

FS20-Universal-Sound-Recorder **USB**

- 16 Funk-Kanäle - 4 Taster-Eingänge
- 8 unterschiedliche Sounds in fester oder zufälliger Reihenfolge
- 2 Lautsprecherausgänge - getrennte Lautstärkeregelung
- integriertes Mikrophon - komfortable Bedien- und Soundbearbeitungs-Software

Ansteuerbar durch alle FS20 Funksender:



als Einbrecherschreck durch Funk-PIRs

... lautes Hundegebell ... danach geräuschvolles Rufen

als Türklingel-Multiplexer durch Funk-Türklingelsender

... jeder Eingang bekommt eine andere Melodie oder einen anderen Sound



Der Universal-Sound-Recorder kann bis zu acht Soundfiles mit einer Gesamtspieldauer von 25 Sekunden speichern. Über bis zu 16 FS20-Funk-Empfangskanäle oder bis zu vier extern anschließbare Taster ist das Abspielen eines oder mehrerer Sounds möglich.

Die Auswahl der Sounds sowie die Lautstärke kann komfortabel über die mitgelieferte PC-Software erfolgen, die u. a. auch die einfache Bearbeitung von Soundfiles zulässt.

Zusätzlich verfügt der Sound-Recorder über eine eigene Aufnahmemöglichkeit per integriertem Mikrophon.

Nach der Funktionsbeschreibung und der Vorstellung der Software wenden wir uns im zweiten Teil der Schaltungstechnik und dem Aufbau des Gerätes zu.

Teil 2

Schaltung

Die Schaltung teilt sich in drei Teile auf. Im ersten Teil geht es um die Spannungsversorgung der Schaltung, im zweiten Teil wird der digitale Teil der Schaltung besprochen, und im dritten Teil besprechen wir den Analogteil.

Spannungsversorgung

Beginnen wir mit dem ersten Teil, der

Spannungsversorgung (Abbildung 8). Als Betriebsspannung ist ein Spannung von 12 V_{DC} erforderlich. Hinter der Schutzdiode D 4 vom Type 1N5400, die die Schaltung vor einer Verpolung schützt, wird direkt aus dieser Betriebsspannung die Endstufe IC 5 versorgt. Die Endstufe hat eine Leistung von 2 x 8 W und wird ohne Kühlung betrieben. Da die Schaltung nur für den Kurzzeitbetrieb vorgesehen ist, kann auf den Einsatz eines Kühlkörpers verzichtet werden. Als Schutz vor zu hoher Chiptem-

peratur dient zum einen eine interne Temperatur-Schutzschaltung im IC 5. Deren Abschalt-Grenze liegt bei etwa 150 °C. Die zweite Schutzschaltung wird mit einem temperaturabhängigen Widerstand durchgeführt, aber dazu etwas später. Die angelegte Betriebsspannung wird mit der LED D 5 signalisiert. Die Kondensatoren C 52 und C 54 dienen zur Pufferung der Spannung, C 53 und C 55 zur Störungsunterdrückung.

Ebenfalls direkt von der 12-V-Versorgungsspannung erfolgt die Versorgung der Spannungsregler IC 7 und IC 8. IC 7 erzeugt die 5-V-Betriebsspannung, die sich anschließend in 5 V (+5 V) für den Digitalteil und 5 V (+5 VA) für den Analogteil der Schaltung aufteilt. Hierdurch vermeidet man weitgehend die Übertragung von Störungen des Digitalteils auf den analogen Teil der Schaltung.

Aus den 5 V wird mit IC 12 eine 3-V-Versorgungsspannung für den Funkempfänger erzeugt. IC 8 erzeugt die Betriebsspannung für den Flash-Speicher der Schaltung. Die unterschiedlichen Spannungen sind notwendig, um die Bauteile innerhalb der Spezifikationen betreiben zu können. Die 100-nF-Kondensatoren in diesem Schaltungsteil und an den ICs des Digital- und Analogteils dienen der Störunterdrückung, die Elkos der Pufferung der einzelnen Spannungen.

Für die Mikrofonenschaltung ist eine Spannung von 2,5 V erforderlich. Diese wird über die Widerstände R 32 und R 33 erzeugt, wiederum gepuffert vom Elko C 37.

Digitalteil

Im zweiten Teil der Schaltung (Abbildung 9) geht es nun um die digitale Schaltungstechnik. Beginnen wir mit der USB-TTL-Umsetzung erfolgt mit IC 1 vom Typ FT232BM. Dieses IC wandelt die vom PC kommenden Signale nach USB-Spezifikation in zur seriellen Schnittstelle des Mikrocontrollers kompatible Signale um. Für die Kommunikation mit dem Mikrocontroller sind die Leitungen TxD und RxD notwendig. Die Leitungen CTS und Sleep werden für Statusinformationen verwendet. Wenn man den FS20 USR1 mit dem PC verbindet, fordert der PC Informationen über das USB-Gerät an. Diese sind im EEPROM IC 2 abgespeichert. Das IC hat eine Speicherfähigkeit von 1 KBit, ausreichend für alle wichtigen Informationen. Die Taktfrequenz für die USB-TTL-Wandlung wird vom Keramikschwinger Q 1 auf 6 MHz stabilisiert.

Der FS20-Funkempfänger HFE 1 arbeitet mit einer Betriebsspannung von 3 V und somit unterhalb der Betriebsspannung des Mikrocontrollers. Für die nötige Pegelanpassung sorgt der Transistor T 1 mit den Wi-

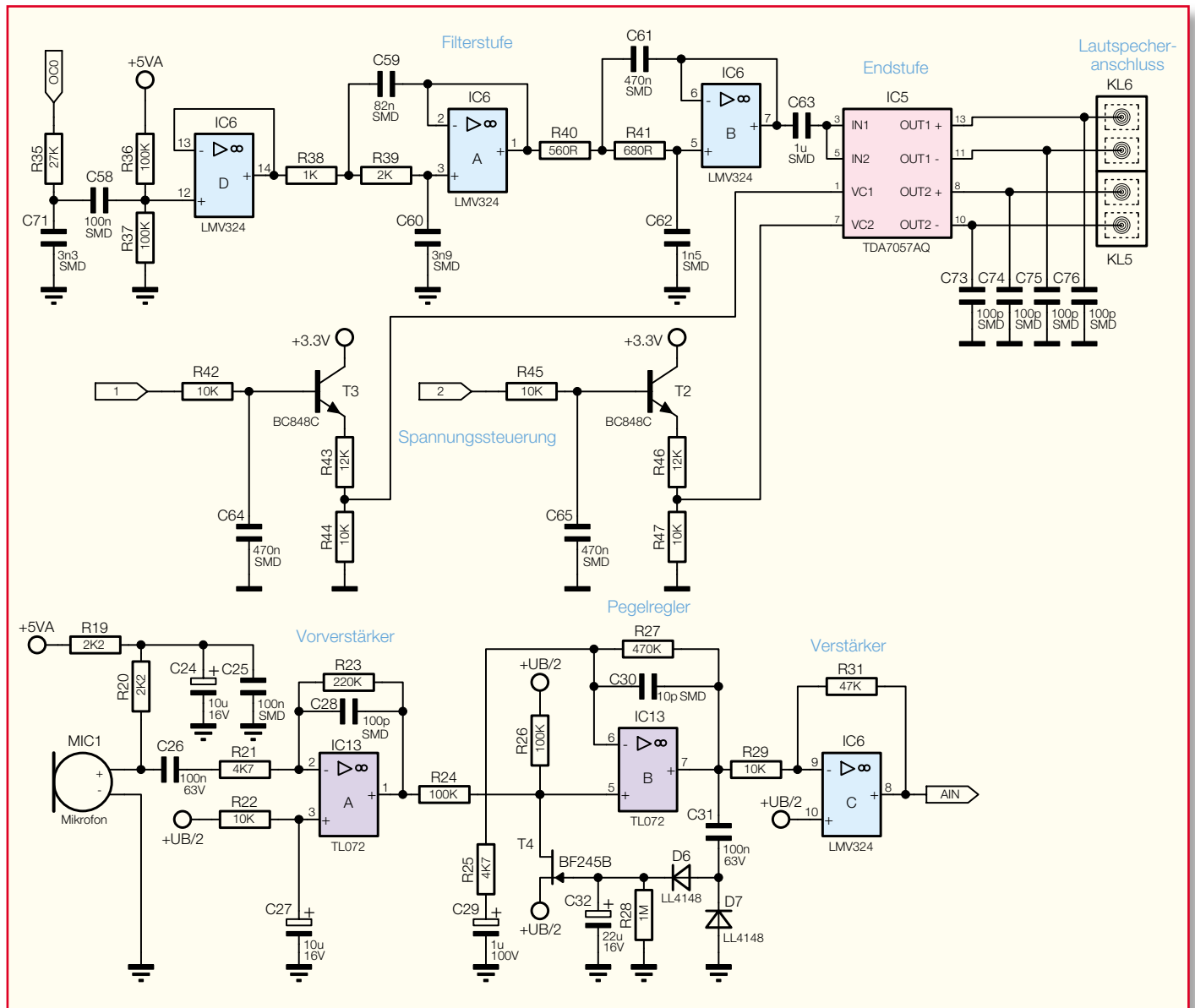


Bild 10: Schaltung des Analogteils

derständen R 7 und R 8. Der Flash-Speicher IC 4 kann direkt mit dem Mikrocontroller verbunden werden, da seine Eingänge entsprechend spannungsfest sind. Er liefert eine Spannung von mindestens 3,1 V an seinen Ausgängen. Laut Datenblatt des Mikrocontrollers ist eine Eingangsspannung von mindestens 3 V erforderlich, um ein „High“-Signal zu erhalten. Würden wir also den Flash-Controller mit der vorhandenen 3-V-Betriebsspannung verbinden, könnten sich Probleme mit der Kommunikation ergeben. Aus diesem Grund ist die 3,3-V-Versorgungsspannung erforderlich.

Mikrocontroller und Flash-Speicher kommunizieren über den SPI-Bus (Serial Peripheral Interface). Dabei ist der Mikrocontroller der Master und der Flash-Speicher der Slave. Angesprochen wird Letzterer über die CS-Leitung (Chip Select). Die Daten vom Controller zum Flash-Speicher werden von MOSI (Master Out Slave In) nach SI (Slave In) und umgekehrt von SO

(Slave Out) nach MISO (Master In Slave Out) transportiert. Der Master erzeugt den erforderlichen Takt über die SCK-Leitung (Serial Clock). Über die WP-Leitung (Write Protect) wird der Flash-Speicher geschützt, um versehentliches Beschreiben zu verhindern.

Das Poti R 49 realisiert die Lautstärke-einstellung. Der hier eingestellte Wert wird über einen ADC-Eingang des Mikrocontrollers abgefragt, bei der manuellen Programmierung mit dem Soundfile gespeichert und später als PWM-Signal zur Lautstärkesteuerung an den Analogteil weitergegeben.

Zur Temperaturüberwachung der Endstufe kommt ein temperaturabhängiger Widerstand zum Einsatz. Dieser Widerstand hat bei einer Temperatur von 25 °C einen Widerstand von 10 kΩ. Bei einer Temperatur von 70 °C beträgt er hingegen ca. 2,2 kΩ. Der Temperaturfühler bildet mit dem Widerstand R 54 einen Spannungstei-

ler, dessen Spannung vom Controller erfasst und ausgewertet wird. Steigt die Temperatur über 70 °C, so wird die Endstufe in der Lautstärke heruntergefahren, um die Temperatur wieder abzusenken. Dies ist am Leuchten der LED D 1 zu erkennen.

Ebenfalls werden die Dioden D 1 sowie D 2 und D 3 zur Statusanzeige bei der Konfiguration benötigt. Die Eingangssignale an den Klemmen KL 3 und KL 4 werden über die Dioden D 8 bis D 11 geführt und mit den Kondensatoren C 18 bis C 21 gepuffert. Sie gelangen über je eine Transistorstufe zur Pegelanpassung auf den Mikrocontroller. Durch die internen Pull-up-Widerstände am Eingang des Mikrocontrollers können externe Widerstände entfallen.

Am Pin 43 des Mikrocontrollers werden die Soundsignale als PWM-Signal (Pulsweiten-Modulation) ausgegeben und auf das Ausgangsfilter geführt. Auch die Signale für die Lautstärkeregelung liegen als PWM-Signal vor. Hierfür kommen die Pins

13 und 14 des Controllers zum Einsatz.

Bei der Aufnahme der Sounds werden die vom Mikrofonverstärker des Analogteils kommenden Signale über einen internen Analog-Digital-Wandler mit einer Auflösung von 8 Bit bei einer Abtastrate von 22.050 Hz gewandelt und im externen Flash IC 4 gespeichert.

Analogteil

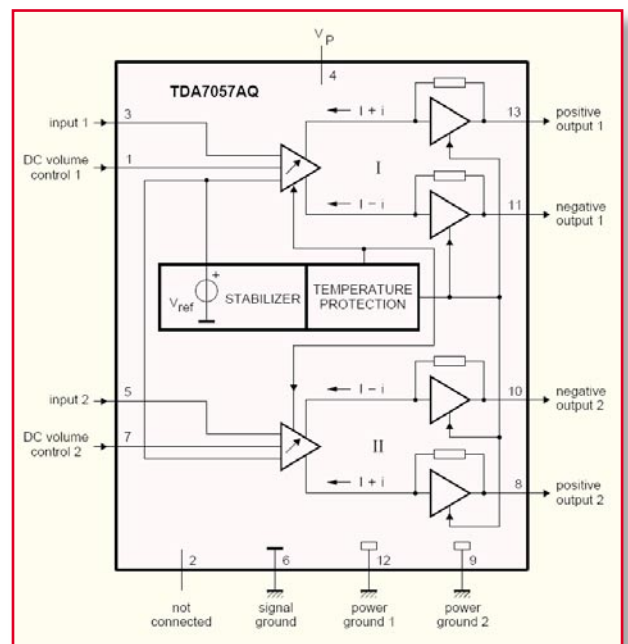
Damit kommen wir nun zum analogen Schaltungsteil (Abbildung 10). Zur Soundausgabe sind die PWM-Signale in ein analoges Audiosignal umzuwandeln. Dazu wird das digitale Signal über das RC-Glied aus R 35 und C 71 vorgefiltert. C 58 entfernt den Gleichspannungsanteil des PWM-Signals. Die Widerstände R 36 und R 37 sorgen für einen Arbeitspunkt von $UB/2$. Das gesamte Filter um IC 6 D, A, B ist ein Filter 5. Ordnung und wird auch als Chebychev-Filter bezeichnet. Das analoge Ausgangssignal wird noch einmal über C 63 entkoppelt und gelangt auf die beiden Eingänge der Endstufe IC 5.

Der Innenaufbau der Endstufe ist in Abbildung 11 zu sehen. Zur Lautstärke-regelung der beiden Ausgangskanäle der Endstufe werden zwei PWM-Signale über je eine Kombination aus einem RC-Tiefpass (R 42/C 64, R 45/C 65), einer NPN-Transistorstufe (T 2, T 3) und einem Spannungsteiler auf die Spannungseingänge VC 1 und VC 2 von IC 5 gegeben. Bei einer Spannung unter 0,4 V beträgt die Lautstärke 0, danach steigt sie nahezu linear bis zu einer Spannung von 1,2 V zur maximalen Lautstärke an. Die sich hieraus ergebende Kennlinie ist in Abbildung 12 zu sehen.

Die Mikrofonverstärkerschaltung ist in Vorverstärker, Pegelregler und einen weiteren Verstärker aufgeteilt. Da das Ausgangssignal des Mikrofons einen sehr geringen Pegel besitzt, wird es, nach der gleichstrommäßigen Entkopplung über C 26, mit dem Operationsverstärker IC 13 A um den Faktor 47 verstärkt. Mit dem Kondensator C 28 ist ein Tiefpass in den Verstärker integriert, der die hohen, nicht benötigten Frequenzen herausfiltert.

Als nächste Stufe folgt die automatische Pegelanpassung, die im Wesentlichen aus der Verstärkerstufe IC 13 B besteht. Die Leerlaufverstärkung ist mit den Widerständen R 25 und R 27 festgelegt. Die Widerstände R 24 und R 26 bilden einen Spannungsteiler, der in den Signalweg eingefügt ist. Parallel zu R 26 liegt der FET T 4, mit dessen Hilfe das Spannungsteilerverhältnis geändert und somit das Signal abgeschwächt werden kann. Die Arbeitsweise dieses interessanten Schaltungsteils wollen wir einmal genauer betrachten. Vom Ausgang (Pin 7) des Operationsverstärkers IC 13 B gelangt die Signalspannung über den Koppelkondensator

Bild 11: Innenschaltung des eingesetzten Leistungsverstärker-ICs



C 31 an die beiden Dioden D 6 und D 7. Mit den Dioden erfolgt eine Gleichrichtung des Wechselspannungssignals, so dass über dem Kondensator C 32 eine Gleichspannung ansteht, deren Höhe abhängig von der Wechselspannung ist. Mit der so gewonnenen Gleichspannung wird das Gate des Transistors T 4 angesteuert. Je nach Höhe der Steuerspannung verändert T 4 seinen Drain-Source-Widerstand, wodurch sich auch die Gesamtverstärkung verändert. Hierdurch ist ein geschlossener Regelkreis entstanden, der das Ausgangssignal von IC 13 B auf einem konstanten Pegel hält.

Die Regelung setzt erst ab einem bestimmten Pegel ein, der von der Flussspannung der beiden Dioden D 6 und D 7 bestimmt wird. Die Zeitkonstante C 32 und R 28 bestimmt das Regelverhalten der Pegelanpassung. Ein plötzlicher Pegelanstieg lässt die Regelschaltung sofort ansprechen. Durch die Entladung von C 32 über R 28

steigt die Gesamtverstärkung anschließend nur langsam wieder an.

Dieses so geregelte, verstärkte Signal wird noch einmal über den Operationsverstärker IC 6 C um das Verhältnis aus R 31 zu R 29 verstärkt und gelangt zum Digitalteil.

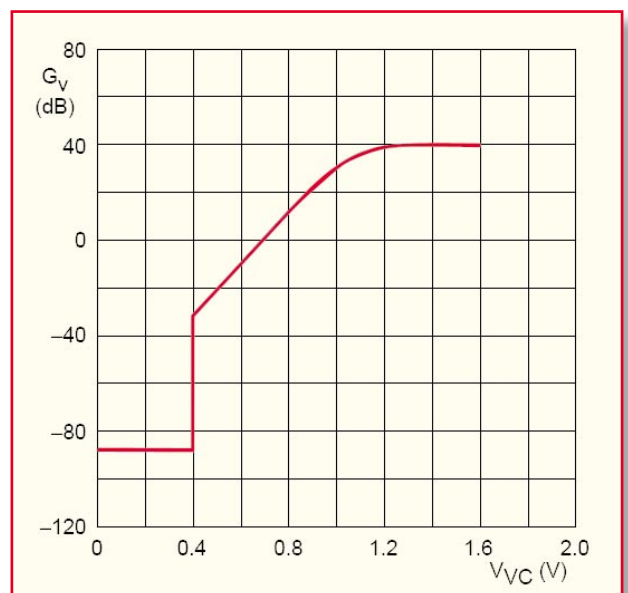
Nachbau

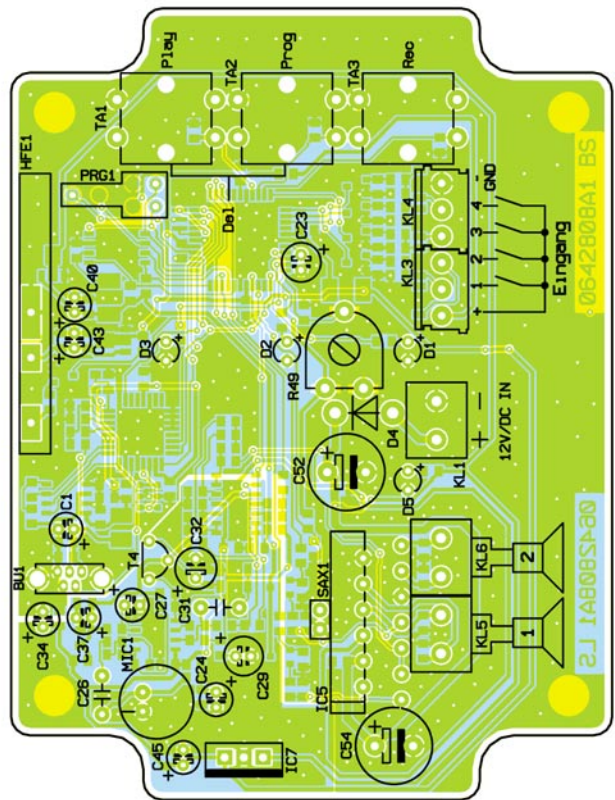
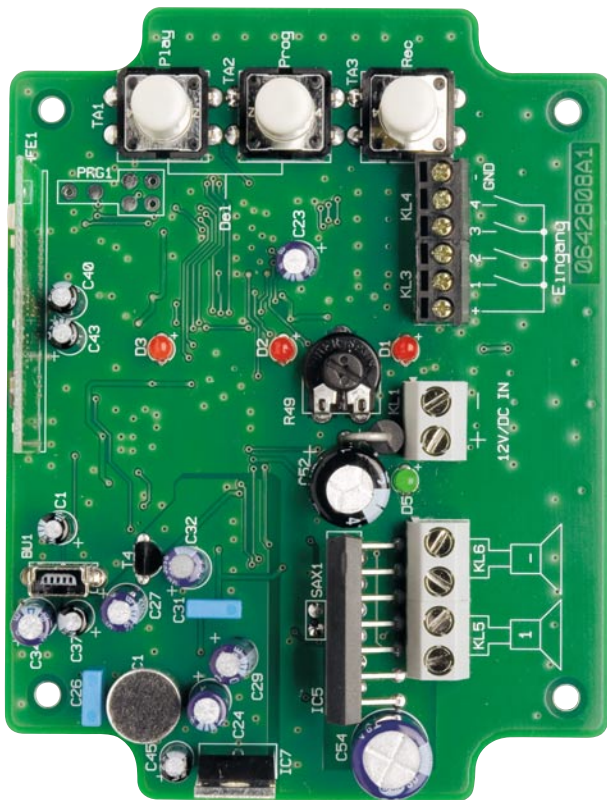
Der Aufbau der Schaltung gestaltet sich relativ einfach, da die SMD-Bauteile bereits vom Werk aus vorbestückt sind. Es ist also nur noch notwendig, die bedrahteten Bauteile auf der Platine zu bestücken.

Hierbei werden wie immer zunächst die kleineren (niedrigeren), dann die größeren (höheren) Bauteile entsprechend Bestückungsplan, Bestückungsdruck, Stückliste und Platinenfoto bestückt.

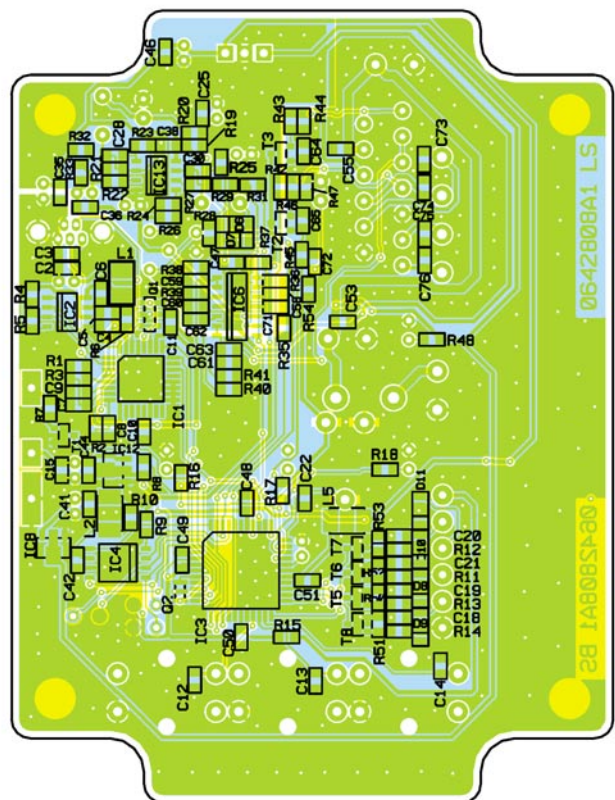
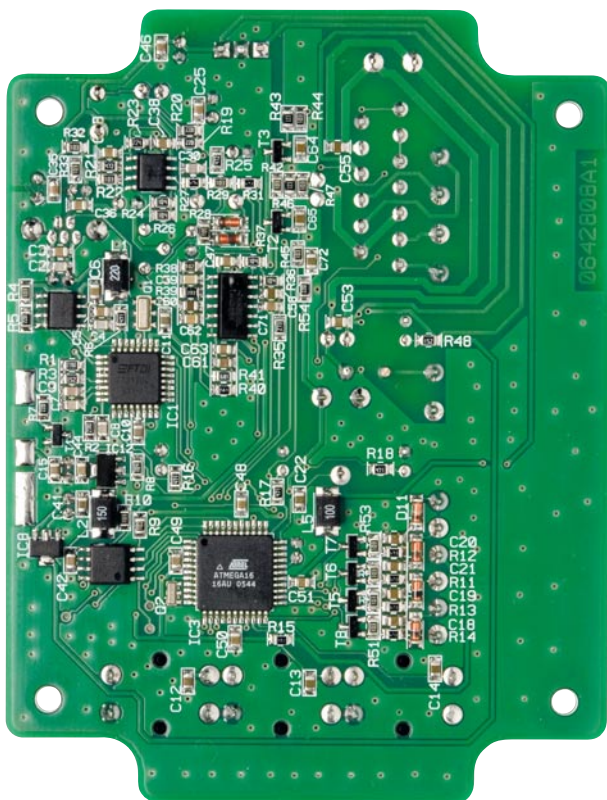
Die Leuchtdioden sind plan auf die Platinenoberseite zu setzen, damit sie

Bild 12: Die Kennlinie für die Lautstärkeeinstellung zeigt den Zusammenhang zwischen Ausgabeklautstärke und Steuerspannung





Ansicht der fertig bestückten Platine des FS20-Universal-Sound-Recorders mit zugehörigem Bestückungsplan von der Bestückungsseite



Ansicht der fertig bestückten Platine des FS20-Universal-Sound-Recorders mit zugehörigem Bestückungsplan von der Lötseite

beim Bedienen des Potis nicht verbogen werden.

Bei den ICs, dem Mikrofon, den Elkos, der Diode und den LEDs ist auf die richtige Einbaurichtung zu achten. Die Elkos sind üblicherweise am Minuspol markiert, die Anoden (Plusanschluss) der LEDs sind am längeren Bauteilanschluss zu erkennen. Die Diode D 4 ist stehend zu bestücken, nachdem der Katodenanschluss (Ringmarkierung) vorsichtig um 180 Grad abgebogen wurde.

Auch das Mikrofon ist polrichtig entsprechend der Beschriftung einzusetzen. Zu beachten ist hier auch, dass das Mikrofongehäuse keines der umstehenden Bauteile berührt, um eine Körperschallübertragung zu verhindern.

Die Einbaulage und -tiefe von IC 5 ergibt sich automatisch, wenn man dessen Anschlüsse in die entsprechenden Bohrungen einsetzt. Das Verlöten der Anschlüsse muss so erfolgen, dass das IC gerade auf der Platine steht.

Der Temperaturfühler SAX 1 wird erst nach dem Einbau der Endstufe IC 5 eingesetzt, da der Fühler mittig an der metallischen Temperatur-Ableitfläche der Endstufe sitzen muss.

Der Spannungsregler IC 7 ist mit der Kühlfäche nach außen bis zum Anschlag (sitzt dann 2 bis 3 mm über der Platine) in die Platine einzusetzen.

Bei der USB-Buchse BU 1 sind die Gehäusestifte mit reichlich Lötzinn zu verlöten, um der Buchse einen sicheren Stand auf der Platine zu geben, denn diese wird später beim Stecken des USB-Steckers immer wieder mechanisch belastet. Dieses gilt auch für die Schraub-Klemmen.

Zuletzt wird der Funkempfänger auf der Platine angelötet. Dazu ist die Empfängerplatine senkrecht zur Basisplatine mit der bestückten Seite nach außen zeigend



Bild 13: So montiert man den Funkempfänger auf der Platine

Stückliste:	
Funk-Universal-Sound-Recorder FS20 USR1	
Widerstände:	
27 Ω/SMD/0805	R1, R2
470 Ω/SMD/0805	R6, R16–R18
560 Ω/SMD/0805	R40
680 Ω/SMD/0805	R41
1 kΩ/SMD/0805	R9, R15, R38
1,5 kΩ/SMD/0805	R3, R48
2 kΩ/SMD/0805	R39
2,2 kΩ/SMD/0805	R5, R7, R19, R20, R54
4,7 kΩ/SMD/0805	R21, R25
10 kΩ/SMD/0805	R4, R10, R22, R29, R32, R33, R42, R44, R45, R47, R50–R53
12 kΩ/SMD/0805	R43, R46
27 kΩ/SMD/0805	R35
47 kΩ/SMD/0805	R11–R14, R31
100 kΩ/SMD/0805	R8, R24, R26, R36, R37
220 kΩ/SMD/0805	R23
470 kΩ/SMD/0805	R27
1 MΩ/SMD/0805	R28
PT10 für Sechskantachse, liegend, 1 MΩ	R49
Kondensatoren:	
10 pF/SMD/0805	C30
47 pF/SMD/0805	C7, C8
100 pF/SMD/0805	C28, C73–C76
1 nF/SMD/0805	C2, C4
1,5 nF/SMD/0805	C62
3,3 nF/SMD/0805	C71
3,9 nF/SMD/0805	C60
33 nF/SMD/0805	C9
82 nF/SMD/0805	C59
100 nF/SMD/0805	C3, C5, C6, C10–C15, C22, C25, C35, C36, C38, C41, C42, C44, C46–C51, C53, C55, C58, C72
100 nF/63 V/MKT	C26, C31
470 nF/SMD/0805	C18–C21, C61, C64, C65
1 µF/SMD/0805	C63
1 µF/100 V	C23, C29
10 µF/16 V	C1, C24, C27, C34, C37, C40, C43, C45
22 µF/16 V	C32
220 µF/35 V	C54
470 µF/25 V	C52
Halbleiter:	
FT232BM/SMD	IC1
ELV06561/SMD/USB-EEPROM ..	IC2
ELV06560/SMD/Prozessor	IC3
AT45DB041B-SI/SMD	IC4
TDA7057AQ	IC5
LMV324, SMD, National	IC6
7805	IC7
HT7533/SMD	IC8
HT7530/SMD	IC12
TL072/SMD	IC13
BC848C	T1–T3, T5–T8
BF245B	T4
1N5400	D4
LL4148	D6–D11
LED, 3 mm, Rot	D1–D3
LED, 3 mm, Grün	D5
Sonstiges:	
Keramikschwinger, 6 MHz, SMD ...	Q1
Keramikschwinger, 11,059 MHz, SMD	Q2
SMD-Induktivität, 22 µH	L1
SMD-Induktivität, 15 µH	L2
SMD-Induktivität, 10 µH	L5
USB-B-Buchse mini, 5-polig, print, stehend	BU1
Schraub-Klemmleiste, 2-polig, print	KL1, KL5, KL6
Mini-Schraub-Klemmleiste, 3-polig, print	KL3, KL4
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein	TA1–TA3
Tastkappe, 10 mm, Grau	TA1–TA3
Temperatursensor, 103ETB2, 1 %	SAX1
Elektret-Einbaukapsel XF-18D	MIC1
Empfangsmodul RX868-3V, 868 MHz	HFE1
1 Potisteckachse	R49
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 5 mm	
3 Kabeldurchführungen, ST-M16 x 1,5 mm, Silbergrau	
3 Kunststoffmuttern, M16 x 1,5 mm	
1 Industrie-Aufputz-Gehäuse IP65, Grau, komplett, bearbeitet und bedruckt	
1 CD Programm- und Treibersoftware FS20USR1	
1 USB-Kabel (Typ A auf Typ B mini), 2 m, Schwarz	

auf die Basisplatine zu setzen und, wie in Abbildung 13 zu sehen, mit reichlich Lötzinn anzulöten.

Bevor nun die Tasterkappen und die Potiachse aufgesetzt werden, sollten noch einmal alle Bauteile (auch die SMD-Bestückung) auf richtige Bauteillage und die Lötstellen auf Lötbrücken und kalte sowie vergessene Lötstellen überprüft werden.

Damit ist der Aufbau der Schaltung ab-

geschlossen. Nun wird die Platine in das Gehäuse eingesetzt und mit den 4 Schrauben M3 x 5 mm festgeschraubt.

Zum Schluss erfolgt noch das Einschrauben der Kabeleinführungen mit den Gegenmuttern sowie die Verkabelung und Installation des Gerätes entsprechend dem Kapitel „Installation und Applikation“ in Teil 1 („ELVjournal“ 4/2006) dieses Artikels.