



Musik im Mini-Format

MP3-Soundmodul MSM 2

Der MP3-Player in Modulform für den universellen Einbau. Mit dem MSM 2, dessen Abmessungen nur 46,5 x 22 x 12 mm betragen, können bis zu 10 verschiedene MP3-Soundfiles von microSD-Karten wiedergegeben werden. Die Auswahl des gewünschten MP3-Files erfolgt wahlweise durch externe Schaltsignale oder über direkt anzuschließende Taster bzw. Schaltkontakte. Ein eingebaute NF-Leistungsverstärker erlaubt den direkten Anschluss eines 8- Ω -Lautsprechers.

Wiedergabeformat:	MPEG 1.0 Audio Layer 3 (MP3: CBR, VBR, ABR), WAV (PCM+IMA ADPCM)
Sound-Dateien:	bis 320 Kbit/s
Speichermedium:	microSD-Karte
NF-Ausgangsleistung:	1 W an 8 Ω
Wiedergabe:	auf Tastendruck bis zu 10 unterschiedliche MP3-Dateien
Play-Listen:	auf Tastendruck bis zu 10 Listen mit jeweils bis zu 255 Dateien
Tasteranschlüsse:	max. 10
Statusanzeigen:	2 Leuchtdioden
Lautstärkeeinstellung:	Trimm-Potentiometer
Lautstärkeabsenkung:	6 dB über Lötbrücke möglich
Besonderheit:	Firmware-Update-Möglichkeit über SD-Karte
Versorgungsspannung:	4,5–5,5 Vdc
Stromaufnahme Betrieb:	50 bis 300 mA (je nach Lautstärke), max. 500 mA
Stromaufnahme Stand-by:	5 mA (Idle-Modus), 50 μ A (Sleep-Modus)
Abmessungen:	46,5 x 22 x 12 mm

Allgemeines

MP3 ist die allgemeine Abkürzung für „MPEG Audio Layer 3“ und heute das gebräuchlichste Format für digitale Audio-Signale. In erster Linie handelt es sich dabei um ein Verfahren zur Datenreduktion, so dass Musiksingale auf unter 10 % der sonst erforderlichen Datenmenge komprimiert werden können, ohne das Hörerlebnis dabei merklich zu beeinträchtigen.

Preiswerte MP3-Player gibt es zwar in unterschiedlichsten Ausführungen, aber wenn es um die Integration in eigene Anwendungen und Schaltungen geht, stößt man bei der Ansteuerung der Player sehr schnell an Grenzen. Abhilfe schafft das hier vorgestellte kleine Modul (Bild 1), dass gerade für den Einbau in eigene Applika-

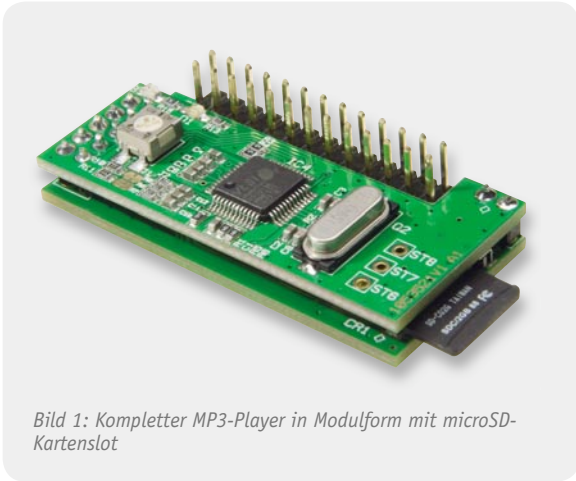


Bild 1: Kompletter MP3-Player in Modulform mit microSD-Kartenslot



Bild 2: Einsetzen der microSD-Karte

tionen konzipiert wurde und auf einfachste Weise die Wiedergabe von bis zu 10 unterschiedlichen Sound-Dateien ermöglicht. Die mögliche Länge der Sound-Dateien wird nur durch die Größe der verwendeten SD-Karte begrenzt, so dass auch die Wiedergabe von sehr langen Soundfiles absolut kein Problem ist. Bei den Abmessungen des Moduls wurde besonderer Wert auf ein möglichst schmales Design (nur 22 mm) gelegt, d. h., die Platine ist kaum breiter als der Steckplatz für die microSD-Karte (Bild 2). Dadurch ist insbesondere auch der Einbau in Modellbahn-Anwendungen problemlos möglich.

Die Zuordnung der einzelnen Sound-Signale zu den Tastenfunktionen des Moduls (Taste 1 bis 10) erfolgt durch eine einfache Nummerierung am Anfang des Dateinamens (001-Dateiname, 002-Dateiname usw.). Dadurch ist die Erstellung der erforderlichen Sound-Dateien ein „Kinderspiel“. Einfach die gewünschten MP3-Dateien auf eine mit FAT32 formatierte microSD-Karte kopieren, den Anfang des Dateinamens von 001 bis 010 nummerieren, und die Daten für das Soundmodul sind schon abspielbereit. Es werden Sound-Dateien bis max. 320 kbit/s und die Dateiformate MPEG 1.0 Layer 3 (MP3: CBR, VBR, ABR), WAV (PCM+IMA ADPCM)

unterstützt. Durch die einfache Nummerierung können auch besonders schnell und einfach MP3-Dateien getauscht werden, ohne dass es dadurch zu Verschiebungen bei der Tastenzuordnung kommt.

Sämtliche Ein- und Ausgänge des Moduls stehen an einer 2-reihigen Stiftleiste mit insgesamt 26 Anschlusspins zur Verfügung. Zur Wiedergabe der verschiedenen MP3-Dateien können hier direkt bis zu 10 Taster angeschlossen werden. Über einen „Enable“-Eingang an dieser Stiftleiste, d. h. Schalterkontakt nach Masse, wird auch der komplette „MP3-Player“ eingeschaltet, und zwei weitere Anschlusspins dienen zum Anschluss der Versorgungsspannung, die im Bereich von 4,5 V bis 5,5 V liegen muss. Zwei weitere Anschlusspins dieser Stiftleiste dienen zum Anschluss eines 8- Ω -Lautsprechers.

Der auf dem Modul vorhandene Mono-NF-Leistungsverstärker kann 1 W Ausgangsleistung an 8 Ω abgeben, wobei die Lautstärke mit Hilfe eines Trimm-Potentiometers auf dem Modul einstellbar ist.

Grundsätzlich können auf PCs und schnellen, leistungsfähigen Mikrocontrollern (z. B. ARM-Controllern) MP3-Dateien softwaremäßig decodiert werden. In Anwendungen mit kleineren Mikrocontrollern wie z. B. unserem Soundmodul sind spezielle MP3-Decoder-Chips erforderlich. Ein Vorteil dabei ist der deutlich geringere Firmware-Aufwand und dass die erforderlichen MP3-Lizenzen bereits mit dem Kauf der Chips bezahlt werden. Ausgangsseitig liefern MP3-Chips in der Regel bereits analoge Audio-Signale, so dass dann keine D/A-Wandler mehr erforderlich sind. Der von uns eingesetzte MP3-Decoderbaustein von VLSI mit seriellem SPI-Interface und integriertem Stereo-D/A-Wandler ist daher auch von der Kostenseite eine gute Alternative.

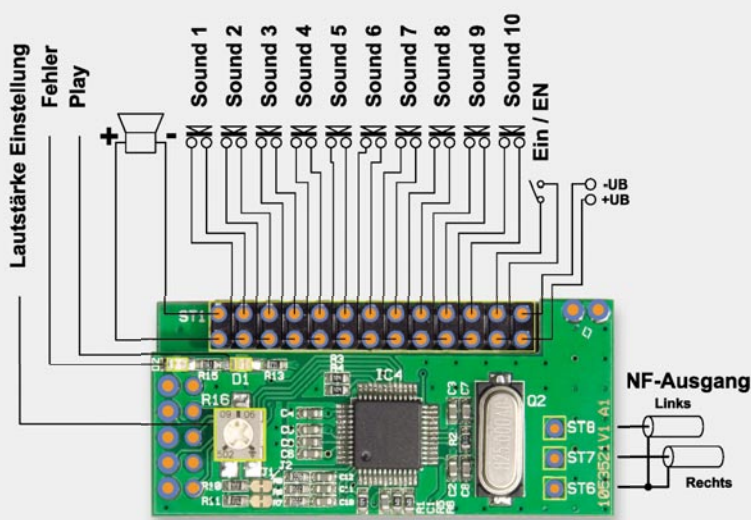


Bild 3: Bedien- und Anzeigeelemente sowie die Anschlussbelegung des MP3-Soundmoduls

Installation und Bedienung

Die Installation und Bedienung des MP3-Soundmoduls ist ausgesprochen einfach. Bild 3 verschafft einen Überblick über die Anschlüsse, Bedien- und Anzeigeelemente des MSM 2.

Zum Betrieb des MP3-Soundmoduls wird eine standardformatierte microSD-Karte (FAT32) benötigt, und die gewünschten MP3-Sound-Dateien werden im ersten Schritt auf diese Karte kopiert. Es werden max. 10 Dateien vom Soundmodul unterstützt, wobei die Zuordnung zu den Tastenfunktionen über eine am

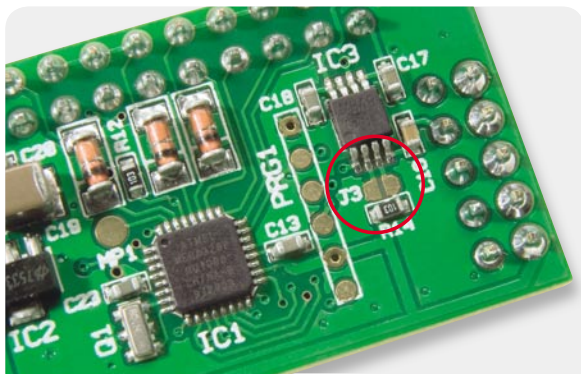


Bild 4: Auswahl der Endstufen-Verstärkung. Durch eine Verbindung der Lötflächen von J 3 kann die Verstärkung der Endstufe um 6 dB reduziert werden.

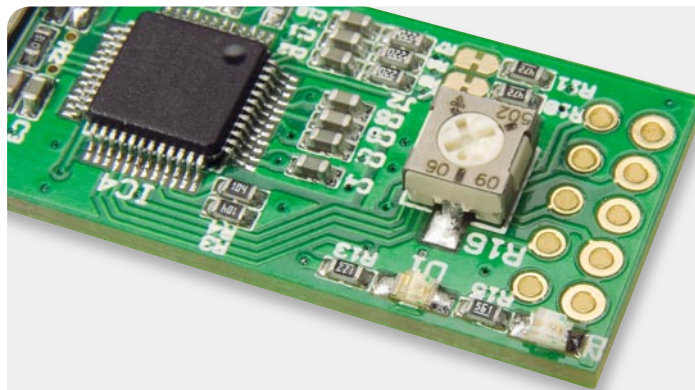


Bild 5: Die Anzeige-LEDs des MP3-Soundmoduls befinden sich in der Nähe des Trimm-Potentiometers R 16.

Anfang des Dateinamens stehende Nummer erfolgt. Es können dabei durchaus beliebige Dateinamen vergeben werden, allerdings müssen Dateien, die abgespielt werden sollen, mit drei aufeinander folgenden Zahlen, 001-Dateiname bis 010-Dateiname, beginnen und vom Dateityp MP3 oder WAV sein. Alle anderen MP3-Dateien auf der Karte, die durchaus vorhanden sein dürfen, werden ignoriert. Eine kurze Betätigung der Taste 1 (<2 Sek.) führt zur Wiedergabe der Sound-Datei 001-Dateiname, und bei einer kurzen Betätigung der Taste 2 wird die Sound-Datei 002-Dateiname abgespielt usw.

Eine Besonderheit ist die Möglichkeit, auf langen Tastendruck (>2 Sek.) hin komplette „Play-Listen“ abzuspielen. Dabei können bis zu 10 Play-Listen mit jeweils bis zu 255 MP3-Sound-Dateien je Liste angelegt und automatisch wiedergegeben werden. Play-Listen sind Text-Dokumente mit dem Namen PLAYLST0 bis PLAYLST9 und dem Dateityp TXT. In den Play-Listen wird die Ziffernfolge der Sound-Dateien mit Semikolons „;“ getrennt aufgelistet. Wichtig ist dabei, dass bei der letzten Datei in der Liste ein Abschluss mit einem Semikolon erfolgt, da sonst die Datei nicht abgespielt wird. Über die Play-Listen können somit auch Dateien abgespielt werden, die nicht direkt über einen kurzen Tastendruck erreichbar sind (die Nummerierung ist möglich von 001 bis 999). Natürlich besteht auch die Möglichkeit, in jeder Play-Liste nur die Nummer einer einzigen MP3-Datei zu speichern. Dann sind 10 MP3-Dateien über einen kurzen Tastendruck und 10 weitere MP3-Dateien über einen langen Tastendruck wiederzugeben.

Je nach Stromversorgung des MP3-Soundmoduls (Batterie- oder Netzteilbetrieb) können mit Hilfe von Tasten-Kombinationen verschiedene Betriebsmodi aufgerufen werden. Neben einem „Idle-Modus“ (Betriebsbereitschaft) steht ein „Sleep-Modus“ zur Verfügung, in dem die Ruhestromaufnahme von ca. 5 mA auf ca. 50 μ A sinkt. Wenn der Sleep-Modus aktiviert ist, erfolgt eine leicht verzögerte Tastenreaktion, da der Baustein zuerst durch den Tastendruck „aufwachen“ muss, um dann die Funktion auszuführen. Zum Aktivieren der verschiedenen Modi sind die entsprechenden Tastenkombinationen >10 Sek. gleichzeitig gedrückt zu halten, wobei die Übernahme jeweils

durch kurzes Aufleuchten der roten LED quittiert wird. Folgende Modi stehen zur Verfügung:

- **Idle-Modus (Bereitschaft) & Sleep-Modus aktiviert** (Tastenkombination 1 und 5)
Nach Abspielen einer Sound-Datei wird 5 Sek. im Idle-Modus (blinkende blaue LED) auf neue Eingabe gewartet, bevor automatisch der Sleep-Modus (keine LED leuchtet) aktiviert wird
- **Sleep-Modus aktiviert** (Tastenkombination 1 und 6)
Nach Abspielen einer MP3-Datei wird sofort der Sleep-Modus aktiviert (Ruhestromaufnahme ca. 50 μ A)
- **Idle-Modus aktiviert** (Tastenkombination 1 und 7)
Im Idle-Modus wird nach Abspielen einer MP3-Datei auf neue Eingaben gewartet (Ruhestromaufnahme ca. 5 mA)

Eine Besonderheit ist beim MP3-Soundmodul die Möglichkeit, ein Firmware-Update von der microSD-Karte aus durchzuführen. Durch gleichzeitiges Betätigen und 10 Sek. Halten der Tastenkombination 1 und 10 wird der Bootloader aufgerufen. Die Aktivierung des Bootloaders wird dann durch gleichzeitiges Aufleuchten der blauen und roten LED angezeigt.

Nach dem Einsetzen der microSD-Karte mit den vorbereiteten MP3-Dateien in den Steckplatz ist das Modul grundsätzlich betriebsbereit und kann in die vorgesehene Applikation eingebaut werden.

Entsprechend Bild 3 ist die Betriebsspannung (4,5 V bis 5,5 V_{DC}) an Pin 25 und Pin 26 der Stiftleiste ST 1 anzuschließen. Eingeschaltet wird das Modul an Pin 23, d. h., Pin 23 ist im Betriebszustand mit Pin 24 (Schaltungsmasse) zu verbinden. Natürlich kann das Einschalten auch über einen externen Open-Collector-Transistor an Pin 23 erfolgen. Die Taster zum Aufrufen der gewünschten Sound-Dateien sind an Pin 3 bis Pin 22 anzuschließen, und an Pin 1 und 2 ist direkt ein 8- Ω -Lautsprecher anzuschließen.

Die Lautstärkeeinstellung erfolgt direkt auf dem Modul mit Hilfe des Trimm-Potentiometers R 16. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, bei der Verstärkung der Endstufe zwischen 2 Einstellungen zu wählen (6 dB oder 12 dB). Die Verstärkung der Endstufe ist standardmäßig auf 12 dB eingestellt. Zur Auswahl der 6-dB-Einstellung sind die Flächen der Lötbrücke J 3 (Bild 4) mit einem Lötzinnklecks zu verbinden. In der 6-dB-Einstellung ist die maximale Ausgangsleistung

der Endstufe um die Hälfte geringer. Das hat zur Folge, dass zwar die Gesamtlautstärke geringer ist, jedoch auch der maximale Stromverbrauch drastisch sinkt. Sollen aber Soundfiles wiedergegeben werden, deren Lautstärkepegel von sich aus sehr gering ist, empfiehlt es sich hier, die Einstellung 12 dB zu wählen.

Die beiden SMD-Leuchtdioden D 1 und D 2 (siehe Detailaufnahme in Bild 5) dienen zur Anzeige der verschiedenen Betriebszustände des MP3-Soundmoduls. Die blaue LED D 1 zeigt in erster Linie die Wiedergabe einer Audio-Datei (Play-Modus) an – jedoch auch den Idle-Modus (Bereitschaft) durch langsames Blinken. Durch schnelles Blinken wird nach Drücken einer Taste angezeigt, dass die microSD-Karte nicht korrekt bzw. garnicht im Kartenslot sitzt. 5 Sekunden lang hat der

Benutzer dann die Möglichkeit, den Sitz der microSD-Karte zu korrigieren, bevor dies einen Fehler auslöst. Die rote LED D 2 dient zur Anzeige verschiedener Quittungssignale und Fehler in Betriebsmodus. Im Betriebsmodus können dabei folgende Fehler angezeigt werden:

- Blinken 1x lang, 1x kurz: SD-Karte nicht gefunden
- Blinken 1x lang, 2x kurz: Sound-Datei nicht gefunden
- Blinken 1x lang, 3x kurz: Play-Liste nicht gefunden

Diese Sequenzen werden 3x wiederholt und lassen sich mittels Tastendruck abbrechen.

Schaltung

Das Hauptschaltbild unseres MP3-Soundmoduls ist in Bild 6 zu sehen, wobei die Aufteilung im Schaltbild den beiden Leiterplatten des Moduls entspricht. Zentrale Bauelemente des Moduls sind der Mikrocontroller IC 1 im unteren Schaltbildbereich und der MP3-Decoderchip IC 4, oben

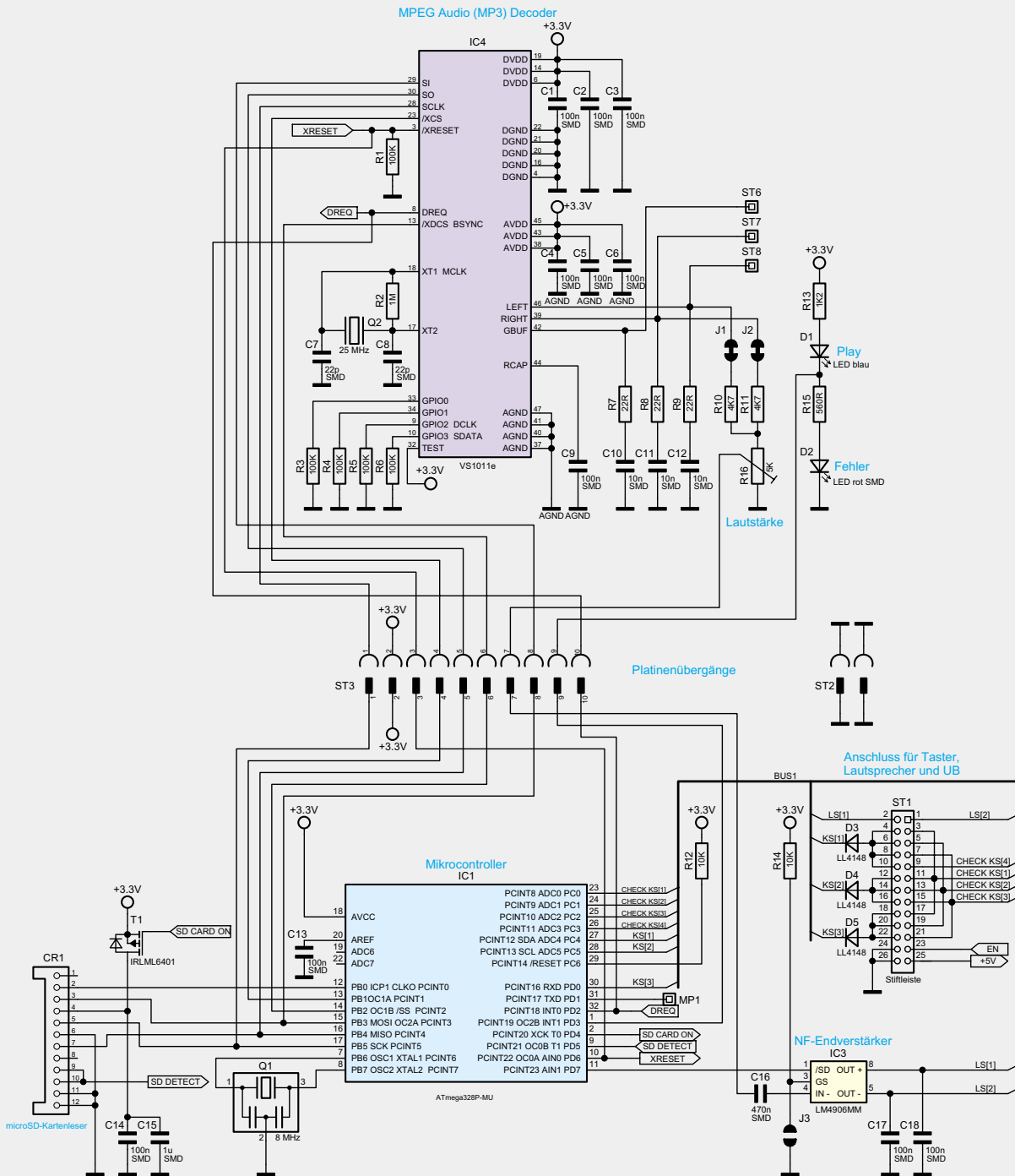


Bild 6: Hauptschaltbild

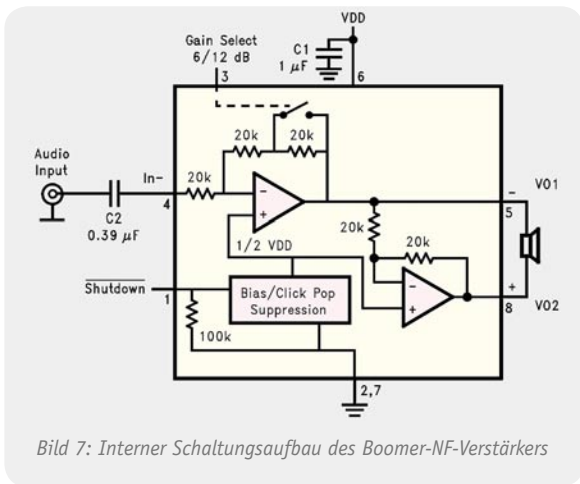


Bild 7: Interner Schaltungsaufbau des Boomer-NF-Verstärkers

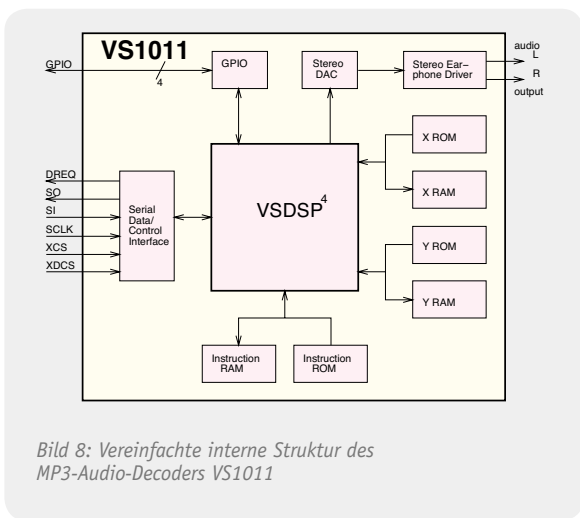


Bild 8: Vereinfachte interne Struktur des MP3-Audio-Decoders VS1011

lichen aus dem 8-MHz-Keramschwinger Q 1 besteht. Der Reset-Eingang ist über R 12 mit der stabilisierten Betriebsspannung von 3,3 V verbunden, und der Kondensator C 13 an Pin 20 (AREF) dient ausschließlich zur Blockung.

Der microSD-Kartenleser, der eigentlich nur zur Kontaktierung dient und aus einem passiven Steckplatz besteht, verbindet die SPI-Busanschlüsse der Speicherkarte mit den entsprechenden Port-Pins des Mikrocontrollers. Über den P-Kanal-FET-Transistor T 1 wird die microSD-Karte, vom Controller gesteuert, mit Spannung versorgt. Die Kondensatoren C 14 und C 15 dienen dabei zur Pufferung der Betriebsspannung für die Speicherkarte.

Die insgesamt 10 Tasteranschlüsse des MSM 2 sind in einer Matrix direkt an Port PC 0 bis PC 5 und PD 0 angeschlossen und die Dioden D 3 bis D 5 dienen dabei zur Entkopplung. Der NF-Leistungsverstärker IC 3 ermöglicht den direkten Anschluss eines 8-Ω-Lautsprechers am Soundmodul und kann bis zu 1 W Ausgangsleistung bei 5 V Betriebsspannung abgeben. Das von den Stereo-Ausgängen des MP3-Chips kommende Audio-Signal wird mit Hilfe der Widerstände R 10 und R 11 zu einem Mono-Signal zusammengeführt und auf das Trimpoti R 16 zur Lautstärkeeinstellung gegeben. Vom Potiabgriff gelangt das Signal dann über C 16 auf den Eingang des NF-Endverstärkers, dessen interne Schaltungsaufbau im Blockschaltbild (Bild 7) zu sehen ist. Wie bereits erwähnt, ist die Verstärkung dieses Bausteins mit Hilfe der Lötbrücke J 3 in 2 Stufen schaltbar. Die Verstärkung wird auf 6 dB reduziert, wenn die Lötflächen von J 3 verbunden sind. Über den Shutdown-Eingang (Pin 1) kann der Verstärker vom Mikrocontroller (Pin PD 7) abgeschaltet werden. Im abgeschalteten Zustand beträgt die Ruhestromaufnahme nur noch 0,1 µA. Die Kondensatoren C 17 und C 18 an den Lautsprecher-Ausgängen dienen zur Störunterdrückung. Die Leuchtdioden D 1 und D 2 zur Anzeige der unterschiedlichen Betriebszustände werden vom Mikrocontroller angesteuert und belegen aufgrund einer „Trickschaltung“ (siehe Details in „Elektronikwissen“) nur einen einzigen Port-Pin.

Das zentrale Bauelement unseres MP3-Soundmoduls ist der MP3-Audio-Decoder im oberen Bereich des Schaltbildes, dessen vereinfachte interne Struktur im Blockschaltbild (Bild 8) dargestellt ist. Dieser äußerst komplexe MPEG-Audio-Decoder wird vom Mikrocontroller IC 1 gesteuert und empfängt über den seriellen Bus den Eingangs-„Bitstream“ von der microSD-Karte (CR 1). Chipintern erfolgt dann die Decodierung des digitalen „Audiostreams“ sowie eine digitale Lautstärkeanpassung, und ein mit 18-Bit-Oversampling arbeitender Multi-Bit-Sigma-Delta-DAC sorgt für die Wandlung der decodierten Audioinformationen in analoge Audio-Signale für den rechten und linken Stereokanal.

Die analogen Audio-Signale gelangen nach der Wandlung auf einen

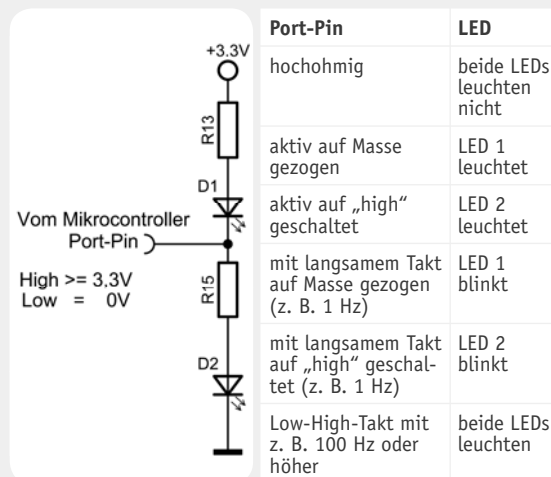
im Schaltbild. Durch den Einsatz dieser hochintegrierten Bausteine beschränkt sich der externe Schaltungsaufwand auf ein Minimum.

Der digitale Audioverstärker ist rechts unten zu sehen und der mit dem Mikrocontroller verbundene microSD-Kartenleser links unten.

Der Mikrocontroller IC 1 benötigt zum Betrieb nur eine minimale periphere Beschaltung, die im Wesent-

2 LEDs über einen Port-Pin ansteuern

Beim MP3-Soundmodul werden 2 Leuchtdioden über einen Port-Pin des Mikrocontrollers angesteuert. Wie dieser kleine Schaltungstrick funktioniert, wollen wir nun genauer erklären. Bei den Port-Pins des Mikrocontrollers handelt es sich um Tristate-Ausgänge, d. h., der Ausgang kann aktiv „high“, aktiv „low“ oder hochohmig sein („floaten“). Das Funktionsprinzip beruht nun darauf, dass unsere Elektronik, inkl. Mikrocontroller, mit einer relativ geringen, stabilisierten Betriebsspannung (3,3 V) versorgt wird und die Flussspannung der in Reihe geschalteten Dioden (Bild) höher ist als die Betriebsspannung der Reihenschaltung. Bei hochohmigem Port-Ausgang werden die Flussspannungen nicht überwunden und keine der beiden Leuchtdioden kann aufleuchten. Wird der Port aktiv auf Massepotential gezogen, leuchtet ausschließlich D 1 und wenn am Mikrocontrollerport „High“-Potential anliegt, die Leuchtdiode D 2. Entsprechend der Tabelle können mit einem Portausgang sogar 6 unterschiedliche Betriebszustände signalisiert werden.



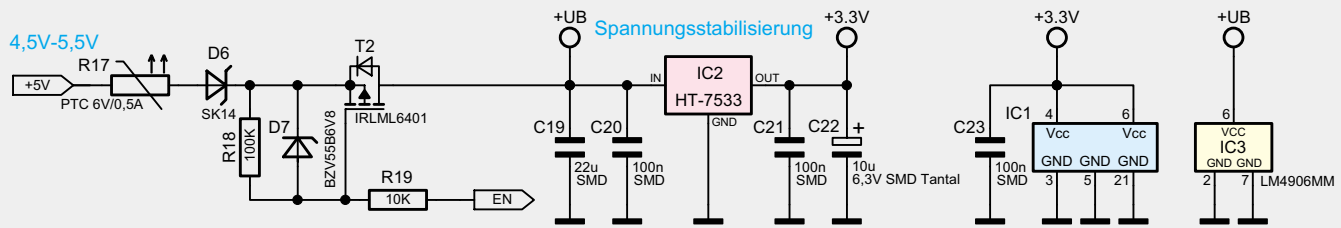
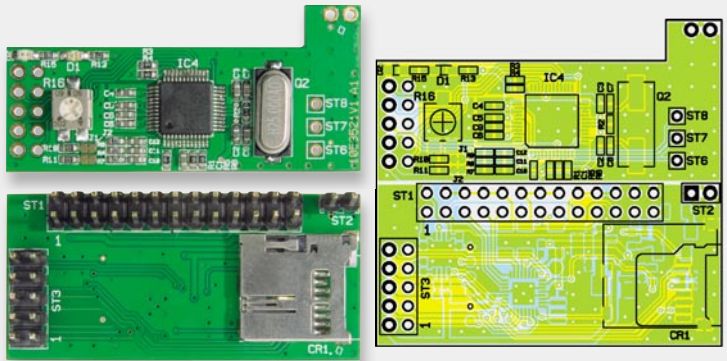


Bild 9: Spannungsversorgung des MSM 2



Platine mit Bestückungsplan: hier die Decoderplatine

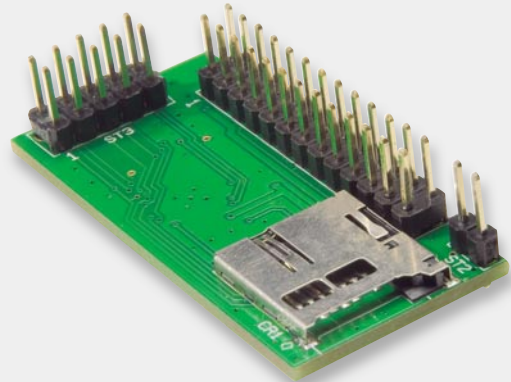
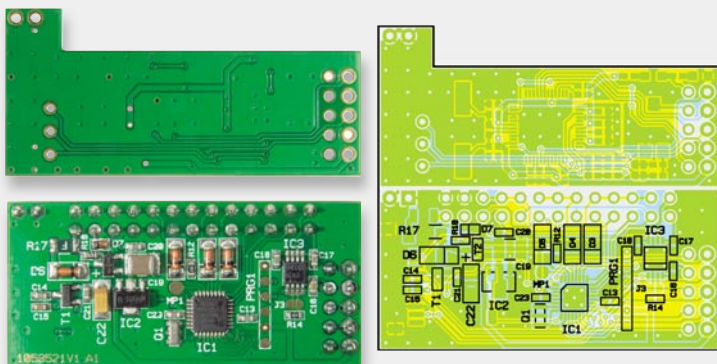


Bild 10: Oberseite der Prozessorplatine mit dem Steckplatz für die microSD-Karte



Platine mit Bestückungsplan: hier die Prozessorplatine

Widerstände:

22 Ω 1 % SMD 0603	R7–R9
560 Ω 1 % SMD 0603	R15
1,2 kΩ 1 % SMD 0603	R13
4,7 kΩ 1 % SMD 0603	R10, R11
10 kΩ SMD 0603	R12, R14
100 kΩ SMD 0603	R1, R3–R6, R18
1 MΩ 1 % SMD 0603	R2
SMD-Cermet-Trimmer, 5 kΩ	R16
Polyswitch, 6 V, 0,5 A SMD 1206	R17

Kondensatoren:

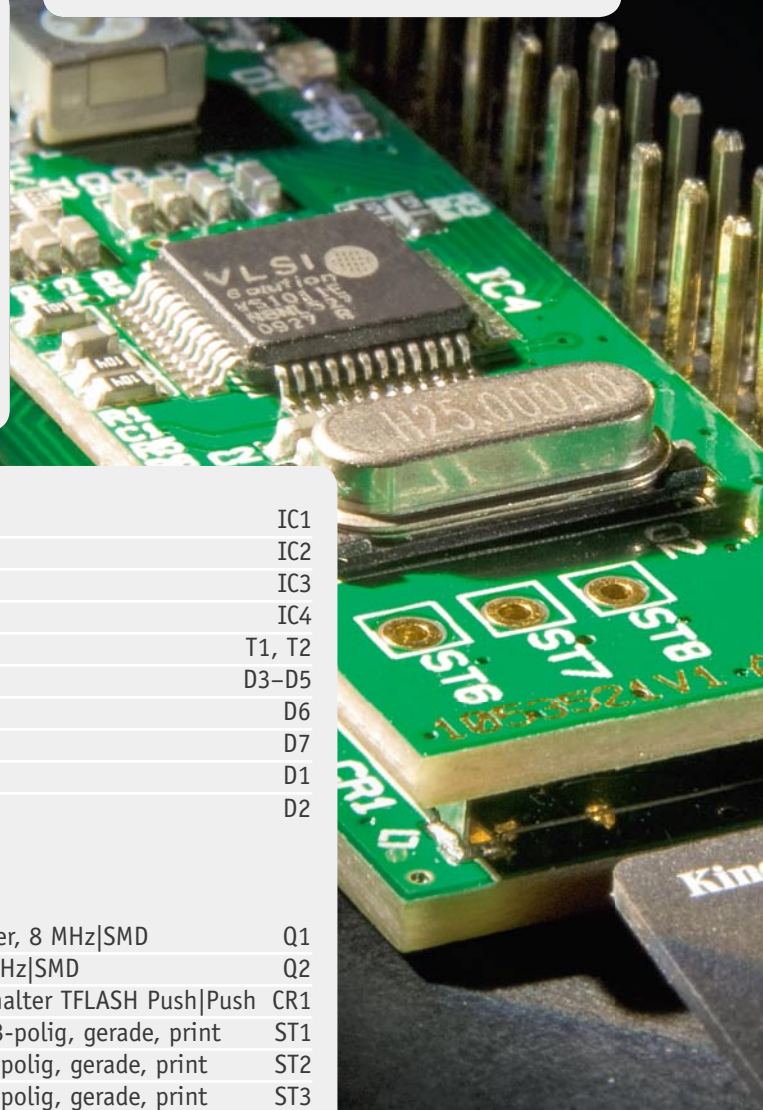
22 pF SMD 0603	C7, C8
10 nF SMD 0603	C10–C12
100 nF SMD 0603	C1–C6, C9, C13, C14, C17, C18, C20, C21, C23
470 nF SMD 0603	C16
1 μF SMD 0603	C15
10 μF 6,3 V Tantal SMD	C22
22 μF SMD 1210	C19

Halbleiter:

ELV10984 SMD	IC1
HT7533 SMD	IC2
LM4906MM SMD	IC3
VS1011e	IC4
IRLML6401 SMD	T1, T2
LL4148	D3–D5
SK14	D6
BZV55B6	D7
LED Blau SMD	D1
LED Rot SMD	D2

Sonstiges:

Keramikschwinger, 8 MHz SMD	Q1
Quarz, 25,000 MHz SMD	Q2
microSD-Kartenhalter TFLASH Push Push	CR1
Stiftleiste, 2x 13-polig, gerade, print	ST1
Stiftleiste, 1x 2-polig, gerade, print	ST2
Stiftleiste, 2x 5-polig, gerade, print	ST3



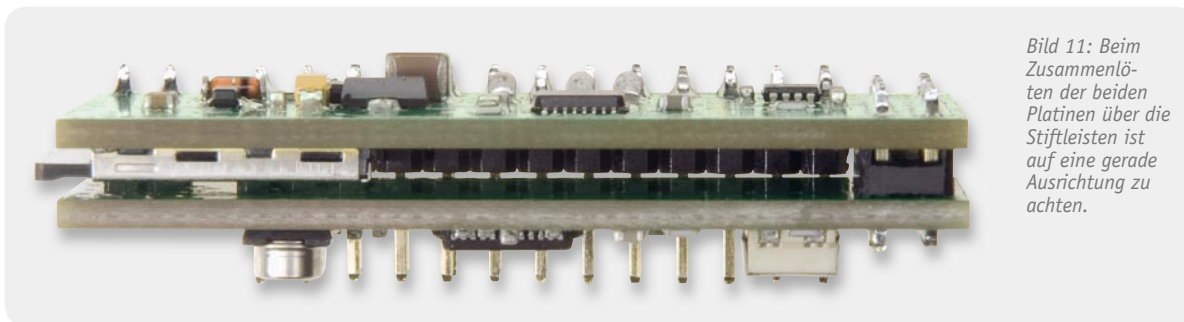


Bild 11: Beim Zusammenlöten der beiden Platinen über die Stiftleisten ist auf eine gerade Ausrichtung zu achten.

chipinternen Stereo-Kopfhörerverstärker, der an Pin 39 und Pin 46 die analogen Audio-Signale des rechten und linken Stereokanals zur Verfügung stellt. Bei Bedarf können diese Signale an zusätzlichen Lötanschlüssen (ST 6 bis ST 8) abgegriffen werden.

Der Taktoszillator des Decoders ist an Pin 17 und Pin 18 mit einem 25-MHz-Quarz (Q 2), den Kondensatoren C 7 und C 8 sowie dem Widerstand R 2 beschaltet. Die weitere externe Beschaltung besteht nur noch aus 4 Pull-down-Widerständen (R 3 bis R 6) an den in unserem Modul nicht genutzten „general purpose IO“-Anschlüssen (Pin 9, 10, 33 und 34), den Abblock-Kondensatoren C 1 bis C 6 an den einzelnen Versorgungspins des Bausteins und eines Filter-Kondensators für die Referenz an Pin 44 (C 9).

Die Spannungsversorgung der Schaltung ist in Bild 9 dargestellt. Zur Versorgung des MP3-Soundmoduls wird eine Spannung von 4,5 V bis 5,5 V_{DC} benötigt. Dazu ist an Pin 25 und Pin 26 der Stiftleiste ST 1 eine entsprechende stabilisierte Spannungsquelle anzuschließen. Über den PTC-Schutzwiderstand R 17 und die Verpolungsschutzdiode D 6 gelangt die Spannung auf den Source-Anschluss des P-Kanal-FETs T 2. Dieser Transistor dient zum Einschalten des Soundmoduls über Pin 23 und Pin 24 der Stiftleiste ST 1, d. h. der Transistor steuert durch, wenn der Gate-Anschluss über R 19 auf Masse gezogen wird. D 7 dient dabei zum Schutz der Gate-Source-Strecke. Die vom Transistor durchgeschaltete Spannung (Drain-Anschluss) wird mit C 19 gepuffert und dient direkt zur Versorgung des NF-Verstärkers IC 3. Des Weiteren gelangt die Spannung auf den Eingang des Spannungsreglers IC 2. Dieser Regler liefert die stabilisierte Spannung (3,3 V) für den Mikrocontroller und den MP3-Decoder.

Ausgangsseitig dienen C 21 und C 22 zur allgemeinen Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung.

Nachbau und Inbetriebnahme

Im Auslieferungszustand wird eine Platine geliefert, die entlang der eingekerbten Sollbruchlinie einfach in zwei Teile zu brechen ist. Die Platine wird bereits komplett mit bestückten SMD-Bauteilen geliefert, und da, abgesehen von den Stiftleisten, ausschließlich SMD-Komponenten zum Einsatz kommen, bleiben nur noch wenige Aufbauschnitte bis zum fertigen MP3-Soundmodul.

Nach dem Trennen der Platine erhalten wir dann eine Prozessorplatine und eine Decoderplatine. Während die Decoderplatine an der Unterseite keine Bauteile enthält, befindet sich bei der Prozessorplatine an der einen Seite die SMD-Elektronik und an der anderen Seite der microSD-Kartensteckplatz. An dieser Platinnenseite werden nun eine 26-polige, eine 10-polige und eine 2-polige Stiftleiste bestückt und an der SMD-Seite sorgfältig verlötet. Beim Verlöten ist darauf zu achten, dass die Kunststoffgehäuse der Stiftleisten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen müssen. Bild 10 zeigt die fertig bestückte Prozessorplatine mit Blick auf den microSD-Kartenleser. Entsprechend Bild 11 werden die beiden Platinen im letzten Arbeitsschritt zusammengelötet, wobei auf eine gerade Ausrichtung (gleichmäßiger Abstand der beiden Platinen zueinander) zu achten ist.

Das MP3-Soundmodul ist damit bereits vollständig aufgebaut. Wie in Bild 12 zu sehen, können die Verbindungen zur Stiftleiste ST 1 einfach mit Hilfe eines entsprechenden Flachbandkabels hergestellt werden. **ELV**



Bild 12: Sämtliche Anschlüsse des MP3-Soundmoduls können über einen Flachbandkabel-Steckverbinder hergestellt werden.