



## FS20-Zwischendecken-Radio Teil 2

Das „unsichtbare“ Stereo-Radio mit Funk-Fernbedienung für den „versteckten“ Einbau in Zwischendecken, hinter Wandverkleidungen oder in Schränke. Sichtbar bleibt nur noch die komfortable Funk-Fernbedienung mit bis zu 100 Meter Freifeldreichweite.

Nachdem wir uns im ersten Teil mit der eingesetzten Technik und der Bedienung dieses außergewöhnlichen Radios beschäftigt haben, folgt nun die genaue Beschreibung der Schaltung sowie des Nachbaus.

### Schaltung des Radios mit Stereo-Endstufe

In Abbildung 5 ist das Hauptschaltbild des Zwischendecken-Radios mit allen wesentlichen Baugruppen dargestellt und in Abbildung 7 das direkt auf der Hauptplatine untergebrachte primär getaktete Schaltnetzteil.

Im Hauptschaltbild ist der Mikrocontroller, der für die Bedienung und alle Steueraufgaben zuständig ist, im oberen Bereich links zu sehen und darunter ist das Radio-IC mit externer Beschaltung eingezeichnet. Rechts oben ist der digitale Stereo-Audio-Verstärker eingezeichnet und darunter der externe Audio-Eingang. Die vom Netzteil in Abbildung 7 gespeiste Spannungsstabilisierung ist rechts unten zu sehen. Der Mikrocontroller IC 1 kommuniziert mit dem Radiobaustein über den I<sup>2</sup>C-Bus, der an Pin 27 und Pin 28 des Controllers zur Verfügung steht. Die Widerstände R 3 und R 4 dienen dabei als Pull-ups. Der Controller selbst benötigt zur Funktion nur eine minimale Beschaltung. Neben der Versorgungsspannung ist nur noch der Taktoszillator, der extern an Pin 7 und Pin 8 zugänglich ist, mit dem Quarz Q 2 sowie den Kondensatoren C 17 und C 18 beschaltet.

Im Controller integriert sind ein 16-kByte-Flash-Speicher, 1-k-SRAM und ein EEPROM mit 512 Bytes. Die interne Struktur des Mikrocontrollers ist im Blockschaltbild (Abbildung 6) zu sehen. Insgesamt stehen 23 frei programmierbare Ein-/Ausgangspoints zur Verfügung.

Der für akustische Quittungssignale zuständige Sound-Transducer PZ 1 wird über den Transistor T 3 von Port PB 0 des Controllers angesteuert, und an Port PB 1 bis Port PB 4 sind die zur Signalisierung der verschiedenen Betriebszustände zuständigen Status-LEDs angeschlossen. Zusätzliche abgesetzte Status-LEDs bzw. eine abgesetzte Duo-LED können optional an die Schraubklemme KL 1 angeschlossen werden. Die beiden A/D-Eingänge an Pin 19 und Pin 22 werden nicht genutzt und sind mit Schaltungsmasse verbunden. An Pin 18 wird dem Controller die Betriebsspannung von 3,3 V zugeführt.

Die Bedienung des FS20 ZDR erfolgt über Funk-Fernbedienungen im FS20-System, wobei auch eine speziell auf dieses Radio abgestimmte 16-Tasten-FS20-Funk-Fernbedienung zur Verfügung steht. Zum Empfang der Funksignale ist ein 868-MHz-HF-Empfangsmodul (HFE 1) an Port PD 0 des Mikrocontrollers angeschlossen. Zur Bedienung des Radios können aber auch andere Funk-Fernbedienungen aus dem ELV-Funk-Haussteuerungs-System FS20 eingesetzt werden.

Über Port PD 4 wird der Stereo-Endverstärker (IC 4) aktiviert, und die Einstellung der Lautstärke erfolgt mit Hilfe eines von PD 3 kommenden PWM-Signals.

Der Kondensator C 14 sorgt in Verbindung mit R 9 und R 11 für eine Integration des PWM-Signals, so dass letztendlich am Verstärkerbaustein (IC 4) die Lautstärkeeinstellung mit Hilfe einer Gleichspannung erfolgt. Insgesamt ermöglicht

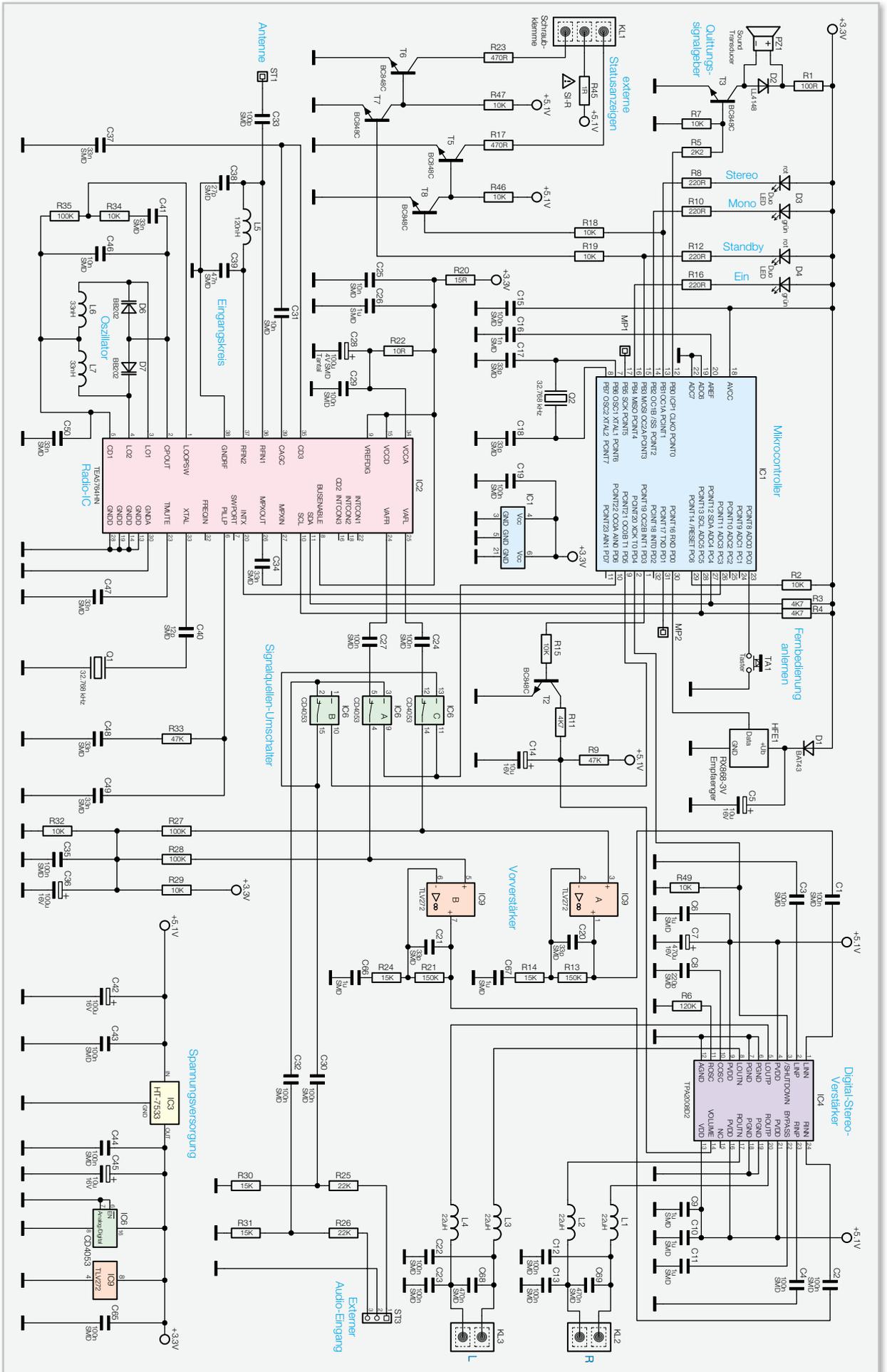


Bild 5: Hauptschaltbild des FS20 ZDR

IC 4 eine Veränderung der Lautstärke im Bereich von -38 dB bis +20 dB.

Mit Hilfe des Tasters TA 1 ist das Anlernen einer FS20-Fernbedienung möglich.

Das eigentliche Radio ist, wie bereits erwähnt, mit einem hochintegrierten IC (IC 2) realisiert und unten links im Hauptschaltbild zu sehen. Da in IC 2 neben analogen Stufen auch digitale Schaltungen integriert sind, ist es erforderlich, den integrierten Taktoszillator an Pin 33 mit dem Quarz Q 1 und dem Kondensator C 40 zu beschalten.

Die Empfangsantenne des RDS 100 wird an ST 1 angeschlossen, und über den Kondensator C 33 gelangt das Antennensignal auf den mit L 5, C 38 und C 39 aufgebauten Eingangskreis sowie zum empfindlichen HF-Eingang des Bausteins (Pin 36, Pin 37).

An Pin 35 und Pin 39 ist die integrierte automatische Verstärkungsregelung mit den Kondensatoren C 31 und C 37 beschaltet.

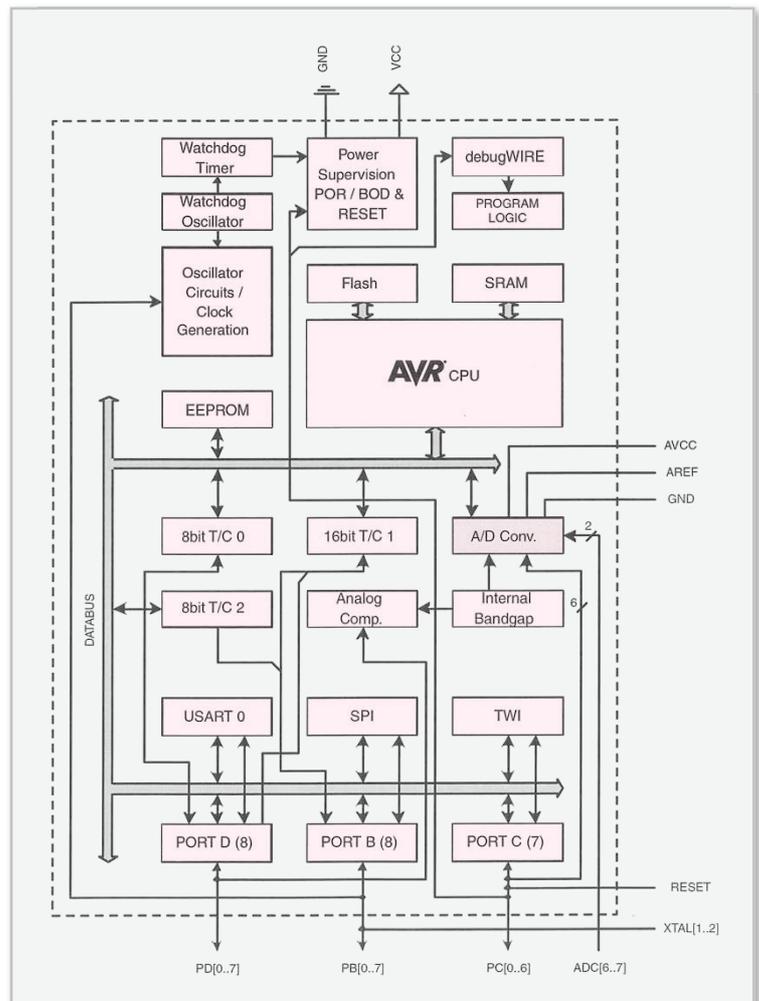
Das PLL-System zur Senderabstimmung ist an Pin 1 bis Pin 5 extern zugänglich. Der VCO (Voltage Controlled Oscillator) benötigt an Pin 3 und Pin 4 einen Schwingkreis, der mit den beiden Varicap-Dioden D 6 und D 7 sowie den Spulen L 6 und L 7 realisiert wurde. Die Abstimmspannung wird an Pin 2 des Bausteins ausgegeben und gelangt dann direkt auf die Anoden der beiden Varicap-Dioden, deren Kapazität sich in Abhängigkeit von der Abstimmspannung ändert. Mit der Kapazität der Varicap-Dioden ändert sich auch die Resonanzfrequenz des Oszillatorkreises.

Das extern an Pin 26 zur Verfügung stehende MPX-Signal wird über C 34 dem integrierten MPX-Decoder an Pin 27 zugeführt. Ausgangsseitig liefert der TEA5764 an Pin 24 und Pin 25 direkt die NF-Ausgangssignale des rechten und linken Stereokanals. Über die Kondensatoren C 24 und C 27 zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung gelangen die NF-Signale dann zum CMOS-Umschalter IC 6.

Alternativ zum Radiosignal besteht auch die Möglichkeit, dem Endverstärker ein Stereo-Signal einer beliebigen Audio-Signalquelle (z. B. MP3-Player) zuzuführen. Von der Stiftleiste ST 3 gelangen die externen Audio-Signale dann über die mit R 25, R 30 und R 26, R 31 aufgebauten Spannungsteiler und die beiden Kondensatoren C 30 und C 32 zum CMOS-Umschalter IC 6. Das jeweils selektierte Stereo-Signal wird über die CMOS-Umschalter auf die beiden Vorverstärker IC 9 A und IC 9 B geführt, die das NF-Signal um ca. 21 dB verstärken. Vom Ausgang der Vorverstärker gelangen die NF-Signale über die Kondensatoren C 1 und C 2 auf die Eingänge des digitalen Verstärkerbausteins IC 4. Das Blockschaltbild in Abbildung 3 (Teil 1 dieses Artikels in Heft 5/09) zeigt die internen Stufen des digitalen Stereo-Verstärkers.

Das Lautsprecher-Ausgangssignal des rechten Kanals wird über die zur hochfrequenten Störunterdrückung dienenden Spulen L 1 und L 2 zur Schraubklemme KL 2 geführt und das Signal des linken Kanals gelangt in der gleichen Weise über L 3 und L 4 auf die Schraubklemme KL 3.

Der integrierte Taktoszillator des Digitalverstärkers ist extern mit dem Widerstand R 6 und dem Kondensator C 8 beschaltet. Abgesehen von einigen Abblockkondensatoren ist beim Digitalverstärker keine weitere externe Beschaltung erforderlich.



**Bild 6:** Interne Struktur des im Zwischendecken-Radio verwendeten Mikrocontrollers ATmega 88

Während die Betriebsspannung des Digital-Stereo-Verstärkers von 5,1 V ein Schaltnetzteil (siehe Abbildung 7) liefert, ist im Hauptschaltbild unten rechts die Spannungsstabilisierung zu sehen. Die vom Schaltnetzteil kommende Gleichspannung von 5,1 V gelangt auf den Pufferelko C 42 sowie den Eingang des Spannungsreglers IC 3. Ausgangsseitig steht an IC 3 eine stabilisierte Spannung von 3,3 V zur Versorgung des Mikrocontrollers und des Radiobausteins zur Verfügung. Hochfrequente Störeinflüsse werden mit Hilfe der Keramik Kondensatoren C 43 und C 44 unterdrückt und der Elko C 45 dient zur Schwingneigungsunterdrückung.

### Schaltung des primär getakteten Netzteils

Das Schaltbild des primär getakteten Schaltnetzteils zeigt Abbildung 7. Aufgrund der komplexen Funktionalität des SMPS-Controllers (Switch Mode Power Supply) IC 8 ist die Schaltung recht übersichtlich. Die an den Anschlussklemmen von KL 4 zugeführte 230-V-Wechselspannung wird über die Sicherung SI 1 und die zur hochfrequenten Störunterdrückung dienenden Spulen L 8 und L 11 auf den Brückengleichrichter GL 1 geführt. Am Ausgang des Brückengleichrichters

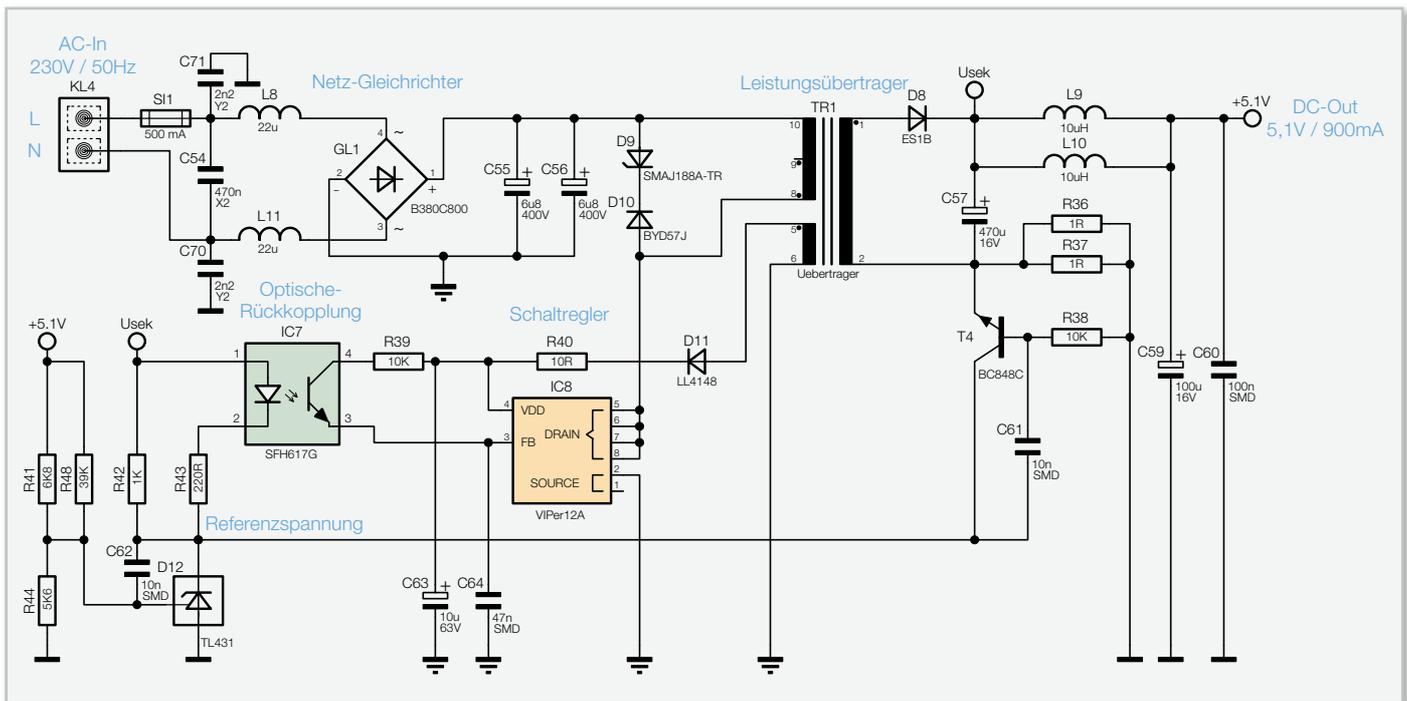


Bild 7: Das primär getaktete Schaltnetzteil mit <math><0,4\text{ W}</math> Stand-by-Verbrauch

erhalten wir eine Gleichspannung von ca. 320 V, die über den Übertrager TR 1 auf den Drain-Anschluss des Schaltregler-ICs IC 8 gelangt. Dieses IC beinhaltet alle wesentlichen Stufen eines Schaltnetzteils. Neben dem integrierten Leistungs-MOSFET, der als Schalter arbeitet, sind hier alle Regelungs- und Sicherheitsfunktionen bereits implementiert.

Im Anlaufmoment erhält das IC seine Versorgungsspannung über eine interne strombegrenzte Quelle aus dem Drain-Anschluss. Anschließend läuft der interne Oszillator an, der bei 60 kHz schwingt. Auch die weiteren internen Stufen werden aktiv und der Power-MOSFET beginnt zu schalten.

Über eine interne Regelschaltung und den externen Feedback-Anschluss erfolgt die Begrenzung des Drain-Stroms und die Regelung des Ausgangsstroms.

Ist der Schaltregler korrekt angelaufen, so versorgt die über die Hilfswicklung und D 11 generierte Spannung den Schaltregler. Die Ausgangsspannung erzeugt der Diodengleichrichter D 8 aus der Sekundärwicklung des Übertragers.

Die Kondensatoren C 57, C 59 und C 60 dienen der Siebung und Glättung der Gleichspannung und die Regelung der Ausgangsspannung erfolgt über eine Rückkopplung von der Sekundärseite auf den primärseitigen Schaltregler. Die Schaltung hat dabei zwei Regelzweige, bestehend aus der Spannungsregelung und der Begrenzung bei sekundärseitiger Überlastung.

Die Spannungsregelung geschieht dabei über die Referenzdiode D 12, die ihren Katodenanschluss so ausregelt, dass an ihrem Steuereingang eine Spannung von ca. 2,5 V ansteht. Dieser Anschluss wird über den Spannungsteiler R 41/R 48 und R 44 gespeist. Die Schaltung ist nun so ausgelegt, dass die Referenzdiode die Ausgangsspannung „U<sub>out</sub>“ auf 5,1 V ausregelt. Die Regelung erfolgt dabei über den Optokoppler IC 7 und die Referenzdiode verändert den Strom durch den Optokoppler so, dass sich 5,1 V am Ausgang bzw. 2,5 V an ihrem Steuereingang einstellt. Der Strom durch die Opto-

koppler-Diode verändert den Stromfluss im primärseitigen Optokoppler-Fototransistor. Letztlich wird die Spannung am Feedback-Pin (FB) des Schaltreglers IC 8 so beeinflusst, dass der Schaltregler genau so viel Energie liefert, wie für eine Ausgangsspannung von 5,1 V erforderlich ist, d. h. die Ausgangsspannung ist somit ausgeglet.

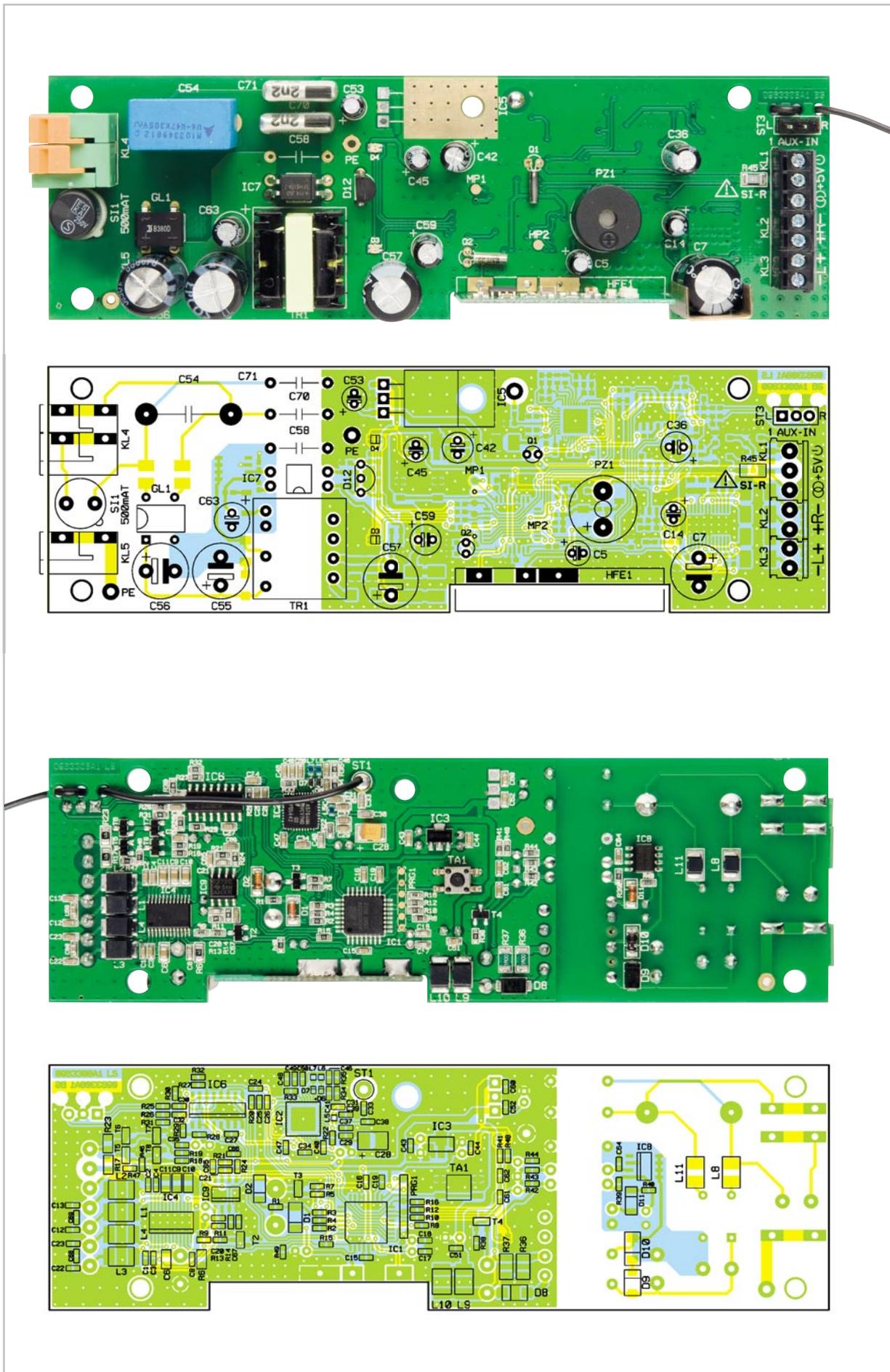
Ohne Strombegrenzung würde die Schaltung auch unter Überlastbedingungen, d. h. bei einem Ausgangsstrom von mehr als 900 mA, versuchen, die Ausgangsspannung auf 5,1 V stabil zu halten und so das PWM-IC und den Transformator überlasten.

Über dem Shunt-Widerstand R 36, R 37 stellt sich eine dem Ausgangsstrom proportionale Spannung ein und diese Spannung bildet wiederum die Basis-Emitterspannung des Transistors T 1. Überschreitet die Spannung einen Wert von ca. 500 mV, entsprechend einem Ausgangsstrom von 1000 mA, so steuert der Transistor durch und regelt über die Optokoppler-Diode, wie bei der Spannungsregelung, die Ausgangsleistung zurück. Dies hat dann zur Folge, dass die Ausgangsspannung bei zu hohem Ausgangsstrom zusammenbricht und eine Überlastung der Schaltung somit nicht möglich ist.

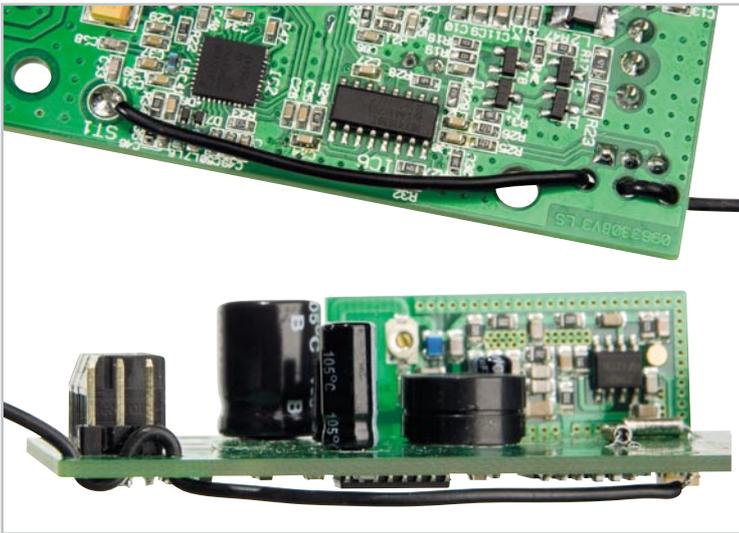
Am Ausgangs-Elko C 59 steht dann eine Gleichspannung von 5,1 V mit einer maximalen Strombelastbarkeit von 900-1000 mA an.

## Nachbau

Der praktische Aufbau eines Radios ist im Allgemeinen mit einem kritischen Abgleich verbunden und setzt normalerweise entsprechende Erfahrung voraus. Dabei wird häufig der Frequenzbereich des Oszillators durch Biegen, Auseinanderziehen oder Stauchen von Luftspulen abgeglichen. Für ungeübte Anwender oft ein schwieriges Unterfangen, und das gewünschte Ergebnis erfordert viel Zeit.



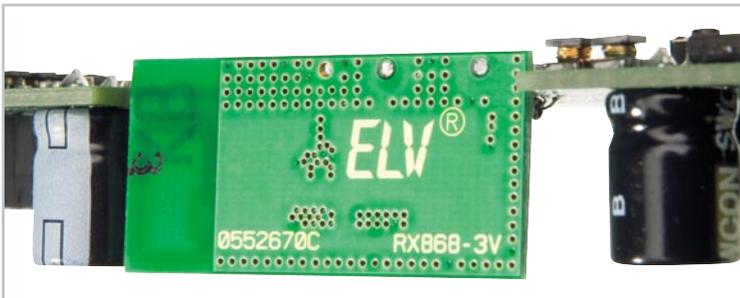
Ansicht der fertig bestückten Platine des FS20 ZDR mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite für konventionelle Bauteile, unten für SMD-Komponenten



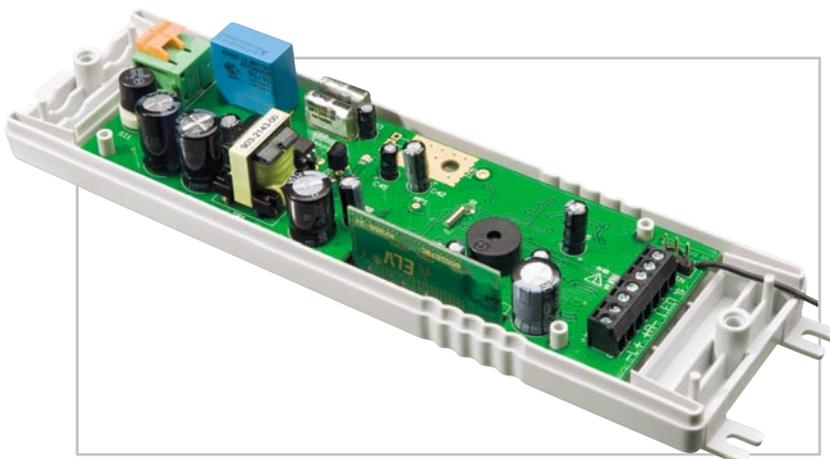
**Bild 8:** Die Wurfantenne ist zur Zugentlastung wie abgebildet durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu fädeln.



**Bild 9:** Das freie Ende der Wurfantenne ist in eine kleine Schlaufe zu legen und entsprechend der Abbildung zu verschumpfen.



**Bild 10:** Beim Anlöten des 868-MHz-Funkmoduls ist auf eine rechtwinklige Ausrichtung zu achten.



**Bild 11:** Eingesetzte Platine im Gehäuseunterteil

Völlig anders sieht es bei dem hier vorgestellten Zwischendecken-Radio aus. Durch den Einsatz eines hochintegrierten Bausteins, der intern digital arbeitet und überhaupt keinen Abgleich benötigt, besteht eine sehr hohe Nachbausicherheit.

Um alle Komponenten auf engstem Raum unterbringen zu können, sind alle wesentlichen Schaltbereiche in SMD-Technologie (Miniaturkomponenten für die Oberflächenmontage) realisiert. Neben den üblichen SMD-Bauteilen in der Bauform 0805 kommen auch extrem kleine SMD-Teile in der Bauform 0603 zum Einsatz.

Da aber bereits alle SMD-Komponenten werkseitig vorbelegt sind, ist das für den Anwender kein Problem. Einige Komponenten, wie z. B. der komplexe Radiobaustein, können von Hand nicht mehr verarbeitet werden. Von Hand zu verarbeiten sind nur noch die konventionellen bedrahteten Bauelemente. Alle Komponenten sind auf einer einzigen großen Platine untergebracht und innerhalb des Gerätes sind keine Verdrahtungen erforderlich.

Zunächst sind die Elektrolyt-Kondensatoren zu bestücken. Dabei ist unbedingt die korrekte Polarität zu beachten, da falsch gepolte Elkos sogar explodieren können. Nach dem Verlöten werden die überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen mit einem scharfen Seitenschneider abgeschnitten.

Der Sound-Transducer (PZ 1) ist so einzulöten, dass die Polaritätskennzeichnung am Bauteil mit der Kennzeichnung im Bestückungsdruck übereinstimmt.

Eine besonders sorgfältige Arbeitsweise ist bei den Bauelementen erforderlich, an die später direkt die 230-V-Netz-Wechselspannung anliegen wird, wie z. B. der X2-Kondensator C 54, die Y-Kondensatoren C 70, C 71, die Sicherung SI 1 und die Netz-Anschlussklemme KL 4. Bei der Netz-Anschlussklemme ist auch unbedingt darauf zu achten, dass diese plan auf der Platinenoberfläche aufliegen muss.

Für den Anschluss der beiden Lautsprecher und der optional anzuschließenden Status-LEDs dienen Mini-Schraubklemmen. Diese Bauteile müssen ebenfalls beim Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen.

Besonders sorgfältig muss auch das Einlöten des Netz-Leistungsübertragers TR 1 erfolgen.

Danach wird die Stiftleiste des externen Audio-Eingangs (ST 3) bestückt.

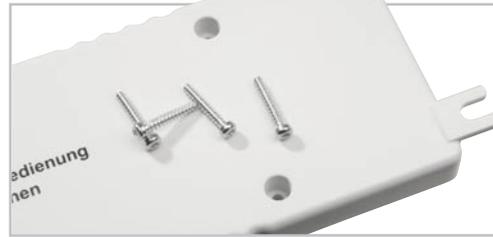
Die 1,5 m lange „Wurfantenne“ ist auf 5 mm Länge abzuisolieren, zu verdrillen und vorzuverzinne. Danach ist das vorbereitete Ende entsprechend Abbildung 8 durch die Platine zu fädeln und an ST 1 anzulöten. Am freien Ende ist eine Öse zu legen und mit Schrumpfschlauch entsprechend Abbildung 9 zu verschumpfen.

Das 868-MHz-HF-Empfangsmodul ist im rechten Winkel seitlich an die Basisplatine anzulöten (Abbildung 10).

Nach einer gründlichen Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern ist die Platine in die Gehäuseunterschale zu setzen (Abbildung 11), und im Gehäuseoberenteil sind 2 transparente Kunststoff-Lichtleiter einzusetzen, wie in Abbildung 12 zu sehen. Im letzten Arbeitsschritt bleibt nur noch das Zusammenfügen und das Verschrauben der beiden Gehäusehälften mit den zugehörigen Schrauben, wie in Abbildung 13 zu sehen.



**Bild 12:** Für die LED-Anzeigen werden im Gehäuseoberteil 2 Kunststoff-Lichtleiter eingesetzt.



**Bild 13:** Das Verschrauben der beiden Gehäusehälften erfolgt von der Unterseite mit 4 Schrauben für Kunststoff 2,0 x 12 mm.

## Stückliste: FS20 ZDR

### Widerstände:

1 $\Omega$ /SMD/1206	R36, R37
1 $\Omega$ /SMD/1206 Sicherungswiderstand	R45
10 $\Omega$ /SMD/0603	R22, R40
15 $\Omega$ /SMD/0603	R20
100 $\Omega$ /SMD/0603	R1
220 $\Omega$ /SMD/0603	R8, R10, R12, R16, R43
470 $\Omega$ /SMD/0603	R17, R23
1 k $\Omega$ /SMD/0603	R42
2,2 k $\Omega$ /SMD/0603	R5
4,7 k $\Omega$ /SMD/0603	R3, R4, R11
5,6 k $\Omega$ /SMD/0603	R44
6,8 k $\Omega$ /SMD/0603	R41
10 k $\Omega$ /SMD/060	R2, R7, R15, R18, R19, R29, R32, R34, R38, R39, R46, R47, R49
15 k $\Omega$ /SMD/0603	R14, R24, R30, R31
22 k $\Omega$ /SMD/0603	R25, R26
39 k $\Omega$ /SMD/0603	R48
47 k $\Omega$ /SMD/0603	R9, R33
100 k $\Omega$ /SMD/0603	R27, R28, R35
120 k $\Omega$ /SMD/0603	R6
150 k $\Omega$ /SMD/0603	R13, R21

### Kondensatoren:

12 pF/SMD/0603	C40
27 pF/SMD/0603	C38
33 pF/SMD/0603	C17, C18, C20, C21
100 pF/SMD/0603	C33
220 pF/SMD/0603	C8
1 nF/SMD/0603	C16
2,2 nF/250 V~/Y2	C70, C71
10 nF/SMD/0603	C25, C31, C46, C61, C62
33 nF/SMD/0603	C34, C37, C41, C47–C50
47 nF/SMD/0603	C39, C64
100 nF/SMD/0603	C1–C4, C12, C13, C15, C19, C22, C23, C24, C27, C29, C30, C32, C35, C43, C44, C60, C65
470 nF/SMD/0603	C68, C69
470 nF/250 V~/X2/MKP/RM = 15 mm	C54
1 $\mu$ F/SMD/0603	C26, C66, C67
1 $\mu$ F/SMD/0805	C6, C9–C11
6,8 $\mu$ F/400 V/105 °C	C55, C56
10 $\mu$ F/16 V	C5, C14, C45
10 $\mu$ F/63 V	C63
100 $\mu$ F/4 V/SMD/tan	C28
100 $\mu$ F/16 V	C36, C42, C59
470 $\mu$ F/16 V	C7, C57

### Halbleiter:

ELV09892/SMD	IC1
TEA5764HN/SMD	IC2
HT7533/SMD	IC3
TPA2008D2/SMD	IC4
CD4053/SMD	IC6
SFH617-2	IC7
VIPer12A/SMD	IC8
TLV272/SMD	IC9
BC848C	T2–T8
B380C800	GL1
BAT43/SMD	D1
LL4148	D2, D11
BB202/SMD	D6, D7
ES1B/SMD	D8
SMAJ188A-TR/SMD	D9
BYD57J	D10
TL431CLP	D12
Duo-LED, Rot/Grün, SMD	D3, D4

### Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz	Q1, Q2
SMD-Induktivität, 22 $\mu$ H	L1–L4
SMD-Induktivität, 120 nH/0603	L5
SMD-Induktivität, 33 nH/0603	L6, L7
SMD-Induktivität, 22 $\mu$ H, 250 mA	L8, L11
SMD-Induktivität, 10 $\mu$ H	L9, L10
Mini-Schraubklemmleiste, 3-polig, print	KL1
Schraubklemmleiste, 2-polig, print	KL2, KL3
Miniaturklemme, 1-polig, winkelprint	KL4
Miniaturklemme mit Abschluss, 1-polig, winkelprint	KL4
Mini-Drucktaster, 1x ein, 0,9 mm Tastknopflänge	TA1
Übertrager WEL903-2143-00, 5 V/1,2 A, print	TR1
Sound-Transducer, 3 V, print, 6,5 mm Höhe	PZ1
Empfangsmodul RX868-3V, 868 MHz	HFE1
Rundsicherungshalter, print	SI1
Rundsicherung, 0,5 A, träge, print	SI1
Stiftleiste für EH-Verbinder, 1x 3-polig, gerade	ST3
1 Aufkleber Lautsprecherklemmen, Weiß	
1 Gehäuse, komplett, Lichtgrau, bearbeitet und bedruckt	
170 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , Schwarz	
2 cm Schrumpfschlauch, 1/16", Schwarz	