Oszilloskop ist mit dem Modul zu verbinden: Masseklemme an die Modulmasse, Tastspitze an den analogen Ausgang. Hierzu wird am besten vorher ein kurzes Stück Silberdraht dort angelötet. Man stellt am Oszilloskop folgende Parameter ein:

- Kopplung: AC
- Y: 50 mV/Div
- X: 500  $\mu$ s/Div
- Nulllinie: Schirmmitte

Der Prüfgenerator TG 48 (in der 433-MHz-Version) wird über ein 12-V-Steckernetzteil mit dem 230-V-Netz verbunden. Stellen Sie den Kippschalter auf interne Modulation. Als Antenne reicht ein kurzes Drahtende (ca. 50 mm), das in die BNC-Ausgangsbuchse geschoben wird. Legen Sie den Prüfgenerator in einer Entfernung von ca. 50 cm zum Empfänger auf die Arbeitsplatte. Am Oszilloskop sollte ein „rechteckartiges“ Signal sichtbar sein. Drehen Sie am Pegel-Einsteller des Prüfgenerators und stellen Sie eine Signalamplitude von ca. 200 mVss ein. Mit einem keramischen Abgleichstift (Achtung: keinen Metallstift verwenden!) drehen Sie am C-Trimmer des Empfängers, bis das Maximum erreicht ist. Es ist zu beachten, dass man den HF-Kreis des Empfängers dabei nicht mit den Fingern berührt. Halten Sie das Modul lediglich an den Außenkanten im hinteren Bereich (dort, wo sich der OP befindet) fest. Kontrollieren Sie mit dem Oszilloskop, ob am Datenausgang des Moduls ein Rechtecksignal ansteht. Der Abgleich ist damit beendet.

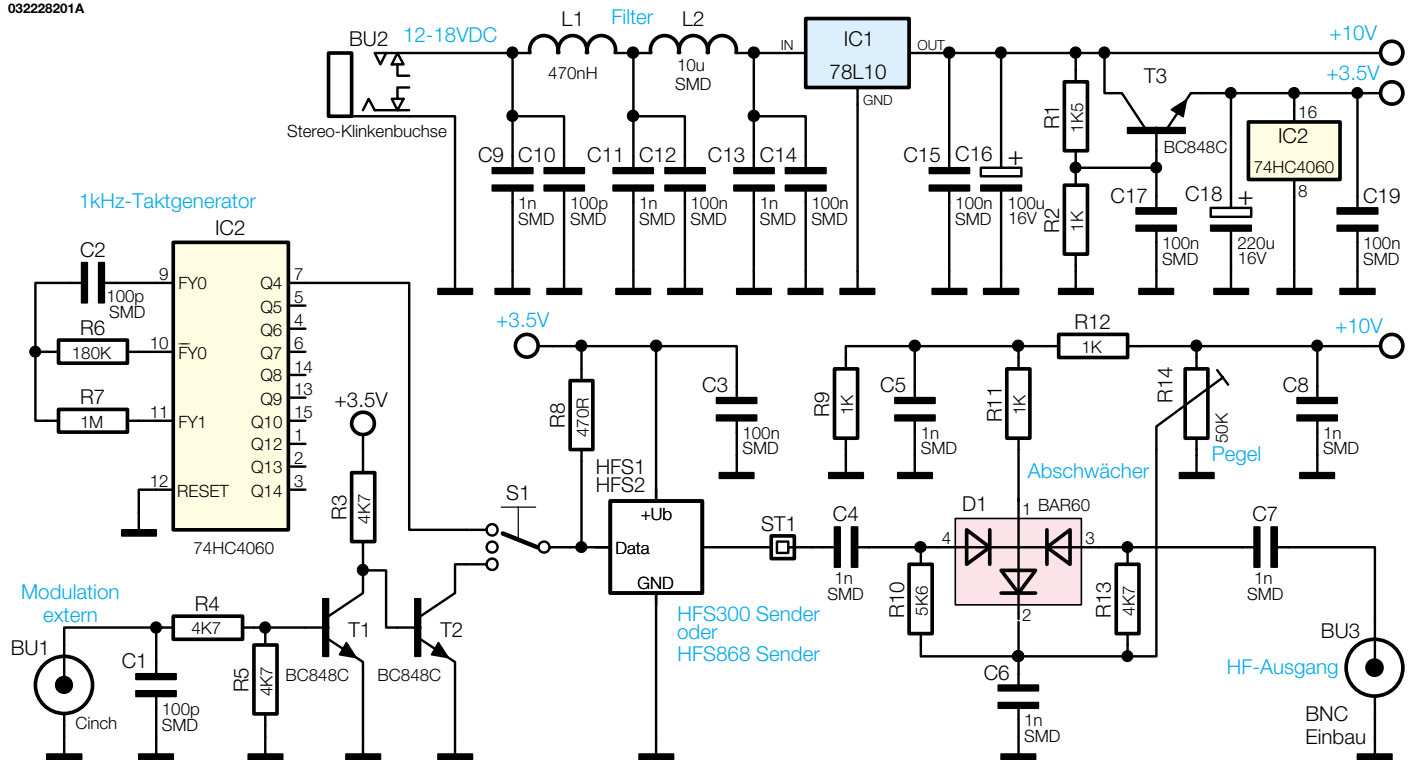
Wie bereits erwähnt, sind derartige Empfänger in ähnlicher Form in den meisten am Markt erhältlichen Funkhaltern, etc. eingebaut. Dort funktioniert der Abgleich in ähnlicher Weise. Man muss sich dazu messtechnisch den Analogausgang des Empfängers ermitteln. Dies ist in der Regel die erste Stufe eines Dual-Operationsverstärkers (meistens DIP-8-Gehäuse, Pin 1 oder Pin 7).

## Schaltung

Abbildung 2 zeigt die Schaltung des TG 48. Der Schaltungsaufwand ist aufgrund des Einsatzes eines fertigen Sendemoduls relativ gering. Als Modul werden entweder ein Sender HFS 300 (433,92 MHz) oder ein HFS 868 (868,35 MHz) bestückt (HFS 1 bzw. HFS 2). Am HF-Ausgang des Moduls beträgt der HF-Pegel ca. 10 dBm. Das Ausgangssignal gelangt über den Koppelkondensator C 4 auf den mit D 1 und Peripherie realisierten PIN-Dioden-Abschwächer. Je nach Steuerspannung, die an dem Poti R 14 abgegriffen wird, weist die Stufe eine Dämpfung im Bereich von 12 dB bis 44 dB auf. Vom Ausgang des PIN-Dioden-Abschwächers wird das HF-Signal über den Koppelkondensator C 7 auf die BNC-Buchse BU 3 geführt. Der dortige Ausgangspegel liegt im Bereich von -2 dBm bis -34 dBm.

IC 2 bildet in Verbindung mit C 2, R 6 und R 7 den 1-kHz-Rechteckgenerator. Der Gatter-Oszillator des ICs schwingt bei

032228201A



**Bild 2: Schaltbild des Prüfgenerators**

ca. 16 kHz, an Pin 7 (Q 4) steht das durch 16 geteilte Oszillatorsignal (1 kHz) zur Verfügung.

Die Transistorstufen T 1 und T 2 formen das Signal des externen Modulationseinganges BU 1. Falls kein externes Signal anliegt bzw. bei Low-Pegel des externen Signals ist T 1 gesperrt und T 2 durchgesteuert.

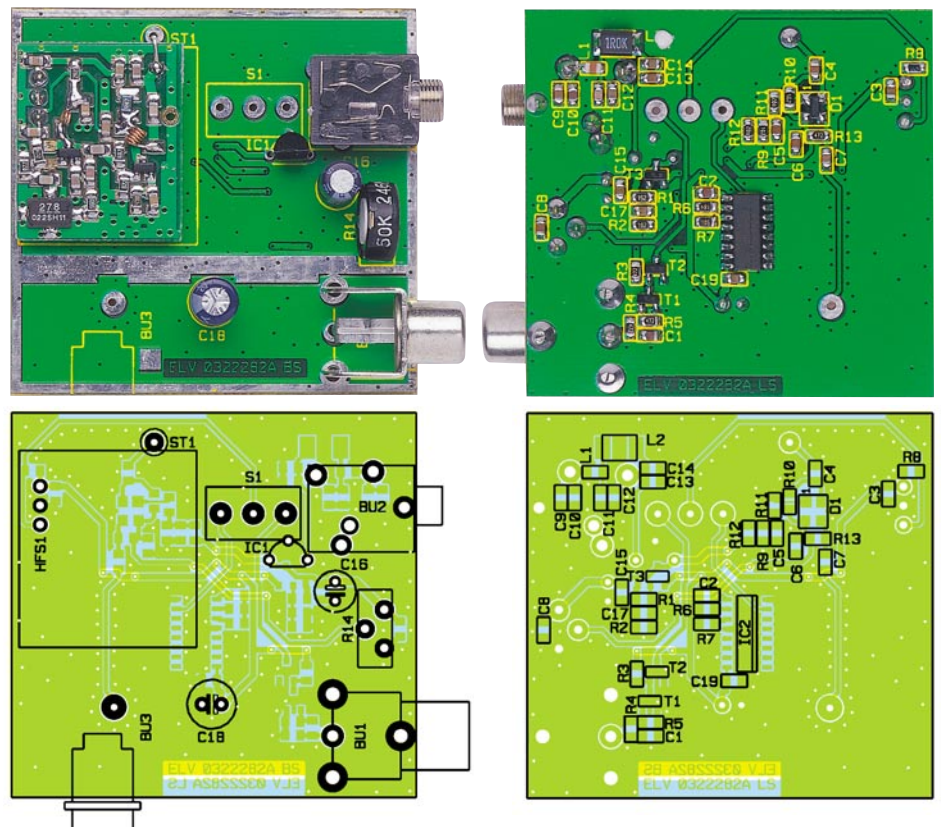
Der Kippschalter S 1 wählt das Signal aus, das das Sendemodul ansteuert. Die obere Stellung führt das 1-kHz-Rechtecksignal auf den Modulationseingang des Moduls. Die Mittelstellung führt kein Signal auf den Modulationseingang. In diesem Fall ist der Modulationseingang über R 8 auf High-Pegel gezogen, wodurch das Modul ein dauerhaftes Signal (Dauerstrich) zur Verfügung stellt. Die untere Schalterstellung koppelt den Modulationseingang des Moduls auf den Kollektor von T 2. Damit arbeitet T 2 auf den Widerstand R 8 und wird durch das externe Modulationsignal angesteuert.

Die Spannungsversorgung des TG 48 erfolgt durch den Anschluss eines handelsüblichen 12-V-Steckernetzteiles und die Buchse BU 2. Die Spulen L 1 und L 2 bilden in Verbindung mit den Kondensatoren C 9 bis C 14 ein Filter, so dass keine HF-Energie über die Spannungsversorgung nach außen gelangen kann. Der Festspannungsregler IC 1 (78L10) stabilisiert die Versorgungsspannung auf 10 V. Damit wird die Pin-Diodenabschwächer-Stufe um D 1 versorgt. Der als Längsregler arbeitende Transistor T 3 wird über den Spannungssteiler R 1/R 2 so angesteuert, dass am

Emitter von T 3 eine stabile Spannung von 3,5 V ansteht. Diese dient zur Versorgung des Sendemoduls sowie zur Versorgung des 1-kHz-Generators und der Transistorstufen. Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen und wir widmen uns dem Nachbau.

## Nachbau

Die 50 x 53 mm messende doppelseitige Platine ist hauptsächlich mit SMD-Komponenten und mit einigen bedrahteten Bauelementen zu bestücken. Der Aufbau der



**Ansicht der fertig bestückten Platine des Prüfgenerators mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite**

## Stückliste: 433-MHz-/ 868-MHz-Prüfsender TG 48

### Widerstände:

470Ω/SMD .....	R8
1kΩ/SMD .....	R2, R9, R11, R12
1,5kΩ/SMD .....	R1
4,7kΩ/SMD .....	R3-R5, R13
5,6kΩ/SMD .....	R10
180kΩ/SMD .....	R6
1MΩ/SMD .....	R7
PT10 für Sechskantachse, stehend, 50 kΩ .....	R14

### Kondensatoren:

100pF/SMD .....	C1, C2, C10
1nF/SMD .....	C4-C9, C11, C13
100nF/SMD .....	C3, C12, C14, C15, C17, C19
100µF/16V .....	C16
220µF/16V .....	C18

### Halbleiter:

78L10 .....	IC1
74HC4060/SMD .....	IC2
BC848C .....	T1-T3
BAR60/SMD .....	D1

### Sonstiges

SMD-Induktivität, 470nH .....	L1
SMD-Induktivität, 10µH .....	L2
Cinch-Einbaubuchse, print .....	BU1
Klinkenbuchse, 3,5 mm, stereo, print .....	BU2
BNC- Einbaubuchse .....	BU3
Kippschalter, 1 x um, mit Mittel- stellung .....	S1
1 Potistockachse	
1 Abschirmgehäuse-Unterteil, bearbeitet	
1 Abschirmgehäuse-Oberteil, bearbeitet	
1 Beschriftungsaufkleber	
8 Knippingschrauben, 2,2 x 4,5 mm	
10 cm Schaltdraht, blank, versilbert	

Schaltung sollte aufgrund der verwendeten miniaturisierten Bauelemente mit hoher Sorgfalt von geübten Elektronikern durchgeführt werden. Gerade bei der Montage der SMD-Komponenten empfiehlt sich die Verwendung eines LötKolbens mit bleistiftspitzer Spitze, auf sauberes Löten ist unbedingt zu achten.

### SMD-Bestückung

Die Platine wird unter Zuhilfenahme von Bestückungsplan, Platinenfoto und Stückliste zunächst mit den SMD-Bauelementen bestückt. Vor der Bestückung eines Bauteils ist das entsprechende Pad leicht zu verzinnen. Anschließend wird das Bauteil mit einer Pinzette vorsichtig platziert und festgehalten. Dann erfolgt das Verlöten von zunächst nur einem Anschlusspin. Ist die Position korrekt, sind die restlichen

Anschlüsse zu verlöten. Bitte gehen Sie unter Einhaltung folgender Reihenfolge vor:

- SMD-Widerstände
- SMD-Kondensatoren
- SMD-Induktivitäten L 1 und L 2
- SMD-Transistoren
- IC 2
- Pin-Dioden-Abschwächer D 1

### Einbau der restlichen Bauelemente

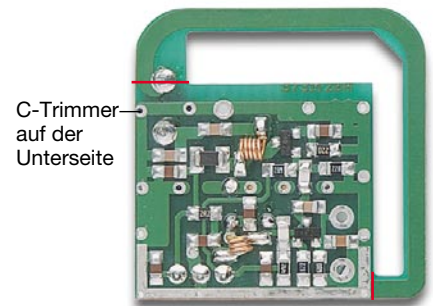
Nach Komplettierung der SMD-Bestückung sind folgende weitere Bauteile zu montieren:

- Elkos C 16 und C 18
- 3,5-mm-Klinkenbuchse BU 2
- Cinchbuchse BU 1
- Festspannungsregler IC 1
- Poti R 14

Im nächsten Schritt folgt die Vorbereitung des Sendemoduls für die Montage auf der Platine. Abbildung 3 zeigt das 433-MHz-Sendemodul HFS 300, Abbildung 4 zeigt das 868-MHz-Sendemodul HFS 868. Zunächst ist der C-Trimmer des Moduls zu entfernen: Dieser ist beim HFS 300 bedrahtet (von unten), und beim HFS 868 als SMD-Bauteil (von oben) ausgeführt. Anschließend wird die komplette Antennenschleife mit einem Seitenschneider entfernt. Die Schnittstellen sind in Abbildung 3 und 4 rot markiert.

Das entsprechende Sendemodul wird gemäß Bestückungsplan in die 3 Bohrungen der Platine geschoben und so weit wie möglich auf die Platine gedrückt. Es erfolgt das Verlöten von der Unterseite. Jetzt ist der HF-Anschluss herzustellen. Ein 10 mm langer Silberdrahtabschnitt wird in der Bohrung ST 1 verlötet und anschließend von oben auf das verbliebene Lötpad des C-Trimmers gebogen. Der Silberdraht wird mit dem Lötpad durch Löten verbunden. **Hinweis:** Bitte darauf achten, dass kein Masseschluss dabei entsteht.

Vor dem Einbau in das Gehäuse sind einige Spannungen zu kontrollieren und die Funktion des Rechteckgenerators sollte überprüft werden, da dieses nach dem Einbau in das Gehäuse nicht mehr möglich ist. Verbinden Sie dazu die Schaltung über ein 12-V-Steckernetzteil mit dem 230-V-Netz. Messen Sie mit einem Multimeter die Ausgangsspannung von IC 1. Diese sollte 10 V betragen. Kontrollieren Sie weiterhin die Emitterspannung von T 3, die ca. 3,5 V betragen muss. Drehen Sie das Poti R 14 in den Rechtsanschlag. Am Schleifer sollten 10 V anstehen. Drehen Sie das Poti in den Linksanschlag. Am Schleifer sollten 0 V anstehen. Falls Sie ein Oszilloskop zur Verfügung haben, messen Sie das Signal an Pin 7 von IC 2. Hier sollte ein 1-kHz-Rechtecksignal mit ca. 3,5 V<sub>ss</sub> anstehen. Besitzen Sie kein Oszilloskop, kön-



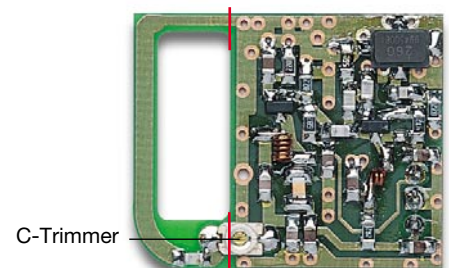
**Bild 3: Das 433-MHz-Sendemodul HFS 300**

nen Sie das Rechtecksignal ebenso mit einem Multimeter überprüfen. Dieses muss im Gleichspannungsbereich ca. 1,75 V anzeigen.

Bevor Sie die Platine in das Gehäuse einbauen, sind 3 Silberdrahtabschnitte von ca. 15 mm Länge in den 3 Bohrungen für den Kippschalter zu verlöten. Weiterhin muss ein 15 mm langer Silberdrahtabschnitt in dem Anschluss für die BNC-Buchse verlötet werden. **Hinweis:** Kürzen Sie mit einem Seitenschneider alle aus der Platinenunterseite herausragenden Drähte auf eine maximale Länge von 1,5 mm, um Kurzschlüsse nach dem Einbau in das Gehäuse zu vermeiden. Setzen Sie jetzt die Platine mit der Cinch-Buchse und der 3,5-mm-Klinkenbuchse voran in das Gehäuse und drücken Sie die Platine so weit herunter, bis sie waagrecht im Gehäuse liegt. Fixieren Sie die Platine im Gehäuse, indem Sie die Platine an den vom Lötstopplack befreiten Flächen mit dem Gehäuse verlöten.

Es folgt der Einbau der BNC-Buchse. Diese ist von außen einzusetzen und von der Innenseite mit der Mutter zu fixieren. Verlöten Sie den bereits eingebauten Silberdrahtabschnitt am Innenpol der Buchse.

Weiterhin ist der Kippschalter von der Innenseite des Gehäuses zu montieren und mit der Mutter von außen zu sichern. Verlöten Sie jetzt die 3 Silberdrahtabschnitte mit dem Kippschalter. Stecken Sie die Potiachse von außen in das Poti. Im letzten Schritt wird der Gehäusedeckel mit dem Aufkleber versehen, aufgesetzt und mit 8 Knippingschrauben 2,2 x 5 mm gesichert. Damit ist der TG 48 fertig gestellt und einsatzbereit. **ELV**



**Bild 4: Das 868-MHz-Sendemodul HFS 868**