

868-MHz-Signale finden und analysieren mit dem Signal-Finder

Der Signal-Finder 868 MHz (SSF 868) ist ein nützliches Tool, um die Benutzung und die Entwicklung von Geräten mit 868-MHz-Funktechnik zu erleichtern. Dieses Gerät kann optisch und akustisch anzeigen, ob das 868-MHz-Frequenzband belegt oder frei ist. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, empfangene Daten-Protokolle über eine HF-Buchse mit einem Oszilloskop für eine spätere Analyse der Protokolllänge oder relativen Funkfeldstärke aufzunehmen. Der SSF 868 kann stationär oder mobil betrieben werden.

Ist da jemand?

Ja, genau diese Frage beantwortet der Signal-Finder, ob nämlich ein Sender im 868-MHz-ISM-Band aktiv ist. Im Gegensatz zum Diagnose-Tool für das FS20-System FS20 DT zeigt der Signal-Finder alle Signale im Band an, decodiert diese jedoch nicht. Allerdings verfügt er über einen sehr empfindlichen Empfänger, der auch Sender aus größerer Entfernung empfangen

kann. Die Art der Empfangsantenne erlaubt zwar kein direktes Anpeilen, um z. B. einen störenden Sender zu orten, aber über die einstellbare Signalstärkenanzeige kann man dennoch einen aktiven Sender orten. Auf diese Weise kann man etwa auch einen defekten, dauerstehenden Sender in einem ausgebauten System finden, Reichweiten testen, „Funklöcher“ ermitteln und vieles andere.

Über einen Signalausgang ist ein Oszilloskop anschließbar, das eine Visualisierung und Analyse des empfangenen Signals ermöglicht – interessant für die Entwicklung von Geräten. Hierüber sind sowohl die Funkfeldstärke als auch die Protokolllänge, aber auch die Signalqualität ermittelbar.

Für den mobilen Einsatz kann das Gerät mit Batterien betrieben werden, es ist umschaltbar für den Betrieb an einem Netzteil.

Bedienung

Die Bedienung des Gerätes ist sehr einfach. Durch die Auswahl des Betriebsmodus „BAT“ oder „ext. Voltage/OFF“ ist das Gerät bereits eingeschaltet. Dies wird auch

Die Nadel im
Heuhaufen suchen?
Nicht mit dem
Signal-Finder!

Technische Daten

Spannungsversorgung:	4–6 V _{DC} ; 3x Micro/AAA/LR03
Stromaufnahme:	max. 55 mA
Eingangsfrequenz:	868,35 MHz
Signal-Output (BNC-Buchse):	bis 3 V je nach Eingangssignalstärke
Ausgangswiderstand:	1 k Ω , kurzschlussfest
Leitungslänge:	BNC-Leitungen bis max. 3 m
Schutzklasse:	III
Schutzart:	IP 20
Abm. Gehäuse (B x H x T):	80 x 148 x 28 mm

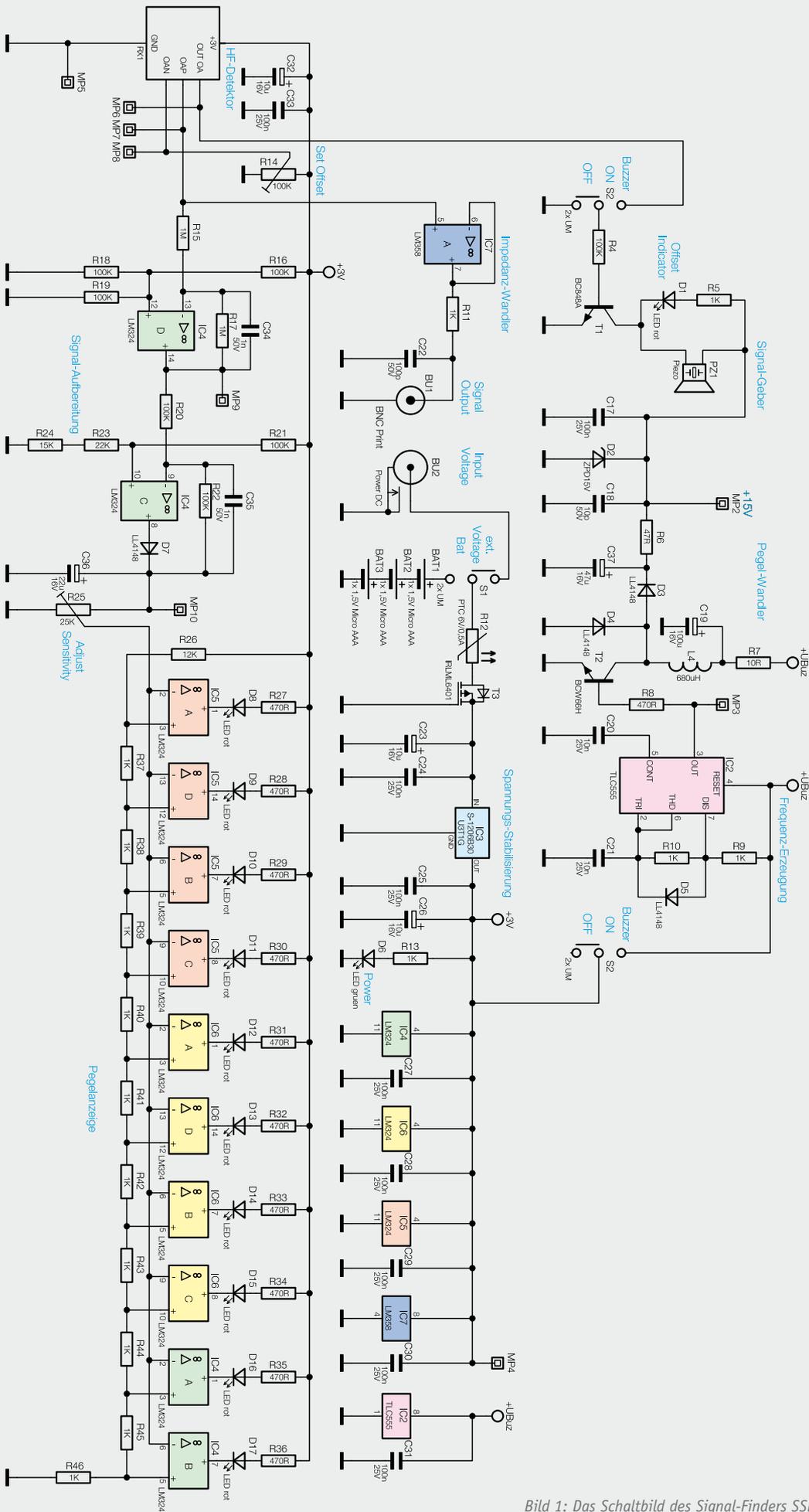


Bild 1: Das Schaltbild des Signal-Finders SSF 868

durch die LED „Power“ angezeigt. Jetzt muss noch die gewünschte Empfindlichkeit mit dem Potentiometer „Adjust Sensitivity“ eingestellt werden.

Alle empfangenen Protokolle werden optisch mit dem LED-Bargraph angezeigt. Je mehr LEDs leuchten, desto stärker ist das empfangene Signal. Durch geschicktes Einstellen der Empfindlichkeit (bei voller Signalanzeige immer wieder Empfindlichkeit zurückstellen) kann man so auch versteckte bzw. unbekannte Sender finden. Durch das Wechselspiel von Bewegungsrichtung und Signalstärkeanzeige ist so der Sender auffindbar.

Ist nun zusätzlich zur optischen eine akustische Anzeige gewünscht, so ist der Schiebeschalter für den Signalgeber „Buzzer ON OFF“ auf ON zu schieben. Um die Qualität der akustischen Ausgabe optimal an das Funkprotokoll anzupassen, ist wie folgt zu verfahren: Das Potentiometer „Set Offset“ so weit nach links drehen, bis die LED „Offset Indicator“ dauerhaft leuchtet. Dann das Potentiometer so lange nach rechts drehen, bis die LED dauerhaft verlischt. Die Ausnahme dabei ist, wenn zum Zeitpunkt der Einstellung ein Funkprotokoll empfangen wird, dann ist zunächst das Senden abzuwarten, bis die Offset-Einstellung erfolgen kann.

So weit zur Bedienung, werfen wir einen Blick auf die Schaltung des Signal-Finders (Bild 1).

Schaltung

Mit dem Schiebeschalter S1 wird der Betriebsmodus „BAT“ für mobilen Betrieb oder „ext. Voltage/OFF“ für stationären Betrieb ausgewählt. Für den mobilen Betrieb sind drei Batterien von Typ Micro (AAA/LR03) notwendig. Im stationären Betrieb ist eine Gleichspannung von 4 bis 6 V erforderlich. Diese ist an die Hohlsteckerbuchse BU2 anzuschließen. Die Schiebeschalterposition für den stationären Betrieb dient ebenfalls als Aus-Position, um die Batterien nicht unnötig zu entleeren. Der stationäre Betrieb wird ja in der Hauptsache in einer Laborumgebung stattfinden, die nach Arbeitsende sowieso komplett abgeschaltet wird, somit auch das versorgende Netzteil.

Der Sicherungswiderstand R12 dient im Fehlerfall (z. B. Kurzschluss) für ein sicheres Abschalten des Gerätes. Der Transistor T3 arbeitet als Verpolungsschutz. Sobald die Batterien oder die Gleichspannung nicht polungsrichtig eingelegt bzw. angeschlossen werden, sperrt der Transistor T3.

Anschließend folgt eine Spannungsstabilisierung mit dem Linear-Spannungsregler IC3 auf 3 V. Die Kondensatoren C23 bis C26 dienen zur Spannungsstabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung des Spannungsreglers IC3.

Eine Betriebsanzeige ist mit der LED D6 in Verbindung mit dem Vorwiderstand R13 realisiert.

Als Detektor dient ein modifizierter Superhet-Empfänger RX1. Dieser ist sehr empfindlich und liefert am Port OAP ein Ausgangssignal, welches sehr gut mit einfachen Mitteln verarbeitet werden kann. Das Signal hat eine Amplitude von ca. 150 mV bis 2 V je nach Empfangssignalstärke.

Die Aufbereitung des Signals erfolgt mit Hilfe eines Operationsverstärkers IC4 Stufe D und C. Die OP-Stufe D arbeitet als Inverter mit Offset-Spannungs-

anpassung. Die Offset-Spannung wird nach folgender Formel ermittelt:

$$V_{\text{Offset_OP-Stufe D}} = \frac{\frac{R18 * R19}{R18 + R19}}{\frac{R18 * R19}{R18 + R19} + R16} * 3 \text{ V} = \underline{\underline{1 \text{ V}}}$$

Die zweite OP-Stufe C arbeitet ebenfalls als Inverter mit Offset-Spannungsanpassung und zusätzlich als Spitzenwert-Gleichrichter, um das Eingangssignal für die spätere Pegelanzeige für eine gewisse Zeit konstant zu halten. So wird ein permanentes Aufflackern der LEDs unterdrückt. Die Offset-Spannung berechnet sich in diesem Fall so:

$$V_{\text{Offset_OP-Stufe C}} = \frac{R23 + R24}{R23 + R24 + R16} * 3 \text{ V} = \underline{\underline{810 \text{ mV}}}$$

Die Kondensatoren C34 und C35 bilden zusammen mit den zugehörigen Widerständen R17 und R22 jeweils ein Tiefpass-Filter. Der Spitzenwert-Gleichrichter besteht aus der Diode D7 und dem Kondensator C36. Da sich die Diode D7 im Rückkoppelzweig der OP-Stufe C befindet, kann die Durchlass-Spannung der Diode für die weitere Betrachtung unberücksichtigt bleiben.

Mit dem Potentiometer R25 kann man die Empfindlichkeit für die folgende Pegelanzeige einstellen. Dies ist hilfreich, um einerseits starke Signale auszublenden und andererseits den Standort eines unbekanntem Senders besser zu finden. Die Pegelanzeige ist auch mit Operationsverstärker-Stufen, nämlich IC4 Stufe A und B, IC 5 und IC6 und 10 LEDs D8 bis D17 mit dazugehörigen Vorwiderständen R27 bis R36 realisiert. Die OP-Stufen funktionieren als Fenster-Komparatoren. Die Schwelle der einzelnen Fenster ist mit Hilfe der Widerstände R26 und R37 bis R46 an das Ausgangssignal der Signalaufbereitung so angepasst, dass es zu einer linearen Ansteuerung der LEDs kommt.

Die akustische Anzeige erfolgt über einen Piezo-Signalgeber PZ1, der über den Transistor T1 angesteuert wird. Der Schiebeschalter S2 dient zum Ein- und Ausschalten des Signalgebers und der Frequenzerzeugung mit anschließendem Pegelwandler. Angesteuert wird der Transistor T1 mit dem Detektor RX1 Port OUT OA. Dieses Signal ist äquivalent zu dem empfangenen Datenprotokoll.

Um den Signalgeber optimal an die Datenrate und die Signalstärke des Protokolls anzupassen, gibt es eine Einstellmöglichkeit mit dem Potentiometer R14. Da der Piezo-Signalgeber PZ1 für eine ausreichende Lautstärke eine höhere Betriebsspannung als die vorhandene Gleichspannung von 3 V benötigt, ist ein Pegelwandler erforderlich. Dieser ist mit einem Step-up-Wandler realisiert. Dazu wird der Transistor T2 mit einer Frequenz von ca. 50 kHz angesteuert. Diese Frequenz wird mit Hilfe eines Timer-Bausteins TLC555 IC2 erzeugt.

Um ein möglichst optimales Signal (Pulspause/Pulszeit) für den Step-up-Wandler zu generieren, kann eine sehr gute Abschätzung nach folgender Gleichung erfolgen:

$$f = \frac{1}{C21 * (R9 + 2 * R10) * \ln(2)} = \underline{\underline{48,09 \text{ kHz}}}$$

Der Kondensator C20 dient in dieser Kippstufe zur Schwingneigungsunterdrückung.

Das so erzeugte Rechteck-Signal steuert über den Widerstand R8 die Basis des Transistors T2. Während der Impulsdauer des Signals lädt sich die Induktivität L4 auf. Je länger der Transistor leitet, umso mehr Energie kann die Induktivität speichern. Nach dem Sperren des Transistors T2, also in der Impulspause des Signals, versucht die Induktivität, den Strom so lange aufrechtzuerhalten, bis die gesamte gespeicherte Energie verbraucht ist. Die damit verbundene Spannung überlagert sich der Betriebsspannung und lädt den Kondensator C37. Die Diode D3 verhindert dabei ein ungewolltes Entladen des Kondensators C37. Der Widerstand R6 und die Kondensatoren C17 bis C18 bil-

den einen Tiefpass, um die Betriebsspannung für den weiteren Schaltungsteil zu filtern. Die Zener-Diode D2 sorgt für eine Spannungsbegrenzung auf maximal 15 V.

Des Weiteren gibt es eine Ausgangsbuchse BU1, um das empfangene Funkprotokoll untersuchen zu können. Dafür ist ein digitales Speicheroszilloskop sehr hilfreich. Somit können gespeicherte Signale auf Protokolllänge oder relative Funkfeldstärke untersucht werden. Um das Ausgangssignal des Detektors RX1 nicht zu belasten, folgt die Anbindung über einen Impedanzwandler IC7 Stufe A. Dieser ist auch mit einem Operationsverstärker realisiert. Der Widerstand R11 sorgt bei einem Kurzschluss an der Buchse BU1 für eine Strombegrenzung, so dass der Operationsverstärker IC7 nicht zerstört werden kann.

Nachbau

Alle SMD-Bauelemente sind bei der Auslieferung des

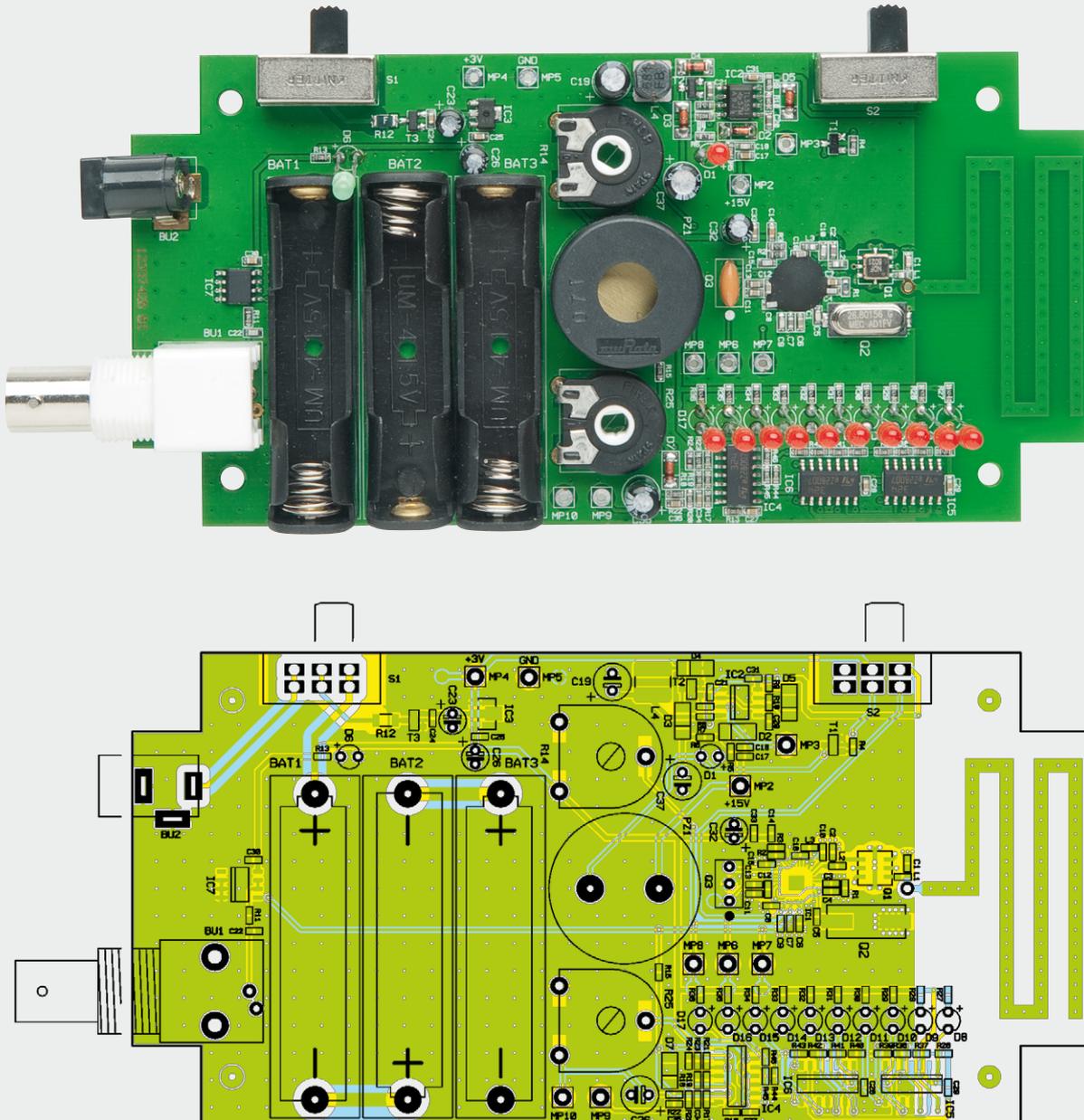


Bild 2: Platinenfoto der bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan der Bestückungsseite

Bausatzes bereits bestückt. So müssen nur noch die bedrahteten Bauteile an der dafür vorgesehenen Position bestückt und verlötet werden. Unterstützung liefern dabei die in Bild 2 und 3 abgebildeten Platinenfotos sowie der jeweils zugehörige Bestückungsplan sowie der Bestückungsaufdruck auf der Platine.

Es ist darauf zu achten, dass alle Bauelemente, bis auf die Leuchtdioden, flach auf der Platine bestückt werden.

Als Erstes erfolgt die Bestückung der Buchsen BU1 (BNC) und BU2 (Hohlstecker). Hier ist darauf zu achten, dass die Körper der Buchsen plan auf der Platine aufliegen und die Anschlüsse mit reichlich Lötzinn versehen werden, damit die mechanische Belastung gleichmäßig verteilt wird.

Anschließend folgen die Batteriehalter BAT1 bis BAT3. Sie sind entsprechend den Polungsmarkierungen auf der Platine und im Batteriehalter einzusetzen und

die Anschlüsse sind ebenfalls mit reichlich Lötzinn zu verlöten.

Nun werden alle Elektrolyt-Kondensatoren eingesetzt, wobei hier auf das polrichtige Einsetzen (Minusmarkierung am Kondensator, Plusmarkierung auf der Platine) zu achten ist. Schließlich sind die Potentiometer R14 und R25 an der Reihe, gefolgt von dem Signalgeber PZ1 und den Schiebeschaltern S1 und S2. Auch hier sind die bei den Buchsen gegebene Hinweise zu beachten, um mechanische Stabilität bei der späteren Bedienung zu gewährleisten.

Zum Schluss folgen alle LEDs. Sie sind polrichtig (Anode [+] = längerer Anschluss) in einem Abstand von 24 mm von der Leiterkartenoberfläche bis LED-Oberkante einzubauen. Dieses ist in Bild 4 zu sehen.

Für die Bedienung der Potentiometer müssen die Potentiometerachsen in die Potentiometer gesteckt werden. Zuvor ist eine Kürzung der Achsen auf 27 mm

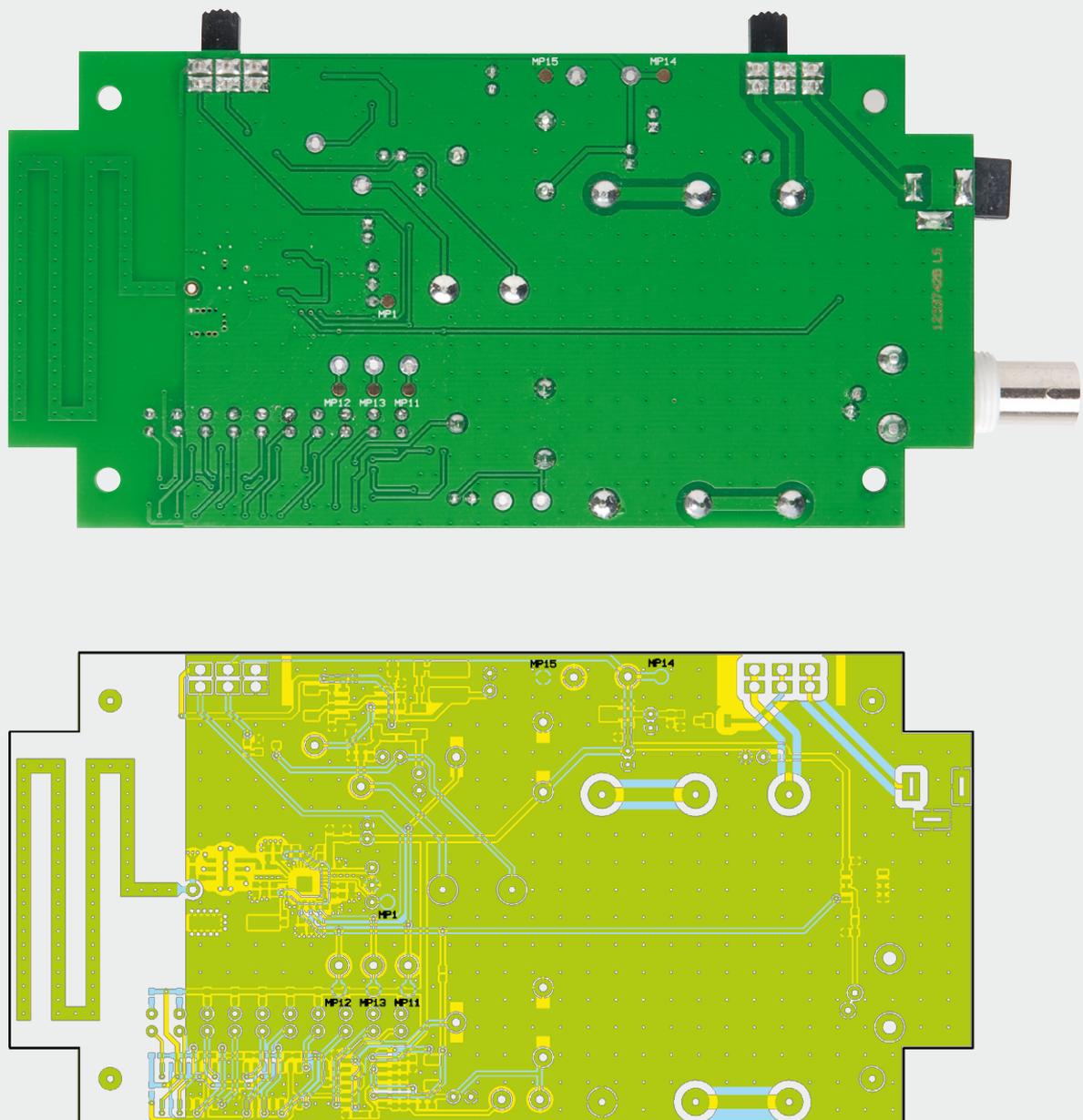


Bild 3: Platinenfoto der bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan der Lötseite

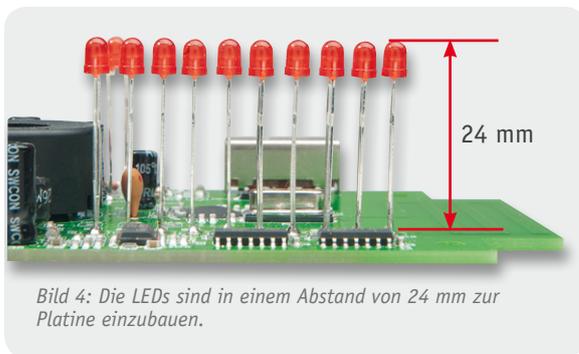


Bild 4: Die LEDs sind in einem Abstand von 24 mm zur Platine einzubauen.

vorzunehmen. Dieses kann mit einer kleinen Eisensäge geschehen, siehe Bild 5.

Damit ist die Platine vollständig bestückt und kann in die Gehäuse-Unterschale eingelegt werden. Mit vier Schrauben vom Typ Ejot 3,0 x 5 mm ist die Platine nun in der Unterschale zu befestigen. Bild 6 zeigt die so befestigte Platine.

Jetzt können drei Batterien vom Typ Micro (AAA/LR03) polungsrichtig in die Batteriehalter BAT1 bis BAT3 eingelegt werden. Anschließend wird die Gehäuse-Oberschale auf der Unterschale positioniert und von der Unterseite mit vier Gehäuseschrauben befestigt.

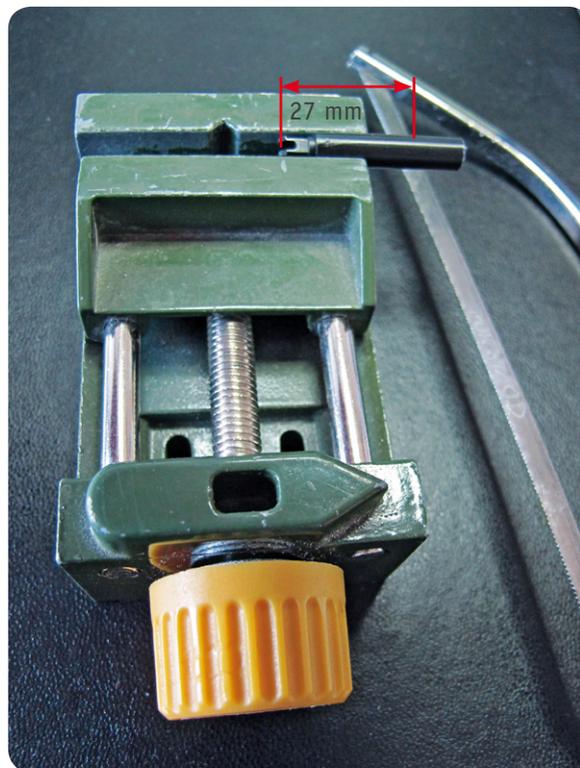


Bild 5: Die Potentiometerachsen sind auf 27 mm Länge zu kürzen.

Widerstände:

10 Ω/1 %/SMD/0603	R7
47 Ω/1 %/SMD/0603	R6
470 Ω/1 %/SMD/0603	R2, R3, R8, R27–R36
1 kΩ/1 %/SMD/0603	R5, R9–R11, R13, R37–R46
10 kΩ/1 %/SMD/0603	R1
12 kΩ/1 %/SMD/0603	R26
15 kΩ/1 %/SMD/0603	R24
22 kΩ/1 %/SMD/0603	R23
100 kΩ/1 %/SMD/0603	R4, R16, R18–R22
1 MΩ/1 %/SMD/0603	R15, R17
PT15 liegend, 25 kΩ	R25
PT15 liegend, 100 kΩ	R14
Polyswitch 6 V/0,5 A/SMD/1206	R12

Kondensatoren:

1,2 pF/SMD/0603	C16
2,2 pF/SMD/0603	C2
3,3 pF/SMD/0603	C1
10 pF/SMD/0603	C18
22 pF/SMD/0603	C9
27 pF/SMD/0603	C5
100 pF/SMD/0603	C22
330 pF/SMD/0603	C4, C8, C10, C15
1 nF/SMD/0603	C3, C11, C13, C34, C35
1,5 nF/SMD/0603	C6
10 nF/SMD/0603	C7, C20, C21
33 nF/SMD/0603	C12
100 nF/SMD/0603	C14, C17, C24, C25, C27–C31, C33
10 µF/16 V	C23, C26, C32
22 µF/16 V	C36
47 µF/16 V	C37
100 µF/16 V	C19

Halbleiter:

TH71111/DIE	IC1
TLC555ID/SMD	IC2
S-1206B30-U3T1G/SMD	IC3
LM324/SMD	IC4–IC6
LM358/SMD	IC7
BC848A	T1
BCW66H/SMD/Infineon	T2
IRLML6401/SMD	T3
LL4148	D3–D5, D7
ZPD15 V/SMD	D2
LED 3 mm/Rot	D1, D8–D17
LED 3 mm/Grün	D6

Sonstiges:

SMD-Induktivität 10 nH/0603/5 %	L1
SMD-Induktivität 12 nH/0603/5 %	L2
SMD-Induktivität 6,8 nH/0603/5 %	L3
SMD-Induktivität 680 µH/190 mA	L4
OFW CTNF8021 SMD	Q1
Quarz 26,80156 MHz/HC49U4/SMD	Q2
Keramikfilter 10,7 MHz/print	Q3
Piezo-Signalgeber print	PZ1
BNC-Einbaubuchse mit Kunststoffsockel/print	BU1
Hohlsteckerbuchse 2,1 mm/print	BU2
Batteriehalter für eine Microzelle	BAT1–BAT3
Schiebeschalter 2x um/winkelprint	S1, S2
2 Drehknopfsets 12 mm/Grau	
2 Kunststoffachsen ø 6 x 37,8 mm	
1 Kunststoff-Gehäuse Typ G443/komplett/bearbeitet und bedruckt	
4x Ejot 3,0 x 5 mm	

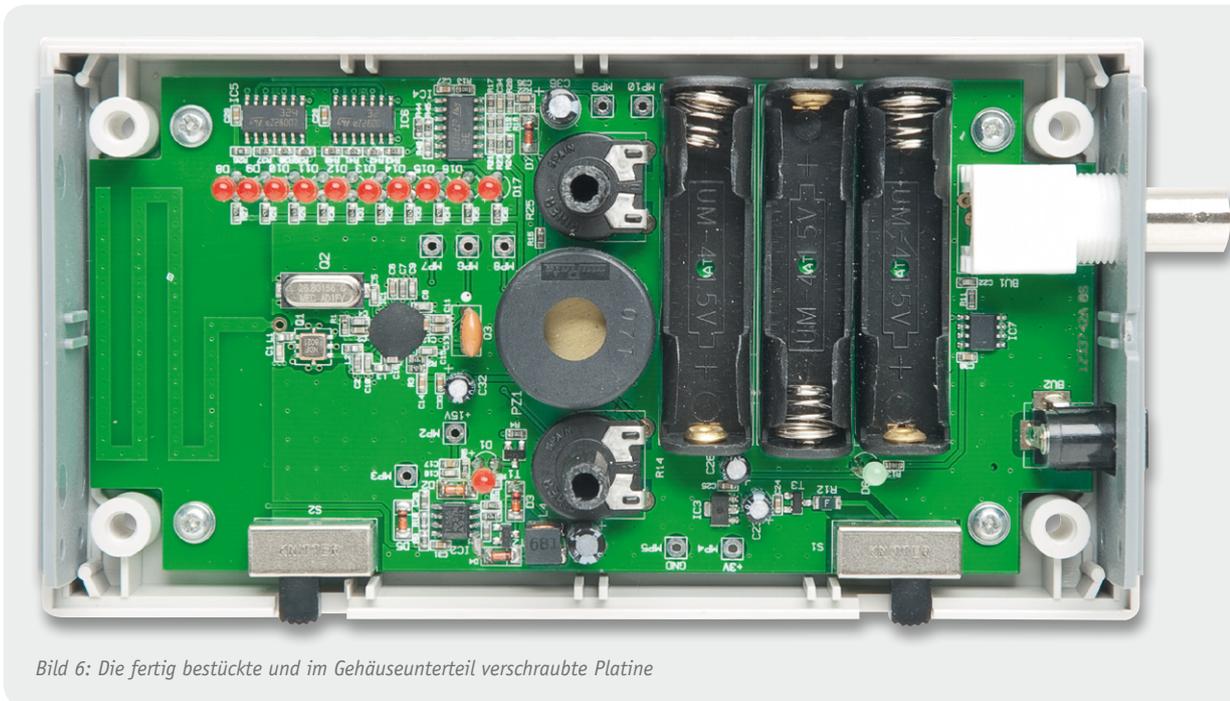


Bild 6: Die fertig bestückte und im Gehäuseunterteil verschraubte Platine

Jetzt fehlen noch die Drehknöpfe. Sie bestehen jeweils aus einem Drehknopf, einer Pfeilscheibe und einer Kappe. Als Erstes wird die Pfeilscheibe von unten auf den Drehknopf gesteckt. Dabei ist zu beachten, dass der Pfeil sich entgegengesetzt der Befestigungsmadenschraube für den Knopf befindet, wie es in Bild 7 zu sehen ist.

Jetzt kann der Knopf auf die Achse gesteckt und mit der kleinen Madenschraube befestigt werden. Es ist darauf zu achten, dass der befestigte Knopf beim Betätigen nicht auf dem Gehäuse aufsitzt, das Betätigen wäre damit unmöglich bzw. schwergängig. Zum Schluss wird dann die Kappe auf den Knopf gesteckt und das Gerät ist vollständig aufgebaut. Ein Abgleich ist nicht erforderlich, somit ist das Gerät betriebsbereit. **ELV**



Bild 7: Die Pfeilscheibe ist so aufzusetzen, dass die Pfeilspitze genau gegenüber der Madenschraube sitzt.

ISM-HF-Anwendungen, Gruppen- und Klassen-Zuweisung:

Das Gerät SSF 868 ist ein Gerät der Gruppe 1 Klasse B.

Gruppen-Zuweisung:

Geräte der Gruppe 1:

Die Gruppe 1 umfasst alle Geräte im Anwendungsbereich dieser Norm, die nicht als Geräte der Gruppe 2 eingestuft sind.
Geräte der Gruppe 2:

Die Gruppe 2 umfasst alle ISM-HF-Anwendungen, in denen HF-Energie im Funkfrequenzbereich von 9 kHz bis 400 GHz absichtlich erzeugt und/oder in Form von elektromagnetischer Strahlung oder mittels induktiver oder kapazitiver Kopplung zur Behandlung von Material oder zu Materialprüfungs- oder -analysezwecken verwendet wird.

Unterteilung in Klassen

Geräte der Klasse A sind Geräte, die sich für den Gebrauch in allen anderen Bereichen

außer dem Wohnbereich und solchen Bereichen eignen, die direkt an ein Niederspannungs-Versorgungsnetz angeschlossen sind, das (auch) Wohngebäude versorgt.



WARNHINWEIS:

Geräte der Klasse A sind für den Betrieb in einer industriellen Umgebung vorgesehen. In den Begleitunterlagen für den Benutzer muss eine Aussage enthalten sein, die auf die Tatsache aufmerksam macht, dass es wegen der auftretenden leitungsgebundenen sowie auch gestrahlten Störgrößen möglicherweise Schwierigkeiten geben kann, die elektromagnetische Verträglichkeit in anderen Umgebungen sicherzustellen.

Geräte der Klasse B sind Geräte, die sich für den Betrieb im Wohnbereich sowie solchen Bereichen eignen, die direkt an ein Niederspannungs-Versorgungsnetz angeschlossen sind, das (auch) Wohngebäude versorgt.