



RDS100 UP – das Radio für die Unterputz-Schalterdose

Teil 2

Das Radio RDS100 UP bietet viel Technik auf engstem Raum und Funktionen, die sich sehen lassen können. Nachdem im ersten Teil die Leistungsmerkmale und die weitestgehend intuitive Bedienung vorgestellt wurden, kommen wir nun zu den interessanten Schaltungsdetails, gefolgt von einer ausführlichen Beschreibung des Nachbaus, der trotz der großen Herausforderungen recht einfach ist.

Schaltung

Die gesamte Schaltung des RDS100 UP ist zur besseren Übersicht in zwei Teilschaltbilder aufgeteilt. Während in Abbildung 8 die Elektronik für die Bedientasten auf der Basis von kapazitiven Näherungssensoren sowie der Displaycontroller mit Display dargestellt sind, zeigt das Hauptschaltbild (Abbildung 9) die Schaltung des eigentlichen Radios, des digitalen Stereo-Audio-Verstärkers und des zentralen Mikrocontrollers mit zugehöriger Peripherie.

Schaltung der Bedieneinheit mit Displaycontroller und LC-Display

Im oberen Bereich von Abbildung 8 ist die Elektronik für die kapazitiven Näherungssensoren mit dem Touchcontrol-Baustein QT1080 zu sehen. Alle erforderlichen Stufen für die kontaktlosen Sensortasten sind in diesem Baustein integriert. Zum Betrieb werden nur noch wenige passive, externe Komponenten benötigt.

Die eigentlichen Tasten bestehen aus Leiterplattenflächen, die direkt an BU 100 bis BU 103 angeschlossen werden. Insgesamt ist der Baustein für 8 Tasten vorgesehen, die in unserem Anwendungsfall auch alle genutzt werden. Je nach

Anwendung kann der QT1080 in verschiedenen Betriebsmodi arbeiten, die mit Hilfe der Widerstände R 100 bis R 105 sowie R 123 und R 125 konfiguriert werden. Beim Anlegen der Betriebsspannung prüft der QT1080 zuerst, ob diese Widerstände mit Schaltungsmasse oder mit der Betriebsspannung verbunden sind.

Bei der Configuration bestimmt der Pegel am Widerstand R 101, ob immer nur die Betätigung einer Taste gleichzeitig akzeptiert wird oder ob auch mehrere Tasten gleichzeitig betätigt werden können. In unserem Fall ist der Widerstand mit +3,3 V verbunden, wodurch nur eine Schaltaktion bei der Taste mit der höchsten kapazitiven Änderung durchgeführt wird.

Die Eingangsbeschaltung ist bei allen Eingangskanälen des ICs identisch und recht einfach. Von den Sensorflächen gelangt das Signal jeweils über einen 10-k Ω -Vorwiderstand (R 106, R 109, R 110, R 113, R 114, R 117, R 118 und R 121) auf die Eingänge des Sensorchips. Die Eingangsempfindlichkeit wird dabei durch die weitere externe Beschaltung bestimmt, insbesondere durch die Kondensatoren C 100 bis C 107.

Ausgangsseitig ist der Baustein als Open Drain konfiguriert. Die Ausgänge der einzelnen Kanäle gelangen über ST 102 direkt zu den entsprechenden Ports des Mikrocontrollers.

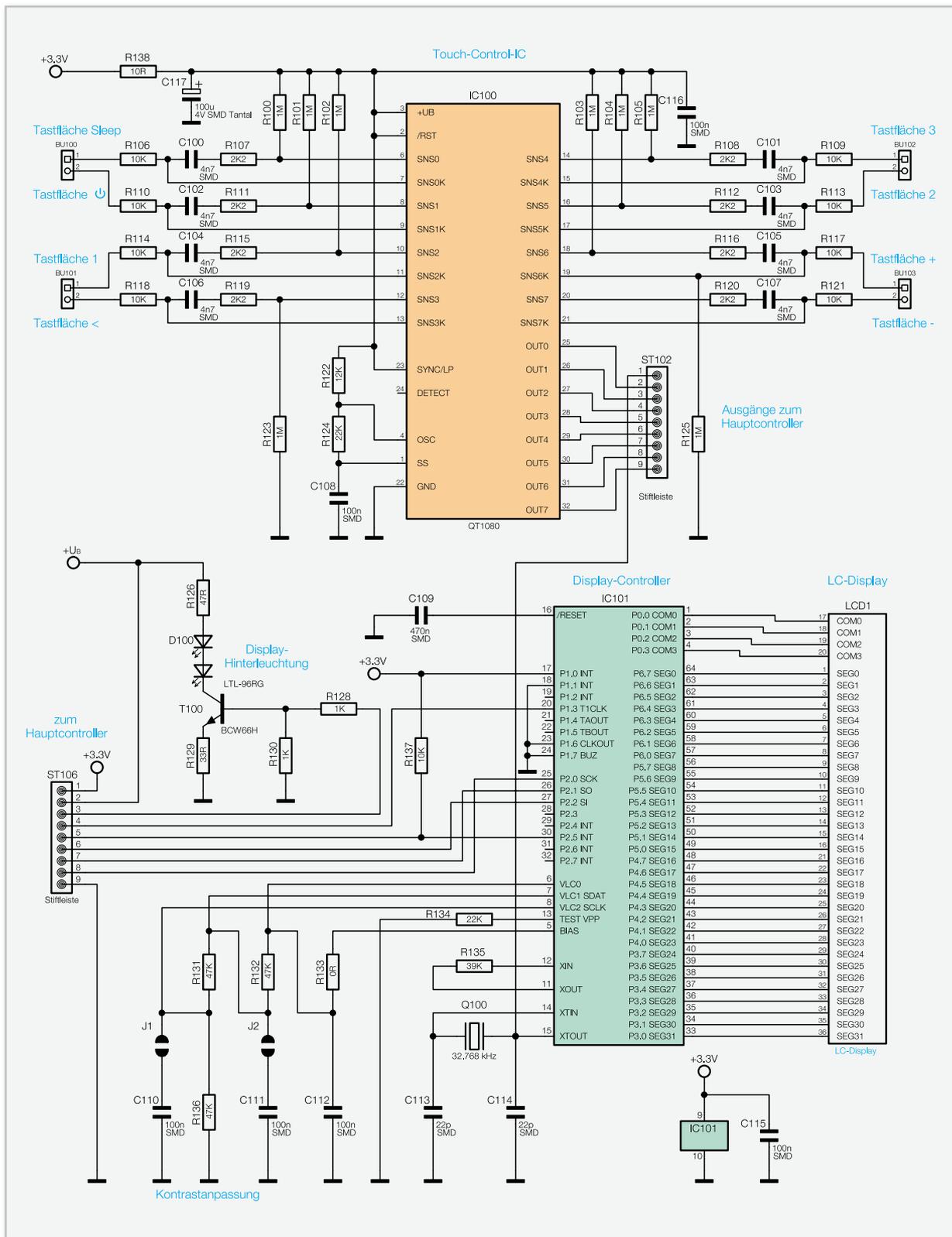


Bild 8: Touchcontrol-Bedieneinheit des RDS100 UP und Display mit Displaycontroller

Die Betriebsspannung wird dem QT1080 (IC 100) und der gesamten Tasteneinheit über R 138 zugeführt, wobei C 117 zur Pufferung dient.

Im unteren Bereich dieses Teilschaltbildes ist der Displaycontroller mit zugehöriger Peripherie dargestellt. Das LC-Display (LCD 1) verfügt über 32 Segmentleitungen und 4 COMs und ist direkt mit den zugehörigen Portpins von IC 101 verbunden.

Der Displaycontroller kommuniziert über insgesamt 5 Portleitungen, angeschlossen an Port P 1.3, P 2.0 bis P 2.2 und P 2.5 mit dem zentralen Mikrocontroller im Hauptschaltbild (Abbildung 9). Die weitere periphere Beschaltung ist recht einfach. Die Widerstände R 131 bis R 133 und R 136 sowie die Kondensatoren C 110 bis C 112 dienen zur Anpassung des Displaykontrastes.

In diesem Zusammenhang sind die Codierbrücken J 1 und

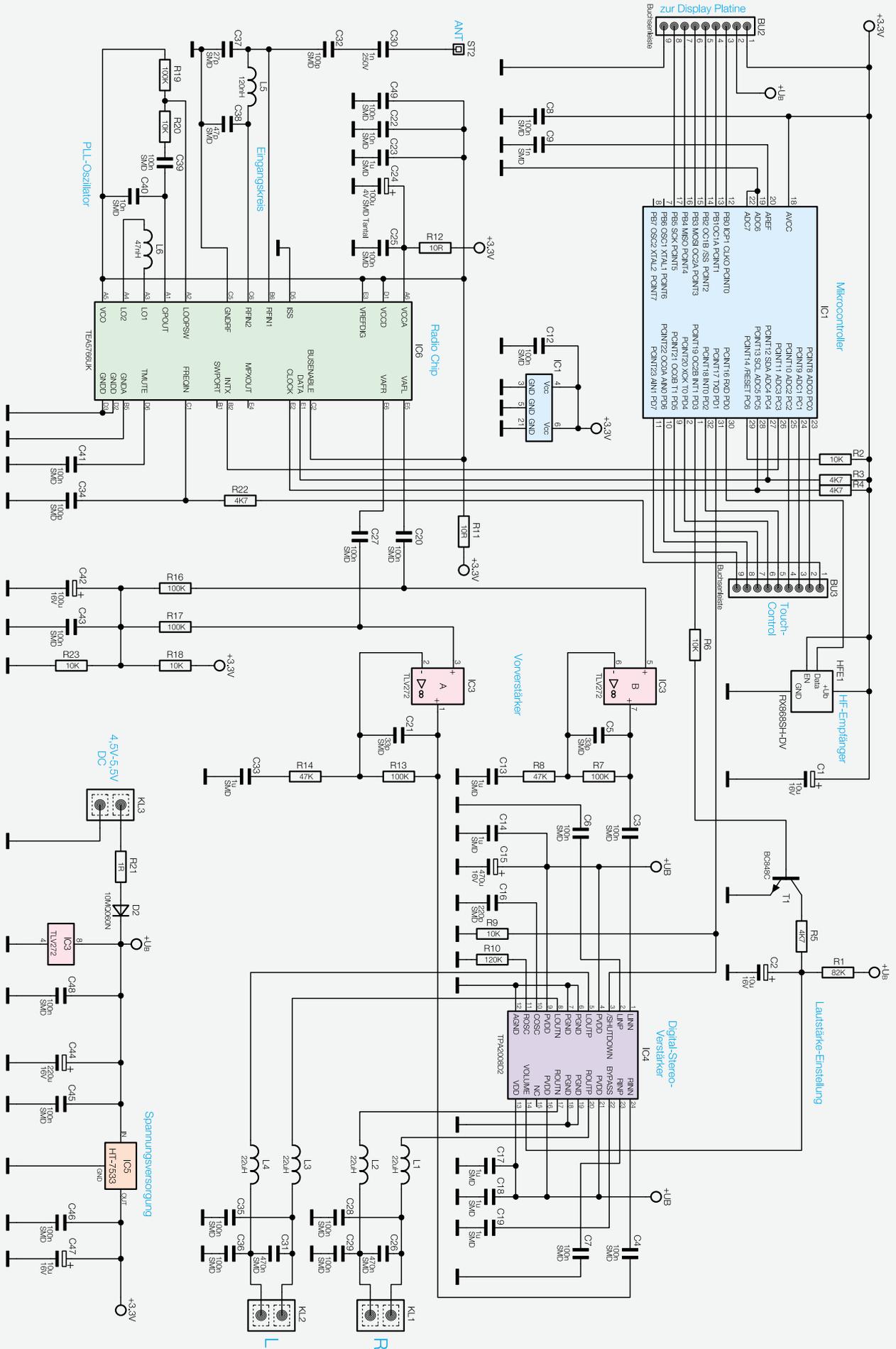


Bild 9: Hauptschaltbild des RDS100 UP

J 2 immer geschlossen und nur von produktionstechnischer Bedeutung.

Der Controller verfügt über zwei integrierte Taktoszillatoren. Während der schnelle Oszillator an Pin 11 und Pin 12 nur mit dem Widerstand R 135 beschaltet ist, benötigt der Oszillator an Pin 14 und Pin 15 einen 32,768-kHz-Uhrenquarz sowie die Kondensatoren C 113 und C 114. Über ST 102, Pin 1 gelangt der 32-kHz-Takt auch zum Radiobaustein im Hauptschaltbild.

Die Display-Hinterleuchtung erfolgt mit der Side-Looking-LED D 100, die über R 126 mit der Betriebsspannung verbunden ist und über den Transistor T 100 aktiviert wird. Das Steuerungssignal für die Hinterleuchtung kommt über Pin 3 des Steckverbinders ST 106 vom Haupt-Mikrocontroller. Über ST 106 wird auch die komplette Einheit mit Spannung versorgt.

Hauptschaltbild

Im Hauptschaltbild (Abbildung 9) sind der zentrale Mikrocontroller, das eigentliche Radio und der digitale Stereo-Audio-Verstärker zu sehen. Der Mikrocontroller (IC 1) ist für die Bedienung und alle Steueraufgaben zuständig und oben links zu sehen. Darunter ist das Radio-IC mit seiner sehr geringen externen Beschaltung eingezeichnet. Der digitale Stereo-Audio-Verstärker befindet sich rechts oben und darunter die recht einfache Spannungsversorgung. Der Haupt-Mikrocontroller (IC 1) kommuniziert über PB 0 bis PB 5 (angeschlossen an BU 2) mit dem Displaycontroller und die Tasten-Informationen vom Touchcontrol-Baustein gelangen über BU 3 direkt auf die entsprechenden Portpins des Controllers.

Mit dem Radiobaustein IC 6 kommuniziert der Mikrocontroller über den I²C-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 so gut wie keine externe Beschaltung. Im Controller integriert sind ein 16-kByte-Flash-Speicher, 1-kByte-SRAM und ein EEPROM mit 512 Bytes. Die interne Struktur des Mikrocontrollers ist im Blockschaltbild (Abbildung 10) zu sehen. Insgesamt stehen 23 frei programmierbare Ein-/Ausgangsports zur Verfügung.

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.

Da die Bedienung des RDS100 UP auch über Funk-Fernbedienungen im FS20-System erfolgen kann, ist an Port PD 0 das 868-MHz-HF-Empfangsmodul HFE 1 angeschlossen.

Zur Bedienung des Radios können aber auch andere Funk-Sender aus dem ELV-Funk-Haussteuerungs-System FS20 eingesetzt werden.

Über Port PD 1 wird der Stereo-Endverstärker (IC 4) aktiviert, und die Einstellung der Lautstär-

ke erfolgt mit Hilfe eines von PD 3 kommenden PWM-Signals über T 1 mit externer Beschaltung.

Der Kondensator C 2 sorgt in Verbindung mit R 1 und R 5 für eine Integration des PWM-Signals, so dass letztendlich am Verstärkerbaustein (IC 4) die Lautstärkeeinstellung mit Hilfe einer variablen Gleichspannung erfolgt. Insgesamt ermöglicht IC 4 eine Veränderung der Lautstärke im Bereich von -38 dB bis +20 dB.

Das eigentliche Radio ist, wie bereits erwähnt, mit einem sehr hoch integrierten IC (IC 6) realisiert und unten links im Hauptschaltbild zu sehen. Da in IC 6 neben analogen Stufen auch digitale Schaltungen integriert sind, ist ein 32,768-kHz-Takt erforderlich, den letztendlich der Displaycontroller über BU 3, Pin 1 liefert. R 22 und C 34 dienen dabei zur Störunterdrückung.

Der Neutraleiter der Netzspannung liefert das Antennensignal für das RDS100 UP, daher muss unbedingt eine spannungsfeste galvanische Entkopplung erfolgen. Diese Aufgabe übernimmt der Y-Kondensator C 30. Über den Kondensator C 32 gelangt das Antennensignal dann auf den mit L 5,

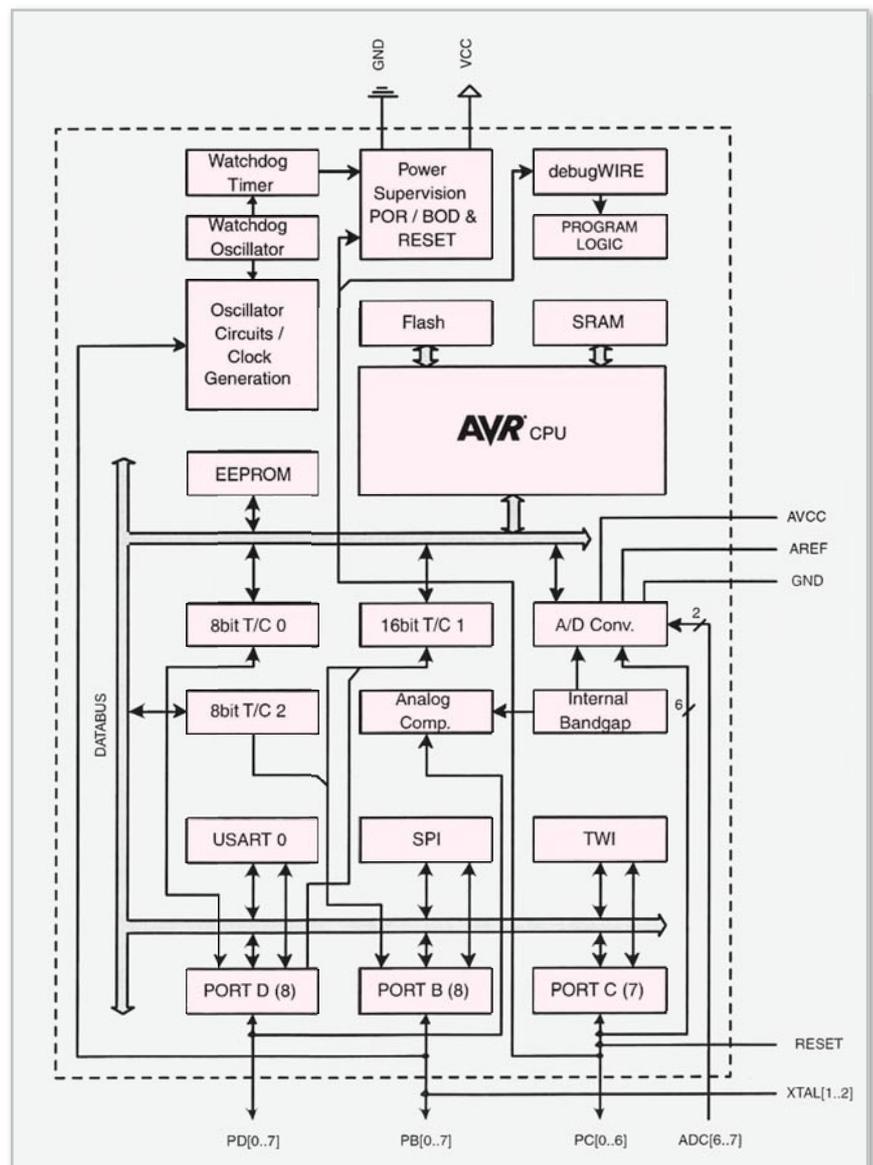
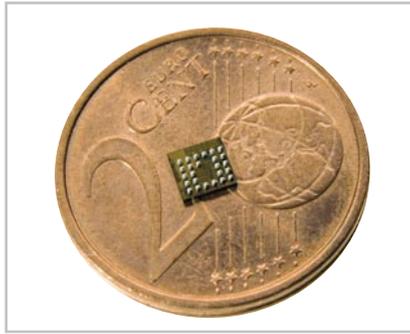


Bild 10: Interne Struktur des im RDS100-UP-Radio verwendeten Mikrocontrollers ATmega 168

Bild 11: Im Vergleich zu einem 2-Cent-Stück sind die Abmessungen des eigentlichen Radios winzig. Die Abbildung zeigt das IC mit Blick auf die 25 BGA-Lötanschlüsse an der Bauteil-Unterseite.



C 37 und C 38 aufgebauten Eingangskreis sowie zum empfindlichen HF-Eingang des Bausteins (Anschluss B 6, C 6). Das PLL-System zur Senderabstimmung ist an den BGA-Anschlüssen A 1 bis A 5 extern zugänglich und mit den externen Komponenten R 19, R 20, C 39, C 40 und der Spule L 6 beschaltet. Die zur Senderabstimmung erforderlichen Vari-cap-Dioden sind chipintern vorhanden.

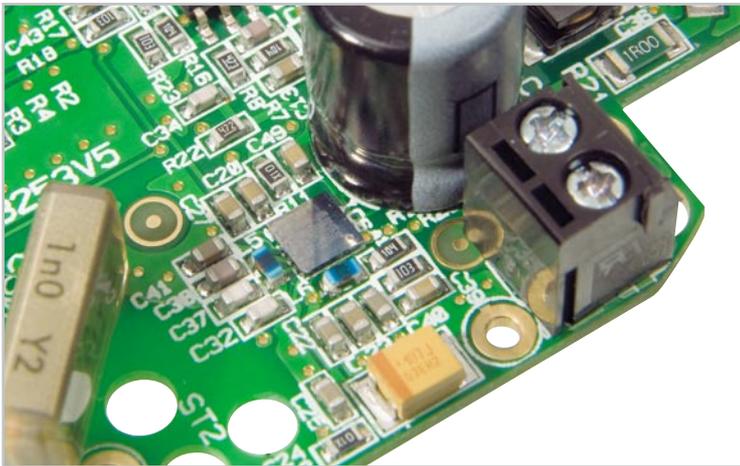


Bild 12: Im „Reflow-Prozess“ verlötetes Radio-IC mit umgebender Peripherie

Ausgangsseitig liefert der TEA5766UK an den Anschlusspins E 5 und E 6 direkt die NF-Ausgangssignale des rechten und linken Stereokanals. Über die Kondensatoren C 20 und C 27 zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung gelangen die NF-Signale auf die nicht invertierenden Eingänge der in IC 3 integrierten Operationsverstärker. Hier wird der Signalpegel

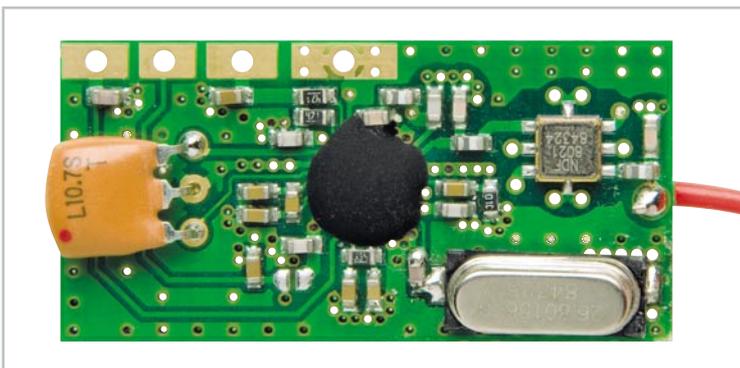


Bild 13: 868-MHz Funk-Empfangsmodul zum Empfang der Fernbedienungssignale

für die Stereo-Signale um ca. 10 dB angehoben. Vom Ausgang der Vorverstärker gelangen die NF-Signale dann über die Kondensatoren C 3 und C 4 auf die Eingänge des digitalen Verstärkerbausteins IC 4. Mit den Bauelementen R 16 bis R 18, R 23, C 42 und C 43 wird der Arbeitspunkt der beiden Operationsverstärker auf $U_B/2$ gelegt.

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

Der integrierte Taktoszillator des Digitalverstärkers ist extern mit dem Widerstand R 10 und dem Kondensator C 16 beschaltet. Abgesehen von einigen Abblockkondensatoren ist beim Digitalverstärker keine weitere externe Beschaltung erforderlich.

Während der Digital-Stereo-Verstärker direkt mit U_B versorgt wird, liefert der Spannungsregler IC 5 eine stabilisierte Ausgangsspannung von 3,3 V für die gesamte Elektronik. Die Diode D 2 dient als Verpolungsschutz und C 44 nimmt eine erste Pufferung vor. Hochfrequente Störeinflüsse werden mit Hilfe der Keramik Kondensatoren C 45, C 46 und C 48 unterdrückt und der Elko C 47 dient zur Schwingneigungsunterdrückung.

Nachbau

Konstruktiv und von der Signalführung ist es durchaus eine Herausforderung, das komplette RDS100-UP-Radio mit seinen umfangreichen Baugruppen wie Stereo-Verstärker, Touch-control-Bedieneinheit, Funk-Fernbedienungsempfänger und, natürlich nicht zu vergessen, das eigentliche Radio in einer ganz gewöhnlichen Unterputz-Schalterdose unterzubringen. Durch den Einsatz von Miniatur-Bauelementen, vorwiegend in der besonders kleinen Bauform 0402, ist der praktische Aufbau trotzdem recht einfach möglich und schnell erledigt. Wie bei allen ELV-Bausätzen sind auch beim RDS100 UP bereits sämtliche SMD-Komponenten werkseitig vorbestückt. Einige Bauteile, wie z. B. das eigentliche Radio-IC im BGA-Gehäuse (Ball Grid Array) sind auch mit dem besten Werkzeug und ausreichend Erfahrung nicht mehr von Hand zu verarbeiten.

Bei diesem Radio-IC mit den winzigen Abmessungen von 3,3 x 3,3 mm sind immerhin 25 Lötanschlüsse unterhalb des ICs vorhanden. Abbildung 11 zeigt das Radio-IC mit Blick auf die Lötanschlüsse im Größenvergleich zu einem 2-Cent-Stück, und in Abbildung 12 ist dieses IC auf der Leiterplatte mit der umliegenden Peripherie zu sehen.

Das Verlöten eines derartigen Bausteins funktioniert nur noch im professionellen „Reflow-Prozess“ und natürlich nur bei äußerst exakter Bauteil-Positionierung (von Hand nicht machbar). Geringste Abweichungen würden sofort zum Totalausfall der kompletten Leiterplatte führen. Auch das Verlöten der passiven SMD-Komponenten in der Bauform 0402 wäre von Hand schon eine Herausforderung.

Aber um die SMD-Bauteile braucht sich der Anwender bei ELV-Bausätzen nicht zu kümmern, die sind schon alle auf der Platine.

Wie sonst oft bei Radios üblich, hat der Anwender auch nichts mit einem Abgleich zu tun, denn das komplette Radio ist abgleichfrei. Beim RDS100 UP müssen keine Luftspulen gebogen, gestaucht oder auseinandergezogen werden. Für ungeübte Anwender oft ein schwieriges Unterfangen und nervenaufreibend.

Was bleibt beim RDS100 UP noch an Bestückungsarbeiten zu tun? Das Einlöten von wenigen bedrahteten Bauteilen (inkl. Display) und mechanischen Komponenten wie Stift- und Buchsenleisten. Letztendlich natürlich auch der Zusammenbau der kompletten Konstruktion.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit der Basisplatine, wo zuerst die Elektrolyt-Kondensatoren von der Platinenoberseite unter Beachtung der korrekten Polarität einzusetzen sind.

Vorsicht! Falsch gepolte Elkos können sogar im späteren Betrieb explodieren. Die Polarität ist am Bauteil üblicherweise am Minuspol und im Bestückungsdruck am Pluspol gekennzeichnet. Beim Verlöten ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Kurzschlüsse zur umliegenden Massefläche entstehen.

Danach wird der Y-Kondensator C 30 eingesetzt und sorgfältig verlötet. Nach dem Verlöten sind die überstehenden Drahtenden an der Platinenunterseite direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

Bei den danach einzulötenden Schraubklemmen ist darauf zu achten, dass jeweils das Kunststoffgehäuse vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen muss. Das Gleiche gilt auch für die beiden 9-poligen Buchsenleisten. Hier ist zusätzlich auf eine gerade Ausrichtung zu achten.

Im nächsten Arbeitsschritt ist das 868-MHz-HF-Empfangsmodul (Abbildung 13) in den Leiterplattenschlitz neben BU 2 einzulöten. Nach einer geraden Ausrichtung ist das Modul mit ausreichend Lötzinn an den 4 Lötflächen festzusetzen. Das Antennenende ist auf ca. 5 mm Länge abzuisolieren, entsprechend Abbildung 14 zu verlegen und an dem dafür vorgesehenen „Lötpad“ (Abbildung 15) der Platine anzulöten.

Nachdem nun alle Bauteile auf der Basisplatine bestückt sind, bleibt nur noch die Antennenleitung anzulöten, die später beim Einbau in die Unterputz-Schalterdose mit dem Neutralleiter des Stromnetzes zu verbinden ist. Da diese Leitung direkt mit dem Stromnetz verbunden wird, bestehen hohe Sicherheitsanforderungen. Zum einen muss die Leitung selbst die vorgeschriebene Spannungsfestigkeit aufweisen und zum anderen muss eine doppelte Isolierung vorhanden sein, die ebenfalls entsprechend spannungsfest ist. Aus diesem Grund wird über diese an einer Seite bereits mit einer Aderendhülse versehenen Leitung ein Gewebe-Isolierschlauch gezogen. Das freie Leitungsende ist dann auf ca. 5 mm Länge abzuisolieren, zu verdrillen, vorzuverzinnen und von der Platinenunterseite durch die zugehörige Bohrung zu führen. Nach dem Verlöten wird die Leitung inklusive Isolierschlauch entsprechend Abbildung 16 mit einem kleinen Kabelbinder gesichert.

Die Bestückungsarbeiten der Basisplatine sind damit abgeschlossen.

Im nächsten Teil des Artikels befassen wir uns ausführlich mit dem Nachbau der Frontplatine und dem Einbau des Radios in die Unterputz-Schalterdose. **ELV**

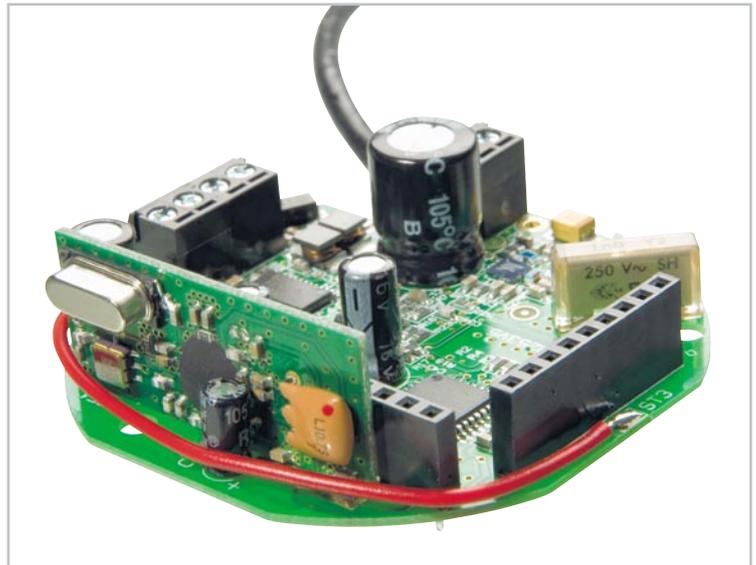


Bild 14: Die Antenne des 868-MHz-Funk-Empfangsmoduls ist wie abgebildet zu verlegen.

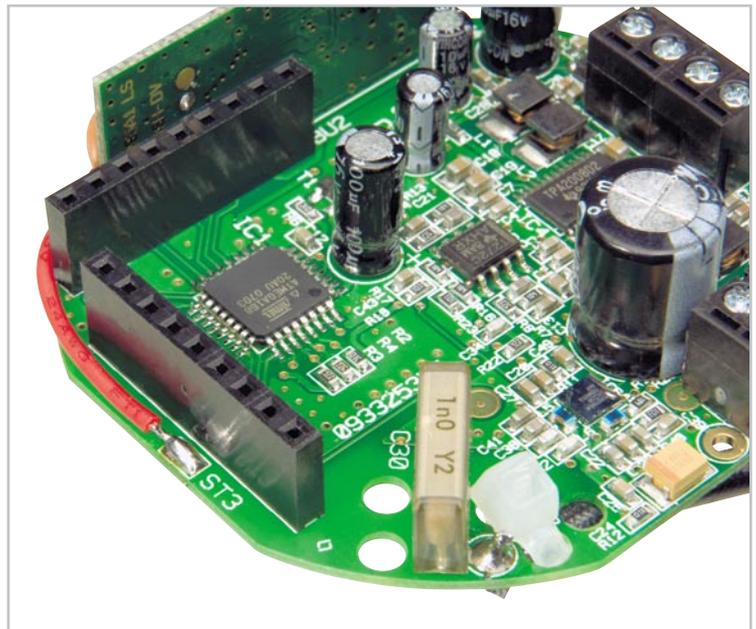


Bild 15: Das Ende der Funk-Antenne ist zur Fixierung an eine kleine dafür vorgesehene Lötfläche anzulöten.



Bild 16: Über die Antennenleitung des Radios ist unbedingt ein Gewebe-Isolierschlauch zu ziehen und danach mit einem Kabelbinder eine Sicherung auf der Platine – wie abgebildet – vorzunehmen.