

MONTAGE  
VIDEO

# Perfekter Signallieferant

## HQ-Stereo-UKW-Prüfgenerator SUP3

Infos zum Baueinsatz

im ELV-Web-Shop

#1453

Der SUP3 generiert ein hochqualitatives FM-Signal inklusive eines individuell konfigurierbaren RDS-Signals. Eine USB-Schnittstelle ermöglicht zusätzlich zur analogen Audioeinspeisung auch das Einspeisen digitaler Audiodaten. Die Bedienung erfolgt übersichtlich über eine praktische Kombination aus Drehgeber und OLED-Display, zusätzlich erlaubt eine PC-Software die einfache Steuerung des SUP3 von einem PC aus.

### Vielseitig

Nach der großen Resonanz auf die Vorgängermodelle SUP1 und SUP2 stellen wir hier den Nachfolger SUP3 vor, der über zahlreiche neue Features verfügt. Al-

lem voran ist nun eine digitale Signaleinspeisung per USB vorhanden. So kann man einen PC oder andere Geräte mit USB-Soundausgabe direkt als Signalquelle nutzen. Und da der UKW-Prüfgenerator auch mit Batterien betrieben werden kann und außerdem ein auszugebendes RDS-Signal in dessen EEPROM abspeicherbar ist, kann man z. B. mit der mobilen Kombination aus Prüfgenerator und Smartphone das begehrte Radio-Schätzchen auch dann vor dem Kauf auf Herz und Nieren testen, wenn etwa in einer Halle kein UKW-Empfang möglich ist. Auch für das Vorführen von Radios, ob im Verkaufsraum oder im Museum, ist solch ein Generator hervorragend geeignet, macht er doch unabhängig vom Antennenempfang und bietet zusätzlich noch die Möglichkeit, eigene Inhalte, etwa Erklärungen in einer Ausstellung, auszugeben.

Der Haupteinsatzzweck ist aber wohl das Instandsetzen und Restaurieren von UKW-Rundfunkempfängern. Denn nur mit einem normgerechten Prüfsignal ist ein exakter Abgleich möglich. Der Einsatz als UKW-Sender allerdings, auch wenn es nur um kurze Entfernungen geht, ist verboten!

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	SUP3
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V LR6/Mignon/AA
Stromaufnahme:	250 mA max.
Ruhebetrieb:	10 µA
Frequenzbereich:	87,5–108 MHz
HF-Ausgang:	88–118 dBµV/75 Ω/IEC
Audio-Eingänge:	Audio-/Stereo-Klinke
Anzeige:	OLED-Farbdisplay mit 128 x 128 Bildpunkten
Sonstiges:	Audio wahlweise analog (Klinke) oder digital (USB) Sendername (2 x 8 Zeichen) RDS-Text (64 Zeichen) Bedienung und Audiodaten (digital) über USB
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Abmessungen (B x H x T):	63 x 142 x 25 mm
Gewicht (mit/ohne Batterien):	184/135 g



Auch bei der Bedienung hat sich am SUP3 einiges verändert. Es steht nun ein farbiges OLED-Display zur Verfügung. Die Bedienung erfolgt komfortabel mit einem Drehrad (Inkrementalgeber).

Ein ganz besonderes Feature ist, wie bereits erwähnt, der USB-Anschluss. Hierdurch ist es nun möglich, digitale Audiodaten vom PC auf den SUP3 zu übertragen. Der SUP3 fungiert dabei als externe Soundkarte. Auch die Fernbedienung erfolgt über den USB-Anschluss.

## Funktionsumfang

Bild 1 zeigt das Anschlussschema für den SUP3 mit allen Anschlussvarianten. Das Prüfobjekt ist hier als Oldtimer-Radio dargestellt. Hierbei gilt es zu beachten, dass als Verbindungsleitung zum Prüfobjekt immer ein abgeschirmtes Kabel verwendet werden muss, das direkt am Antenneneingang des Prüflings anzuschließen ist. Wie gesagt, der SUP3 ist ein Prüf-generator und kein UKW-Sender im herkömmlichen Sinne. Deshalb muss eine HF-Abstrahlung unbedingt vermieden werden.

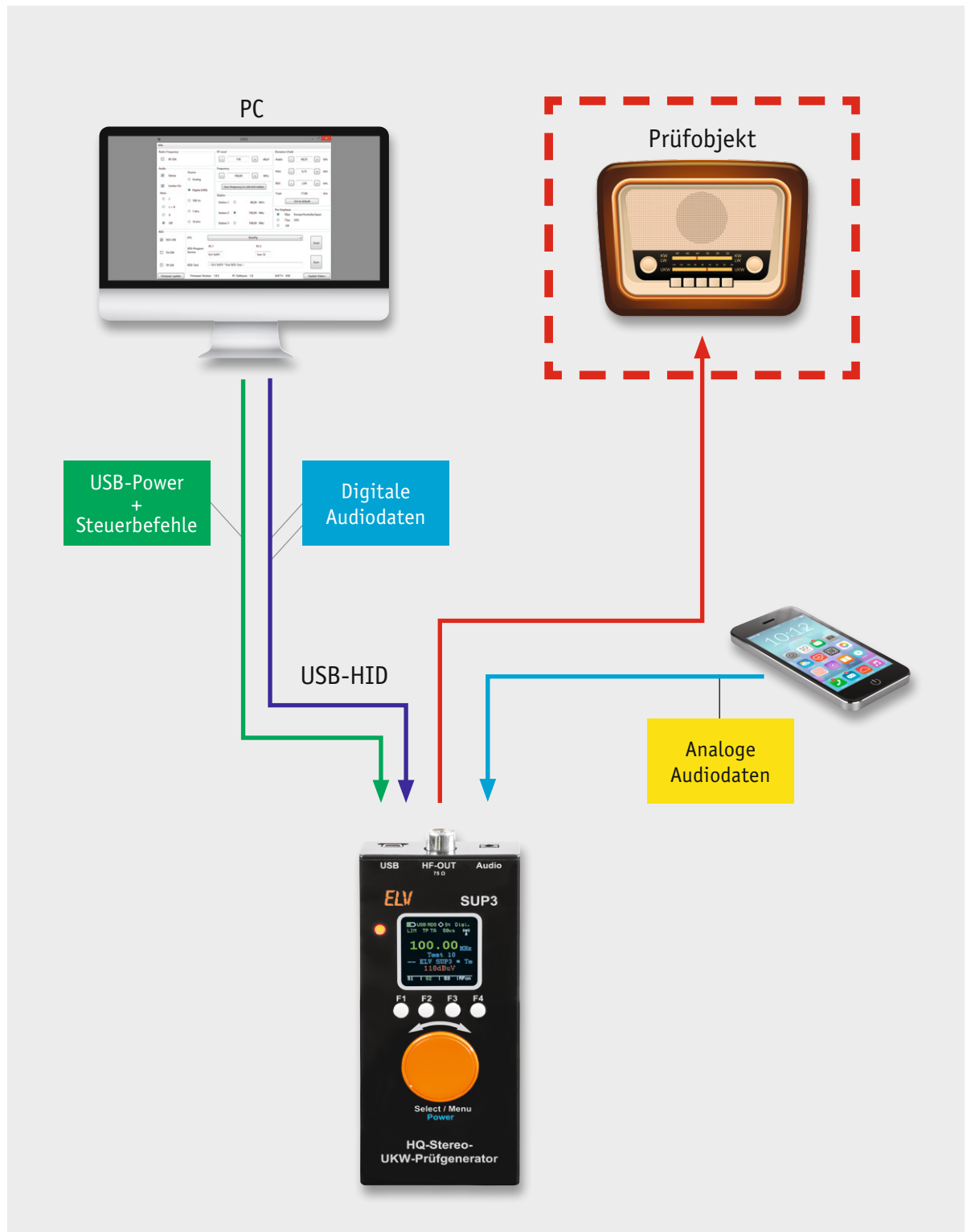


Bild 1: Das Anschlussschema des SUP3

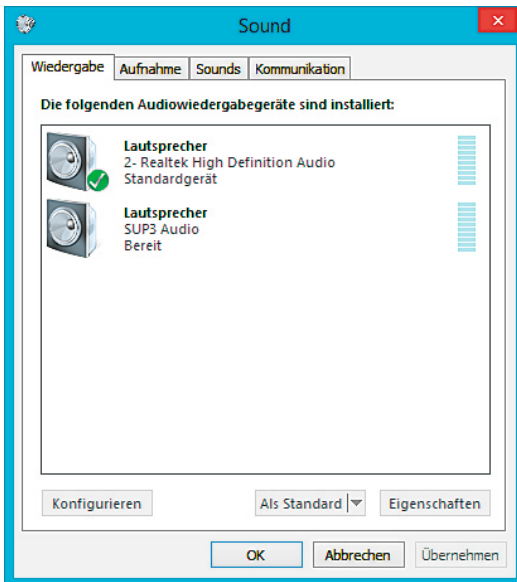


Bild 2: Das Menü „Sound“ in den Systemeinstellungen



Bild 3: Unter „Aufnahme“ findet man „Stereomix“ als Aufnahmegerät.

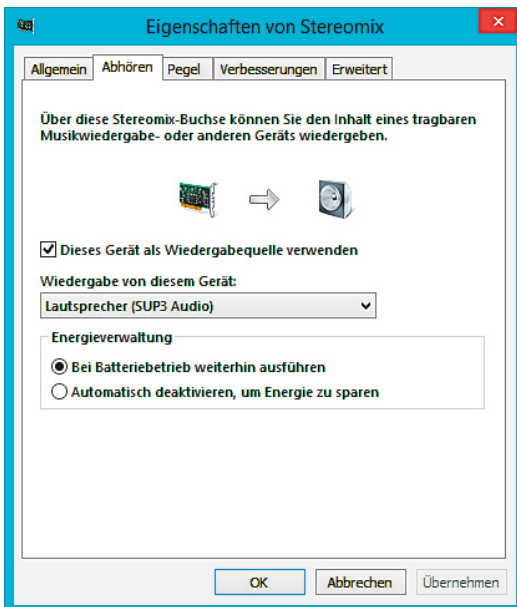


Bild 4: Nach Anklicken von „Stereomix“ kann man diese Option als Wiedergabequelle neben der internen Soundkarte einstellen.

Als analoge Audioquelle kann z. B. ein Smartphone verwendet werden. Für die interne Erzeugung von Prüfsignalen kann auch der interne Oszillator mit festen Frequenzen von 100 Hz, 1 kHz oder 10 kHz zur Modulation zum Einsatz kommen (siehe Bedienung). Des Weiteren besteht die Möglichkeit, den SUP3 über einen USB-Anschluss z. B. mit einem PC zu verbinden. Hierbei werden zwei Kanäle genutzt. Einmal kann über eine PC-Software der SUP3 komfortabel ferngesteuert und gleichzeitig ein digitales Audiosignal vom PC zum SUP3 übertragen werden. Hierbei meldet sich der SUP3 als externe Soundkarte an.

### SUP3 am PC einrichten

Nachdem man den SUP3 über den USB-Anschluss verbunden hat, erfolgt eine automatische Erkennung durch den PC. Für die Fernsteuerung meldet sich der SUP3 als HID-Gerät an, man benötigt also keinen Treiber.

Gleichzeitig wird eine externe Soundkarte erkannt. Unter *Lautsprechereigenschaften* lässt sich nun der SUP3 als Ausgabegerät wählen. Hierbei gilt zu beachten, dass Windows nur eine Soundkarte als Ausgabequelle verwalten kann. Es gibt einen kleinen Trick, wie man dennoch das Audiosignal am PC mithören kann, Stichwort „Stereomix“:

Dazu ruft man unter *Systemsteuerung* → *Sound* (Bild 2) auf, unter dem Reiter *Wiedergabe* sollten die Soundkarte vom PC und der SUP3 aufgeführt sein. Als Standardgerät wählt man die Soundkarte.

Unter *Aufnahme* ist der *Stereomix* zu finden (Bild 3, falls nicht: → *Rechtsklick* und *deaktivierte Geräte anzeigen* und den *Stereomix aktivieren*). In den *Stereomix-Einstellungen* wird im Reiter *Abhören* (Bild 4) das Häkchen bei *Dieses Gerät als Wiedergabequelle verwenden* gesetzt und in der Drop-down-Auswahl der SUP3 ausgewählt. Dann die Einstellung mit *OK* beenden. Nun sollte die Wiedergabe auf beiden Geräten erfolgen, teilweise ist zunächst ein Neustart des Rechners erforderlich.

Bei der Wiedergabe treten Latenzen zwischen der Soundkarte und der Ausgabe auf dem am SUP3 angeschlossenen Testgerät auf, diese entstehen durch die unterschiedlichen Übertragungswege.

### PC-Software

Die Bedienoptionen sind, wie in Bild 5 zu sehen, selbsterklärend und entsprechen der Bedienung am Gerät, mit Ausnahme der RDS-Funktion. Hier besteht die Möglichkeit, den RDS-Text und den Text für den RDS-Programm-Service direkt zu verändern. Durch Betätigung der Taste *Send* werden die RDS-Daten zum SUP3 übertragen. Möchte man die Texte

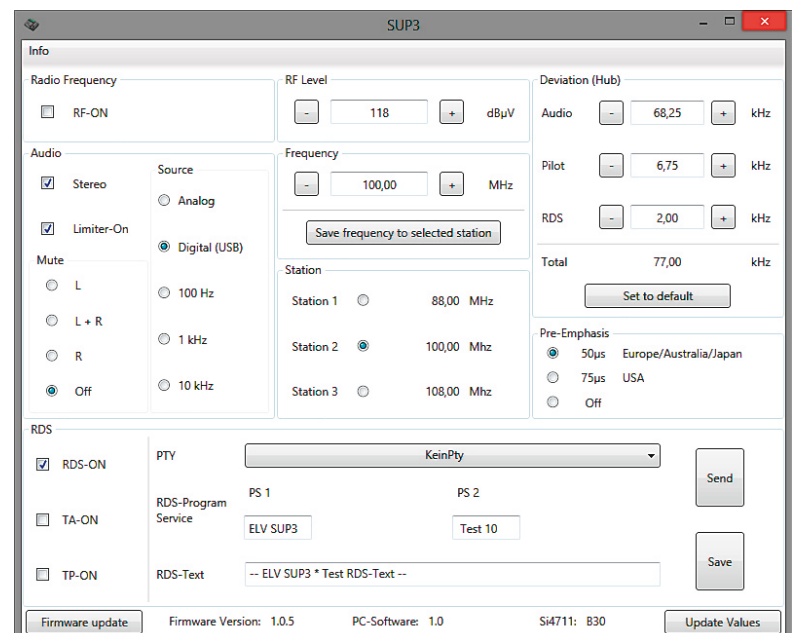


Bild 5: Über das PC-Programm können sämtliche Einstellungen übersichtlich über die USB-Verbindung vorgenommen werden.



direkt im SUP3 abspeichern, geschieht dies über die Schaltfläche *Save to EEprom SUP3*.

Eine weitere Besonderheit ist die Update-Funktion. Auf der Produktseite im ELV-Shop wird bei Bedarf ein Firmware-Update bereitgestellt. Dies kann der Fall sein, wenn z. B. ein Firmware-Bug o. Ä. behoben wird. Die FW-Datei muss hierfür zunächst heruntergeladen werden. Anschließend wählt man die heruntergeladene Datei und startet das FW-Update. Dieser Vorgang sollte nicht unterbrochen werden, da es sonst zu einer Fehlfunktion kommen kann.

## Bedienung

Die Bedienung erfolgt über ein Drehrad (Inkrementalgeber) und vier Funktionstasten, die je nach Menü unterschiedliche Funktionen ausführen. Eingeschaltet wird das Gerät über einen Tastendruck des Inkrementalgebers. Im Display erscheint zunächst die FW-Version. Danach erscheint der Hauptbildschirm. In **Bild 6** sind alle Symbole dargestellt und erklärt. Im Hauptbildschirm können mit den Funktionstasten (F1 bis F4) und dem Inkrementalgeber die folgend erläuterten Funktionen ausgeführt werden.

Mit den Funktionstasten F1 bis F3 können zuvor programmierte Frequenzen aufgerufen werden (S1 bis S3). Die vierte Funktionstaste F4 dient zum Ein- und Ausschalten des HF-Ausgangs (RFon). Der aktive HF-Ausgang wird durch ein Antennensymbol dargestellt. Mit dem Inkrementalgeber kann durch Drehen die Frequenz manuell verändert werden.

Durch Betätigen des Tasters (Inkrementalgebers) gelangt man in das Menü, das folgende Einstellmöglichkeiten bietet und in **Bild 7** in der Übersicht zu sehen ist:

### HF-Pegel (RF-Power) und Preemphasis

Hier kann der Ausgangspegel in einem Bereich von 88 bis 118 dB $\mu$ V verändert werden.

Durch die Funktionstasten kann die Preemphasis eingestellt werden. In Europa wird eine Preemphasis von 50  $\mu$ s verwendet [1]. Die Preemphasis ist eine senderseitige Höhenanhebung, die durch Deemphasis im Empfänger ausgeglichen wird. Dieses Verfahren wird zur Verbesserung des Signal-Rausch-Abstands angewandt.

### Deviation (Hub)

Der Hub, im Englischen auch Deviation genannt, ist abhängig von der Modulationstiefe. Bei der FM-Modulation kennzeichnet der Hub die Lautstärke des Modulationssignals. Je größer der Hub, desto höher die Lautstärke [2]. Die Änderung der Trägerfrequenz  $\Delta f_T$  wird als Frequenzhub bezeichnet. Der Hub kann für den Hauptträger, RDS-Träger und Pilotton getrennt eingestellt werden. Nach der Norm darf der Gesamthub einen Wert von 77 kHz nicht überschreiten, da sich die Träger gegenseitig stören können. Aus diesem Grund wird der Gesamthub als Summe angezeigt.

Mit den Funktionstasten kann direkt zwischen den Einstelloptionen gewählt werden, oder man schaltet durch Betätigen des Inkrementalgebers weiter. Mit dem Drehrad wird der jeweilige Wert verändert. Mit der Funktionstaste F4 verlässt man das Menü wieder.

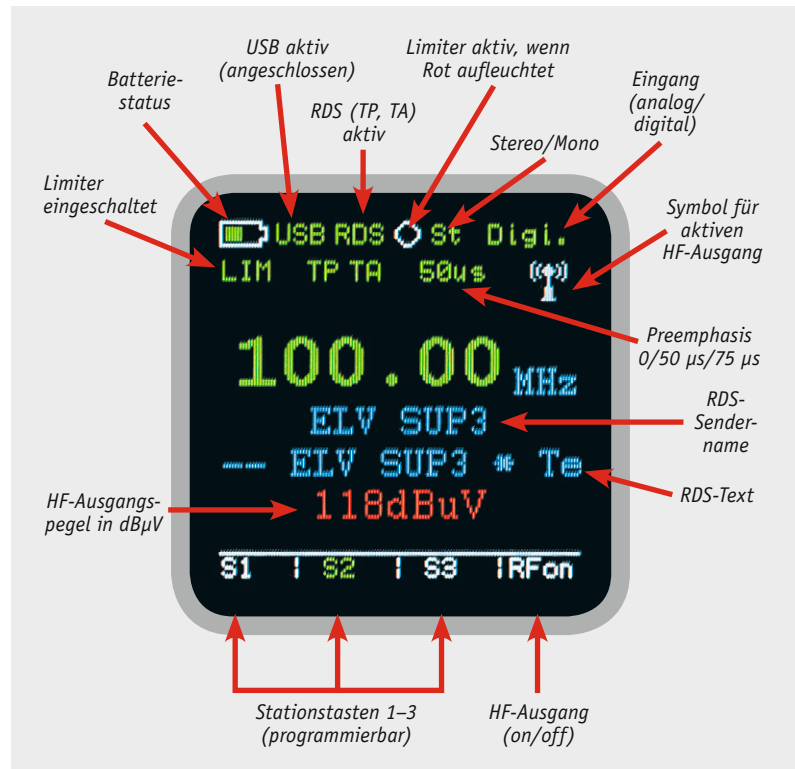


Bild 6: Alle Displayelemente auf einen Blick

Bei *Default* können die Grundeinstellungen für den Hub wiederhergestellt werden. Dazu ist durch Drücken des Inkrementalgebers dieser Menüpunkt anzuwählen und durch Drehen auf *YES* zu stellen, ein erneuter Druck auf den Inkrementalgeber lädt dann die Grundeinstellungen. Unter *NO* wird das Menü beendet, ohne die Grundeinstellungen wiederherzustellen.

### Menü „Audio“

In diesem Menü kann man wiederum drei Untermenüs wählen und den Limiter aktivieren oder deaktivieren. Der Limiter lässt sich auch mit der Funktionstaste F4 umschalten.

### Input-Mode

Hier wird festgelegt, mit welcher Quelle die FM-Modulation stattfindet.

Es kann zwischen analogem Eingang (Klinkenbuchse), digitalem Eingang (USB) oder festen Frequenzen gewählt werden. Durch Drehen des Drehrads oder mit den Funktionstasten kann direkt zwischen den Einträgen gewählt werden. Mit der Funktionstaste F4 verlässt man dieses Menü wieder.

*Hinweis: Bei der internen Modulation darf kein externes analoges Signal anliegen, da sich beide Signale überlagern können.*

### Modulation

Mittels Drehrad lassen sich die Funktionen aktivieren. Zusätzlich können über die Funktionstasten F1 bis F3 die Funktionen Stereo, Mono und die Mute-Funktion (Stummschaltung) direkt aktiviert werden. Mit der Taste F4 verlässt man dieses Menü wieder.

### RDS

Mit der Taste F1 kann man die RDS-Funktion aktivieren oder deaktivieren. Taste F2 aktiviert die Funktion TA (Traffic Announcement). Dies bewirkt auf der Empfängerseite eine Lautstärkenanhebung, falls TP ebenfalls aktiv ist.

Bei aktivierter Funktion ist der entsprechende Kreis neben der Funktion grün ausgefüllt.

Die Funktion TP (Traffic Programme) wird mit der Taste F3 aktiviert.



TP kennzeichnet einen Sender, der Verkehrsfunk anbietet. Weiterführende Informationen sind unter [3] verfügbar.

### Menü-Settings

Mit *Display Timeout* wird eingestellt, nach welcher Zeit sich das Display abschaltet (1–10 min). Die eingestellten Funktionen bleiben weiterhin aktiv. Mit *Disable* wird das Display dauerhaft aktiviert, dies ist jedoch nicht zu empfehlen, da ein dauerhaftes Einschalten zu vorzeitigem Ausfall am Ende der bei OLED-Displays begrenzten Lebensdauer führen kann.

### Auto Power Off

Diese Einstellung betrifft nur den Batteriebetrieb.

Mit *Auto Power Off* kann man eine Zeit einstellen, nach deren Ablauf sich das Gerät nach der letzten Bedienung abschaltet (1–10 min). Mit *Disable* oder bei Versorgung über USB schaltet sich das Gerät nicht selbstständig aus.

### Factory Reset (Werkseinstellungen)

Durch die Vielzahl der Einstellmöglichkeiten können diverse Einstellparameter verändert werden. Um wieder in den Auslieferungszustand zu gelangen, gibt es den sogenannten *Factory Reset*. Wählt man die Option *Yes* werden alle Parameter auf Werkseinstellung zurückgesetzt.

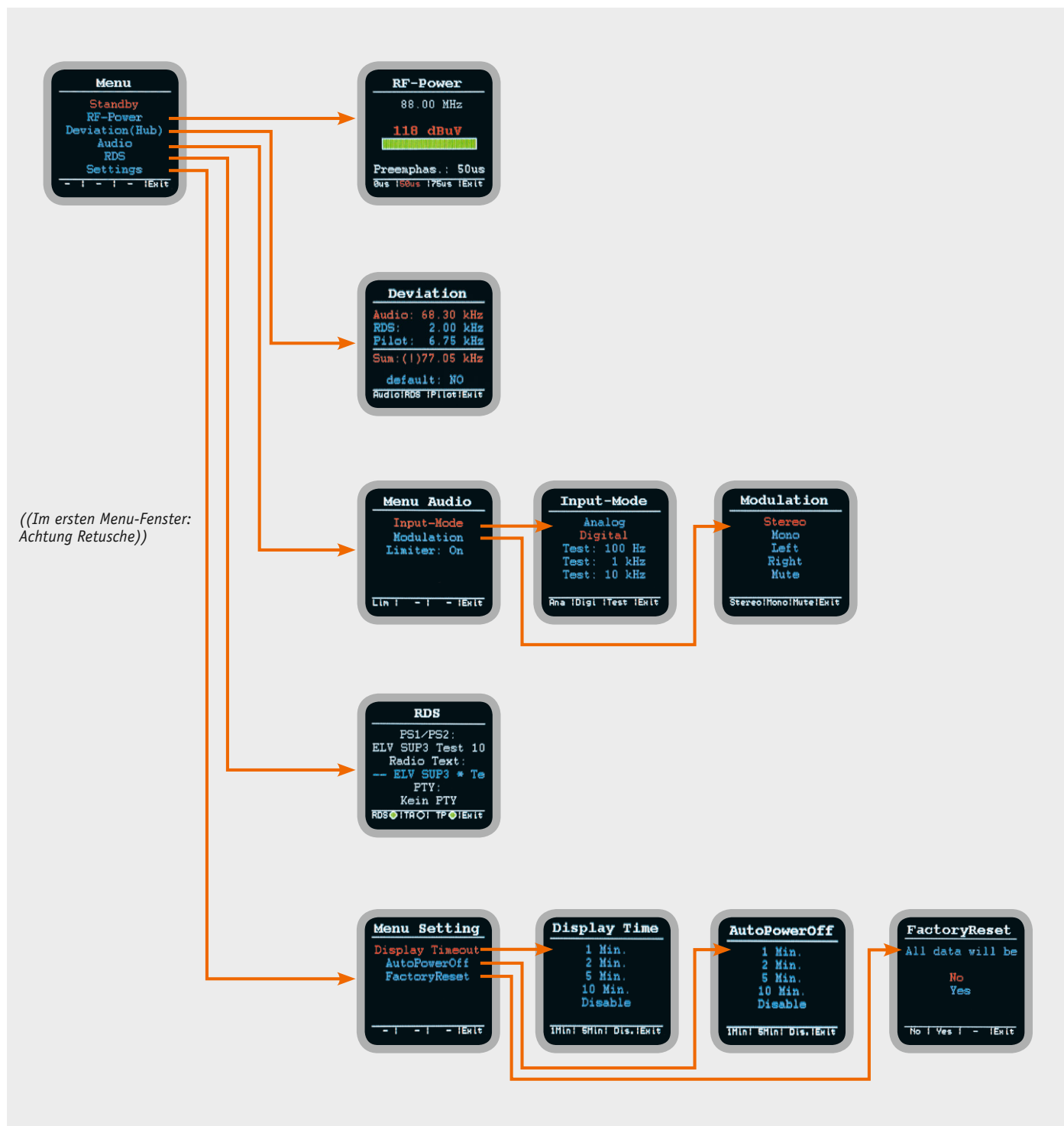


Bild 7: Das Menüschema des SUP3 für die Bedienung am Gerät

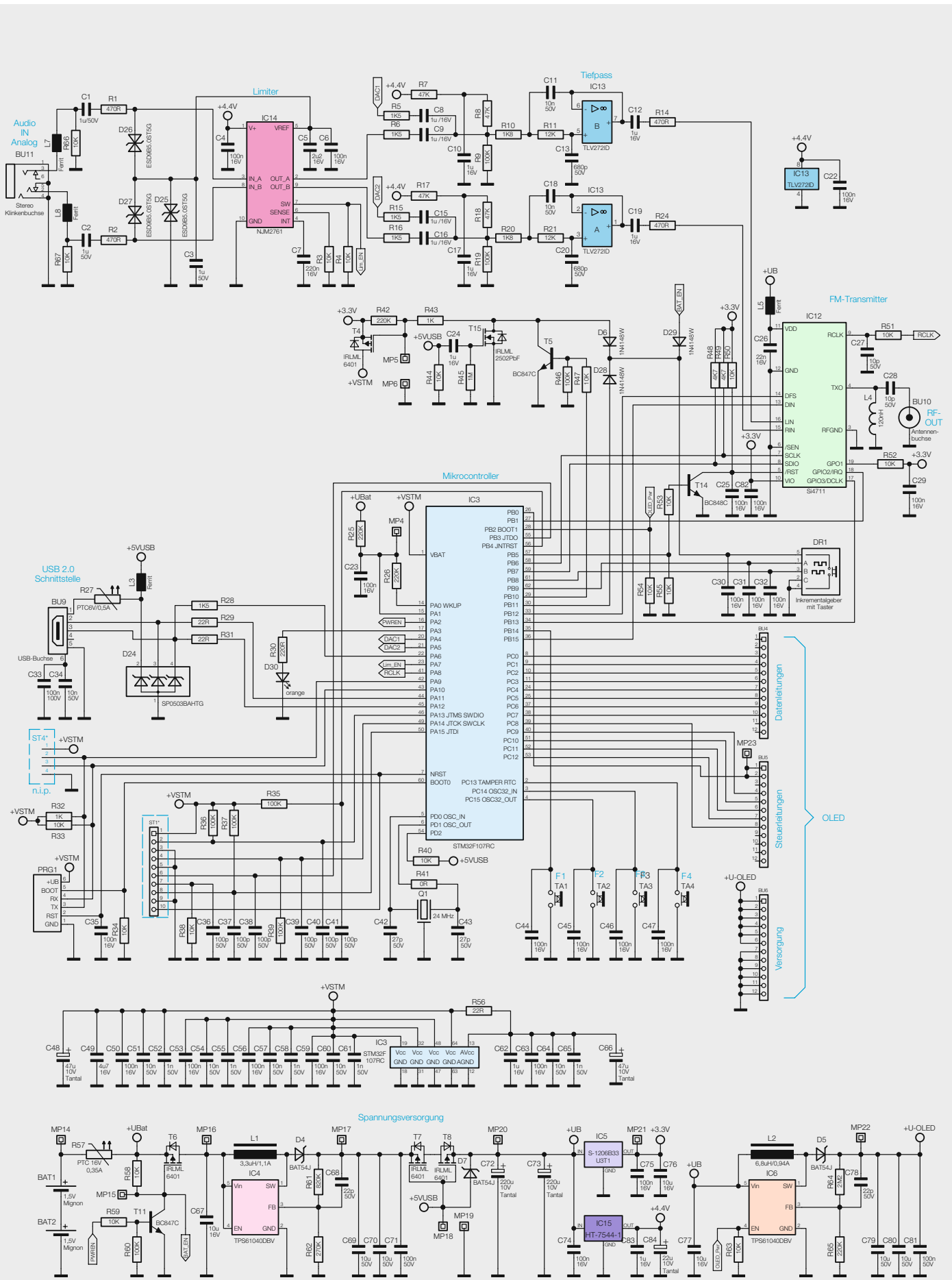


Bild 8: Das Schaltbild des SUP3



## Schaltung

Das Schaltbild des SUP3 (Bild 8 und 8a) gliedert sich in folgende Schaltungsbereiche: analoge Eingangsschaltung, FM-Transmitter, Controller mit OLED-Display und Spannungsversorgung.

Betrachten wir zunächst die Eingangsschaltung, die im oberen Teil des Schaltbilds dargestellt ist. Über die Buchse BU11 wird das analoge Audiosignal (stereo) der Schaltung zugeführt, das zunächst auf einen Limiter gelangt. Die Dioden D25 bis D27 sind Transildioden, die vor Überspannung bzw. Spannungsspitzen schützen. Der Limiter IC14 vom Typ NJM2761 sorgt dafür, dass ein bestimmter Audiopegel nicht überschritten werden kann, die Limiterfunktion ist über das Menü auch deaktivierbar. Durch den Widerstand R3 wird der Ausgangspegel festgelegt, der in dieser Konfiguration bei  $0,6 V_{SS}$  liegt. Somit wird der maximal zulässige Pegel für den FM-Transmitter nicht überschritten. Mit C7 wird die Zeitkonstante für die Regelung festgelegt.

Vom Limiterausgang gelangen die beiden Stereosignale auf einen Tiefpass 2. Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 15 kHz, der aus den beiden Operationsverstärkern IC13A und IC13B besteht. Au-

dioufrequenzen oberhalb dieser Grenzfrequenz würden außerhalb der Spezifikation für das FM-Signal liegen und das Frequenzspektrum negativ beeinflussen. Das so bearbeitete Audiosignal gelangt nun auf die Eingänge (LIN und RIN) des FM-Transmitters IC12 vom Typ Si4711. Dieser Baustein beinhaltet alle Komponenten, die zur Generierung eines normgerechten FM-Signals notwendig sind. IC12 ist ein DSP (Digital Signal Prozessor) von Silicon Labs, dessen interne Funktionen im Blockschaltbild (siehe [Elektronikwissen](#)) zu sehen sind. Durch die digitale Aufbereitung ergeben sich hervorragende technische Daten, die mit vertretbarer analoger Schaltungstechnik nicht realisierbar sind. Das modulierte HF-Signal wird am Ausgang TX0 (Pin 4) ausgekoppelt und gelangt über den Kondensator C28 auf die Ausgangsbuchse BU10. Der Si4711 kann sowohl analoge wie auch digitale Audiosignale verarbeiten. Den analogen Signalweg haben wir gerade beschrieben. Die digitalen Audio-daten werden über die Pins DFS (Pin 14) und DIN (Pin 13) zugeführt. Des Weiteren kann der Si4711 über eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle gesteuert werden. Über die Leitungen SCLK (Pin 7) und SDIO (Pin 8) wird mithilfe des Mikrocontrollers IC3 der Si4711 konfigu-

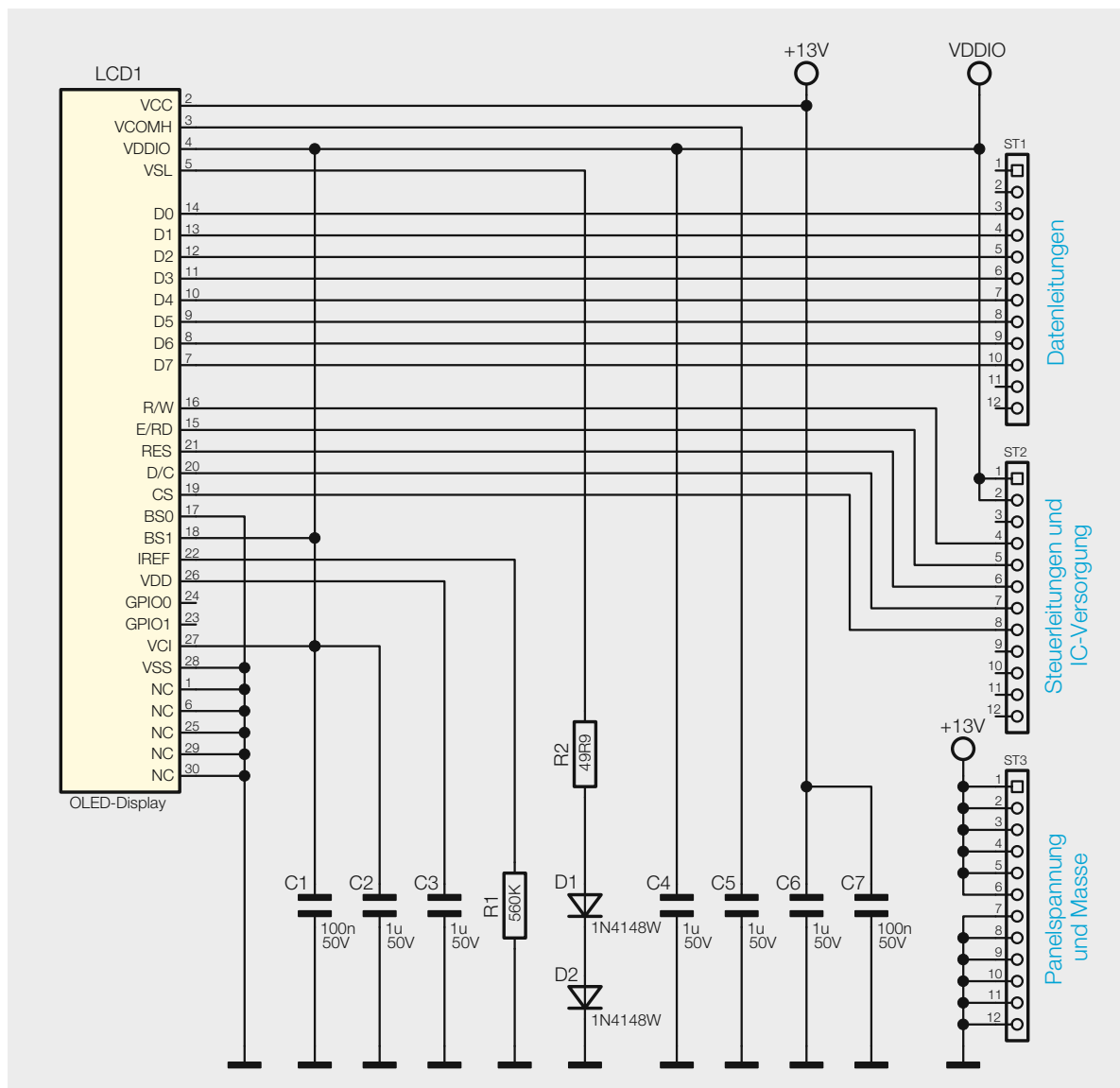


Bild 8a: Das Schaltbild des OLED-Displaymoduls



riert. Über spezielle Register werden z. B. die Sendefrequenz und der Ausgangspegel festgelegt.

Der schon erwähnte Mikrocontroller IC3 vom Typ STM 32F107RC ist das Hauptsteuerelement der Schaltung. Mithilfe des OLED-Displays, des Inkrementalgebers DR1 und der vier Funktionstasten (TA1 bis TA4) ergibt sich eine komfortable Bedieneinheit. Über den I<sup>2</sup>C-Bus wird entsprechend der gewünschten Funktion der Si4711 programmiert. Ein besonderes Feature ist die USB-Schnittstelle, die zwei Funktionen erfüllt: die Steuerung, also die Fernbedienung vom PC aus, und die Übertragung digitaler Audiodaten. Beim Anschluss an einen PC werden ein HID-Gerät und eine externe Soundkarte erkannt. Der SUP3 arbeitet dann als Soundkarte, wobei gleichzeitig auch eine Bedienung über USB erfolgt. Die Audiodaten werden vom Mikrocontroller IC3 in ein für den FM-Transmitter notwendiges Format umgewandelt.

Die USB-Schnittstelle liegt an der Buchse BU9. Gleichzeitig kann über die USB-Schnittstelle auch eine Spannungsversorgung erfolgen. Die 5-V-Versorgungsspannung von der USB-Buchse wird über den Sicherungswiderstand R27 der Schaltung zugeführt. Das Diodenarray D24 schützt die Datenleitungen des USB-Anschlusses vor Überspannungsspitzen.

Schauen wir uns nun die Spannungsversorgung an, die im unteren Teil des Schaltbilds dargestellt ist. Die Schaltung kann wahlweise durch zwei Mignonbatterien oder den USB-Anschluss mit Spannung versorgt werden. Um die Batteriespannung effektiv auszunutzen, kommt ein Step-up-Wandler zum Einsatz, der eine konstante Spannung von 5 V erzeugt. Dieser Step-up-Wandler wird von IC4 gebildet. Zur Peripherie gehören die Speicherspule L1 und die Di-

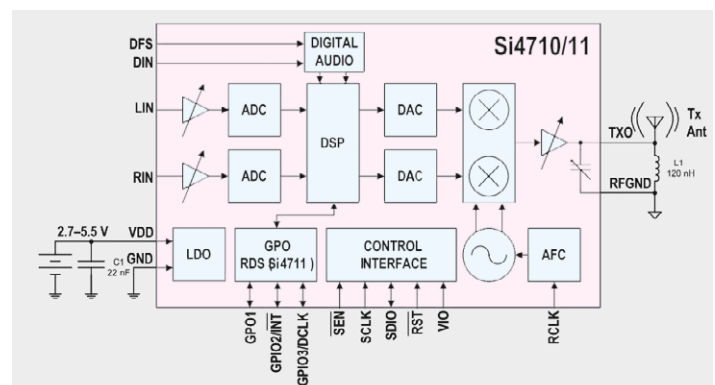
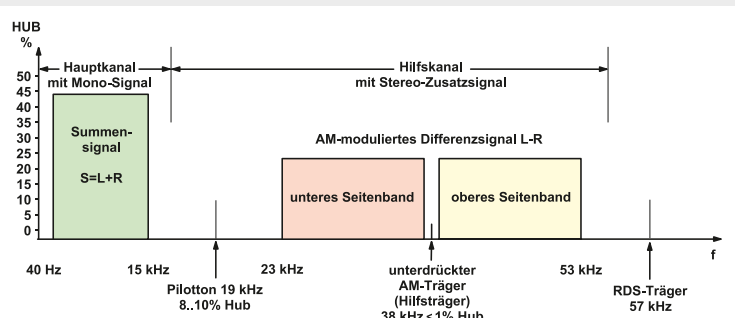
ode D4. Die Ausgangsspannung wird mit dem Spannungsteiler R61/R62 festgelegt. Die Funktionsweise eines Schaltreglers wollen wir hier nicht im Detail erläutern. Mit dem Transistor T6 wird die Batteriespannung geschaltet. Um die Schaltung mit dem integrierten Taster des Inkrementalgebers ein- und ausschalten zu können, gibt es ein Netzwerk aus Schalttransistoren, dessen Funktion auf den ersten Blick nicht ganz einfach zu erkennen ist. Im ausgeschalteten Zustand, wenn also der Transistor T6 sperrt, wird die Batteriespannung (+UBat) über den Widerstand R58 und Diode D29 auf den Taster des Inkrementalgebers DR1 gegeben. Wird der Taster betätigt, wird T6 leitend und der Controller mit Spannung versorgt, der Controller gibt daraufhin eine Spannung am Port „PWREN“ aus, die den Transistor T11 in den leitenden Zustand versetzt. Hierdurch wird eine Selbsthaltung aktiviert, die den Transistor T6 durchschaltet. Betrachten wir nun den weiteren Spannungsweg vom Ausgang des Step-up-Wandlers aus. Die beiden Transistoren T7 und T8 dienen als Schalter, um bei Versorgung über den USB-Anschluss die Spannungszufuhr des Step-up-Wandlers zu unterbrechen. Dies geschieht automatisch, sobald die Spannung (+5VUSB) am Gate der beiden Transistoren anliegt. Die 5-V-Spannung kommt somit entweder von der USB-Buchse oder vom Step-up-Wandler. Die USB-Spannung hat immer die höchste Priorität. Mit dem nachfolgenden Spannungsregler IC5 wird eine stabile Spannung von 3,3 V zur Versorgung des Controllers generiert. Der zweite Spannungsregler IC15 stellt eine Spannung von 4,4 V für die analoge Eingangsschaltung zur Verfügung. Für das OLED-Display wird eine Spannung von 13 V benötigt. Die Spannung wird mit einem weiteren Step-up-Wandler (IC6) erzeugt. Der Aufbau gleicht dem von IC4 mit dem Unterschied, dass hier die Ausgangsspannung höher ist (13 V).

Zur Visualisierung ist ein farbiges OLED-Display vorgesehen. Über die Buchsen BU4 bis BU6 werden Daten sowie die erforderlichen Spannungen von 3,3 und 13 V (U<sub>OLED</sub>) zugeführt. Bild 8a zeigt die Schaltung des OLED-Displaymoduls. Neben den 3,3 V für den Displaycontroller, welche über die Pins 1 und 2 der Buchsenleiste BU5 zugeführt werden, benötigt das OLED-Display eine zusätzliche 13-V-Spannung für das Panel.

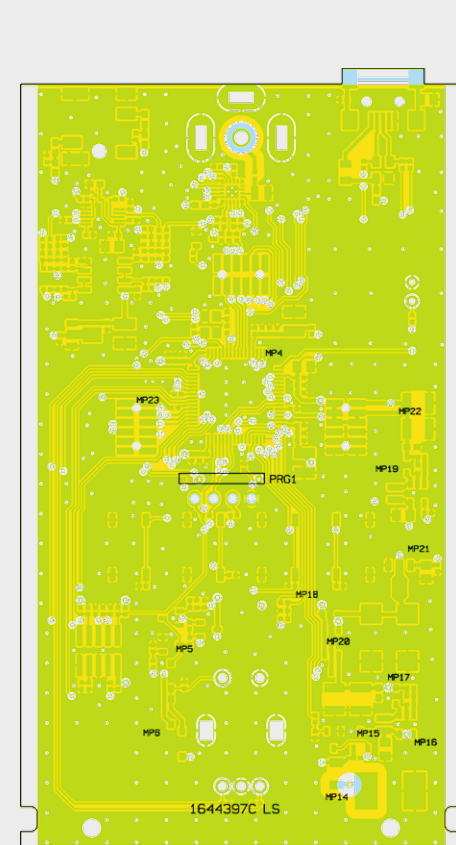
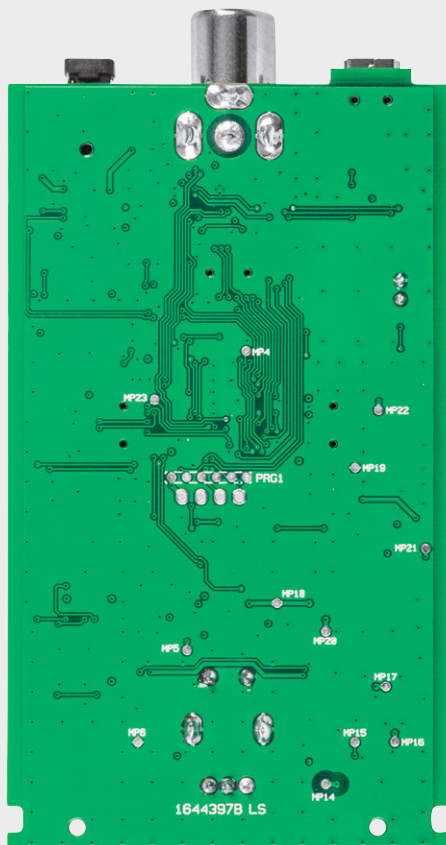
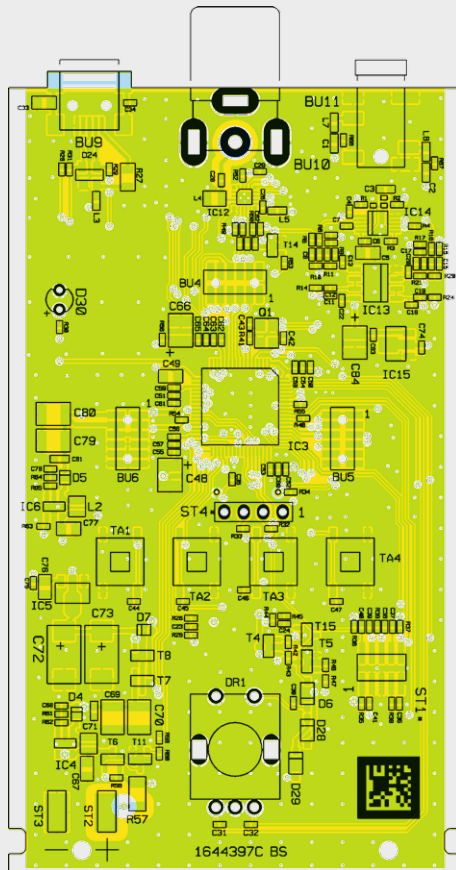
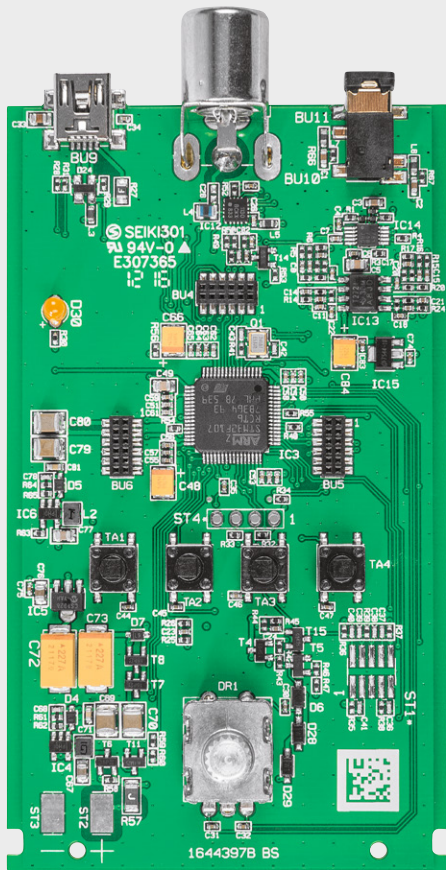
### Aufbau des Stereo-Multiplex-Signals

Bei der Übertragung eines Mono-Signals wird die Trägerfrequenz in einem Bereich bis 15 kHz moduliert. Bei Stereo-Übertragung wird auf der gleichen Frequenz ein zusätzliches NF-Kanal übertragen (Summensignal). Für die Stereo-Übertragung wird zusätzlich ein AM-moduliertes Differenzsignal mit unterdrücktem 38-kHz-Träger und einem mit diesem Träger phasenstarr gekoppelter 19-kHz-Pilotton ausgesendet. Dieser ermöglicht im Empfänger die Rekonstruktion des 38-kHz-Trägers sowie die Stereo-/Mono-Indikation. Aus dem so rekonstruierten Summen- und Differenzsignal bildet der Empfänger die Stereokanäle.

Das so erzeugte Signal heißt Multiplex-Signal und wird dem HF-Träger in FM aufmoduliert. Zusätzlich wird auf der 3. Harmonischen des Pilottons die RDS-Trägerfrequenz für die RDS-Informationen ausgestrahlt.



Blockschaltbild des Si4711



Diese „Panel-Spannung“ wird dem Display über die Pins 1 bis 6 der Buchsenleiste BU6 zur Verfügung gestellt. Auf der Displayplatine befinden sich lediglich die zum Betrieb des OLEDs benötigten Bauteile sowie die drei Stiftleisten, die die Verbindung zur Basisplatine herstellen.

## Nachbau

Die Schaltung des SUP3 ist auf einer Multilayerplatine mit 4 Layern untergebracht. In einem inneren Layer befindet sich eine komplette Massefläche, nur so kann eine unerwünschte Störausstrahlung vermieden werden.

Die Platine ist mit SMD-Bauteilen vorbestückt, sodass nur wenige bedrahtete Bauteile bestückt werden müssen. Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans, aber auch die dargestellten Platinenfotos (Bild 9) liefern hilfreiche Zusatzinformationen.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit dem Einsetzen der Buchse BU10, diese wird von oben in die Platine eingesetzt und auf der Platinenunterseite verlötet. In gleicher Weise wird anschließend der Inkrementalgeber DR1 eingesetzt und verlötet.

Es sollte darauf geachtet werden, dass die Buchse plan auf der Platine aufliegt und exakt ausgerichtet ist. Nur so passen die Buchsen durch die Aussparungen im Gehäuse. Alle Anschlussdrähte dieser und auch der folgenden Bauteile müssen, falls erforderlich, auf eine maximale Länge von etwa 3 mm gekürzt werden.

Als Nächstes wird die Leuchtdiode D30 eingebaut. Hier ist auf den polungsrichtigen Einbau zu achten. Der etwas längere Anschluss stellt die Anode (+) der LED dar. Auch auf der Platine ist der Anodenanschluss durch den Aufdruck „+“ gekennzeichnet. Die LED kann ohne Abstand direkt auf der Platine aufliegen (siehe Bild 10). Damit ist die Bestückung der Hauptplatine abgeschlossen.

Kommen wir nun zur Vorbereitung der Displayplatine. Die einzelnen Schritte sind in Bild 11 zusammengefasst. Auch hier sind alle SMD-Bauteile vorbestückt,

Bild 9: Platinenfoto und Bestückungsplan der Platine des SUP3, oben die Oberseite, unten die Unterseite



und auf dem beiliegenden Displayrahmen sind bereits zwei Klebestreifen angebracht. Der Rahmen besitzt einige Rastnasen, die in die entsprechenden Öffnungen der Displayplatine passen, um somit ein falsches Montieren zu verhindern. Dies sollte im Vorfeld bereits einmal getestet werden, da ein nachträgliches Entfernen eines klebenden Displayrahmens sehr schwierig ist. Damit der Displayrahmen auf die Displayplatine montiert werden kann, muss zunächst der Schutzfilm auf der Unterseite entfernt und der Rahmen anschließend unter Zuhilfenahme der Rastnasen auf die Oberseite des Moduls gedrückt werden.

Der nächste Schritt ist das Befestigen des eigentlichen OLED-Displays am Rahmen. Zunächst wird der Kontaktanschluss auf der Unterseite des Moduls geöffnet, indem man den kleinen Hebel umlegt, der damit senkrecht zur Platine steht. Nun kann die Kontaktfolie des Displays in den Anschluss gesteckt und der Hebel wieder heruntergedrückt werden. Dabei ist in diesem Schritt unbedingt darauf zu achten, dass das Display nicht falsch herum eingesteckt wird. Anhand von Bild 11 kann man die korrekte Montage kontrollieren. Zuletzt wird nun der Schutzfilm des zweiten Klebestreifens entfernt und der Glaskörper des OLEDs mit leichtem Druck in den Rahmen geklebt.

Nachdem die Displayplatine fertig aufgebaut ist, kann diese auf die Basisplatine aufgesteckt werden. Hier ist besondere Sorgfalt angebracht, da die Stiftleisten sehr empfindlich sind und leicht verbiegen können. Man muss darauf achten, dass die Stiftleisten nicht versetzt aufgesteckt werden, dies könnte bei der Inbetriebnahme zu einer Fehlfunktion bzw. zur Zerstörung von Bauteilen führen.

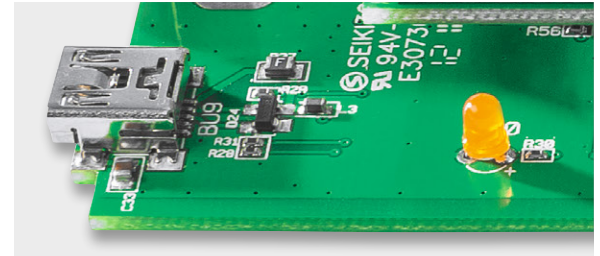
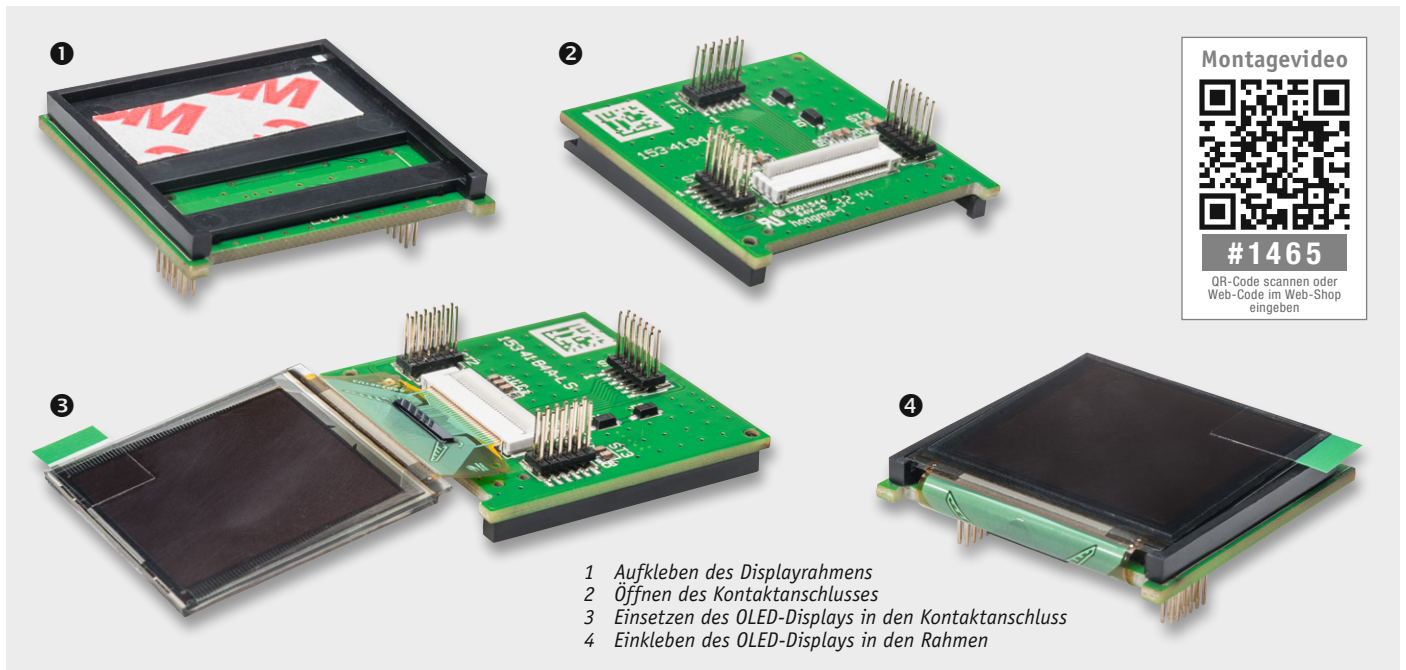


Bild 10: Die LED wird direkt ohne Abstand in die Platine eingelötet.



- 1 Aufkleben des Displayrahmens
- 2 Öffnen des Kontaktanschlusses
- 3 Einsetzen des OLED-Displays in den Kontaktanschluss
- 4 Einkleben des OLED-Displays in den Rahmen

Bild 11: Die einzelnen Montageschritte beim Zusammenbau des OLED-Displaymoduls

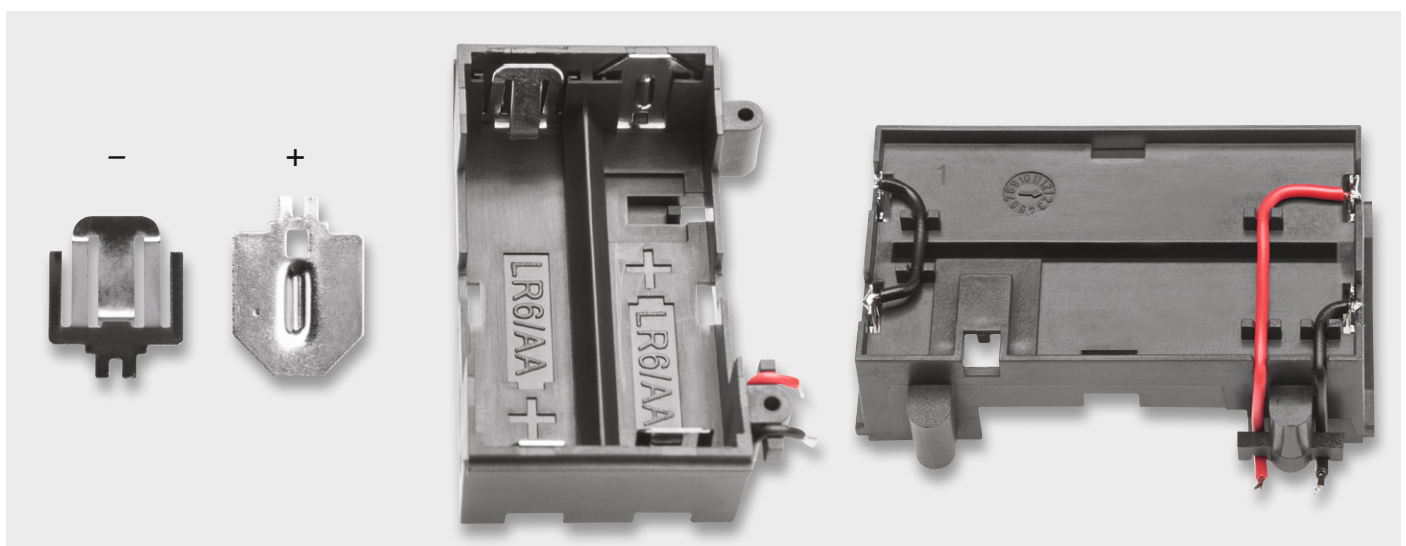


Bild 12: Der Batteriehalter ist mit den Batteriekontakten zu bestücken und mit den Verbindungs- und Anschlussdrähten zu versehen.

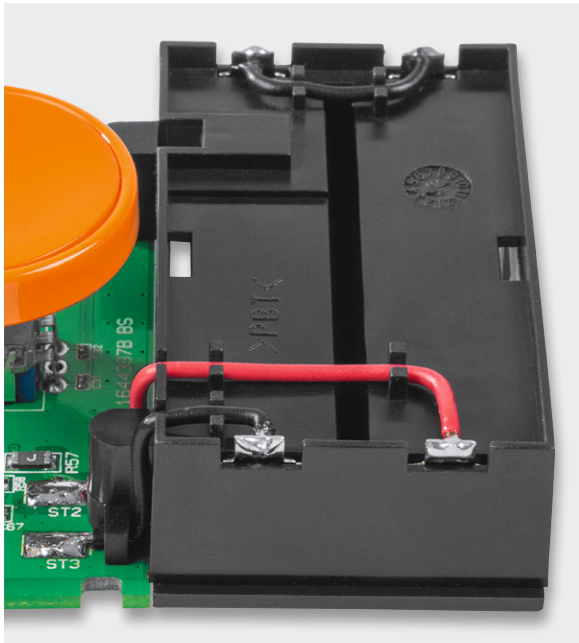


Bild 13: Montage- und Verdrahtungsdetail für die Montage des Batteriefachs auf der Platine

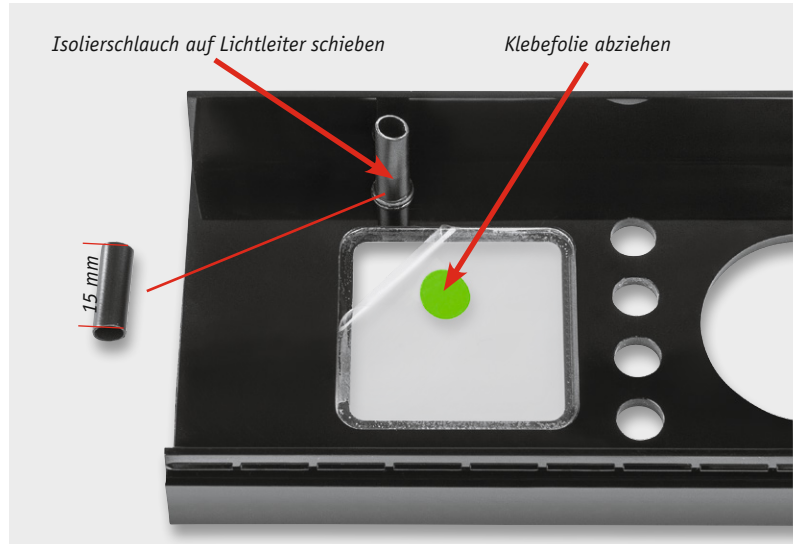


Bild 14: Der Isolierschlauch ist auf den Lichtleiter zu schieben, damit keine unerwünschte Lichtstreuung erfolgt.

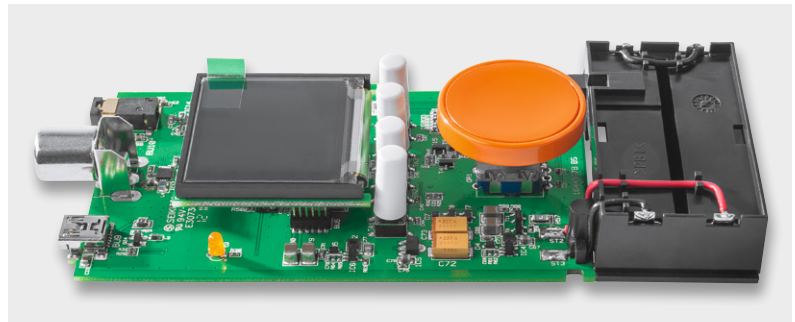


Bild 15: Die fertig aufgebaute Platine des SUP3




Bild 16: Das fertig montierte, betriebsfertige Gerät

Als Nächstes muss die Batteriehalterung vormontiert werden. Dazu werden die vier Batteriekontakte polrichtig in die Batteriehalterung eingesetzt (Bild 12). Hierbei ist darauf zu achten, dass die Kontakte ordnungsgemäß einrasten. Wie in Bild 12 rechts zu erkennen, müssen die Kontakte auf der linken Seite mit der beiliegenden Litze gebrückt werden. Die beiden noch freien Kontakte werden mit der beiliegenden Litze versehen, die durch die Leitungsführungen gelegt wird, wie ebenfalls in Bild 12 rechts dargestellt. Abschließend ist der Batteriehalter mit den beiliegenden Schrauben mit der Platine zu verschrauben und die Litze an den vorgesehenen Lötspots ST2 (+) und ST3 (-) anzulöten (siehe Bild 13).

Im Gehäuseoberteil sind Lichtleiter und Displayscheibe bereits vormontiert. Hier muss nur noch ein Stück Isolierschlauch auf den Lichtleiter gestülpt werden (siehe Bild 14). Dies verhindert, dass das Licht der LED seitlich in das Displayfenster hineinleuchtet. Der Isolierschlauch ist auf eine Länge von 15 mm zu kürzen. Die Displayscheibe ist beidseitig mit einer Schutzfolie abgedeckt, die noch entfernt werden muss.

Vor dem Gehäuseeinbau sind noch Kappen für die Taster und den Inkrementalgeber aufzustecken. Das Handdrehrad für den Inkrementalgeber besteht aus zwei Einzelteilen, die einfach zusammengesteckt werden. In Bild 15 ist die so fertig aufgebaute Platine zu sehen.

Nun können die Batterien eingesetzt und die Platine in die Gehäuseunterschale gelegt werden. Abschließend werden beide Gehäusehälften zusammengeschoben. Bild 16 zeigt das betriebsfertige Gerät. 



### Wichtiger Hinweis:

Für die Verbindung zwischen dem SUP3 und dem Prüfobjekt muss unbedingt ein abgeschirmtes Kabel mit passenden Steckern verwendet werden, da es ansonsten zu unerwünschter und nicht erlaubter HF-Abstrahlung kommt.



### Weitere Infos:

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Pre-Emphasis>
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Frequenzmodulation>
- [3] [https://de.wikipedia.org/wiki/Radio\\_Data\\_System](https://de.wikipedia.org/wiki/Radio_Data_System)

Stückliste

#### Widerstände:

0 Ω/SMD/0402	R41
22 Ω/SMD/0402	R29, R31, R56
220 Ω/SMD/0402	R30
470 Ω/SMD/0402	R1, R2, R14, R24
1 kΩ/SMD/0402	R32, R43
1,5 kΩ/SMD/0402	R5, R6, R15, R16, R28
1,8 kΩ/SMD/0402	R10, R20
4,7 kΩ/SMD/0402	R48, R49
10 kΩ/SMD/0402	R3, R4, R33, R34, R38, R40, R44, R47, R50–R55, R58, R59, R63, R66, R67
12 kΩ/SMD/0402	R11, R21
47 kΩ/SMD/0402	R7, R8, R17, R18,
100 kΩ/SMD/0402	R9, R19, R35–R37, R39, R46, R60
220 kΩ/SMD/0402	R25, R26, R42, R65
270 kΩ/SMD/0402	R62
820 kΩ/SMD/0402	R61
1 MΩ/SMD/0402	R45
2,2 MΩ/SMD/0402	R64
PTC/0,5 A/6 V/SMD/0805	R27
PTC/0,35 A/16 V/SMD/1206	R57

#### Kondensatoren:

10pF/SMD/0402	C28
10 pF/50 V/SMD/0402	C27
22 pF/50 V/SMD/0402	C68, C78
27 pF/50 V/SMD/0402	C42, C43
100 pF/50 V/SMD/0402	C36–C41
680 pF/50 V/SMD/0402	C13, C20
1 nF/50 V/SMD/0402	C52, C55, C58, C61, C65
10 nF/50 V/SMD/0402	C11, C18, C34, C51, C54, C57, C60, C64
22 nF/16 V/SMD/0402	C26
100 nF/16 V/SMD/0402	C4, C6, C22, C23, C25, C29–C32, C35, C44–C47, C50, C53, C56, C59, C63, C74, C75, C82
100 nF/50 V/SMD/0603	C71, C81
100 nF/100 V/SMD/0805	C33
220 nF/16 V/SMD/0402	C7
1 µF/16 V/SMD/0402	C10, C12, C15–C17, C8, C9, C19, C24, C62, C83
1 µF/50 V/SMD/0603	C1–C3
2,2 µF/16 V/SMD/0805	C5
4,7 µF/16 V/SMD/0805	C49
10 µF/16 V/SMD/0805	C67, C76, C77
10 µF/50 V/SMD/1210	C69, C70, C79, C80
22 µF/10 V	C84
47 µF/10 V	C48, C66
220 µF/10 V	C72, C73

#### Halbleiter:

ELV151488/SMD	IC3
TPS61040DBV/SMD/TI	IC4, IC6
S1206B33U3T1/SOT89-3	IC5
Si4711	IC12
TLV272ID/SOIC8	IC13
NJM2761RB2/SMD	IC14
HT7544-1/SMD	IC15
IRLML6401/SMD	T4, T6–T8
BC847C/SMD	T5, T11
BC848C/SMD	T14
IRLML2502PbF/SMD	T15
BAT54J/SMD	D4, D5, D7
1N4148W/SMD	D6, D28, D29
SP0503BAHTG/SMD	D24
ESD9B5.0ST5G/SMD	D25–D27
LED/3 mm/orange	D30

#### Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 3,3 µH/1,1 A	L1
Speicherdrossel, SMD, 6,8 µH/0,94 A	L2
Chip-Ferrit, 300 Ω bei 100 MHz, 0603	L3
SMD-Induktivität, 120 nH/0805	L4
Chip-Ferrit, 1000 Ω bei 100 MHz, 0603	L5, L7, L8
Quarz, 24.000 MHz, SMD	Q1
Inkrementalgeber mit Achse und Tastschalter, 20 Impulse/360°, 20 (18°) Schritte, print, liegend	DR1
Mini-Drucktaster TC-06106-075C, 1x ein, SMD	TA1–TA4
Buchsenleiste, 2x 6-polig, SMD	BU4–BU6
USB-Buchse, Mini B, SMD	BU9
Koaxial-Buchse, winkelprint	BU10
Klinkenbuchse, 3,5 mm, 4-polig, SMD	BU11
PVC-Isolierschlauch, ø 3,5 mm, schwarz	
OLED-Displaymodul ODM1-8.8	
Stiftleisten, 2x 6-polig, 8,8 mm, gerade, RM = 1,27 mm, SMD	ST1–ST3
Schiebegehäuse SG2	
Handdrehrad, orange	
4 Tastkappen	
Batterierhalterung für Schiebegehäuse SG2	
Minus-Batteriekontakte	
Plus-Batteriekontakte	
2 gewindeformende Schrauben, 1,8 x 8 mm, TORX T6	
4 Gehäusefüße, 5 x 1,6 mm, selbstklebend, weiß	
8 cm flexible Leitung, 0,22 mm², rot	
8 cm flexible Leitung, 0,22 mm², schwarz	