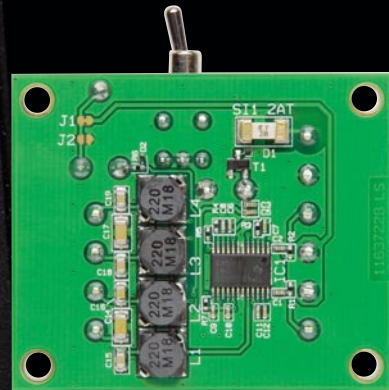
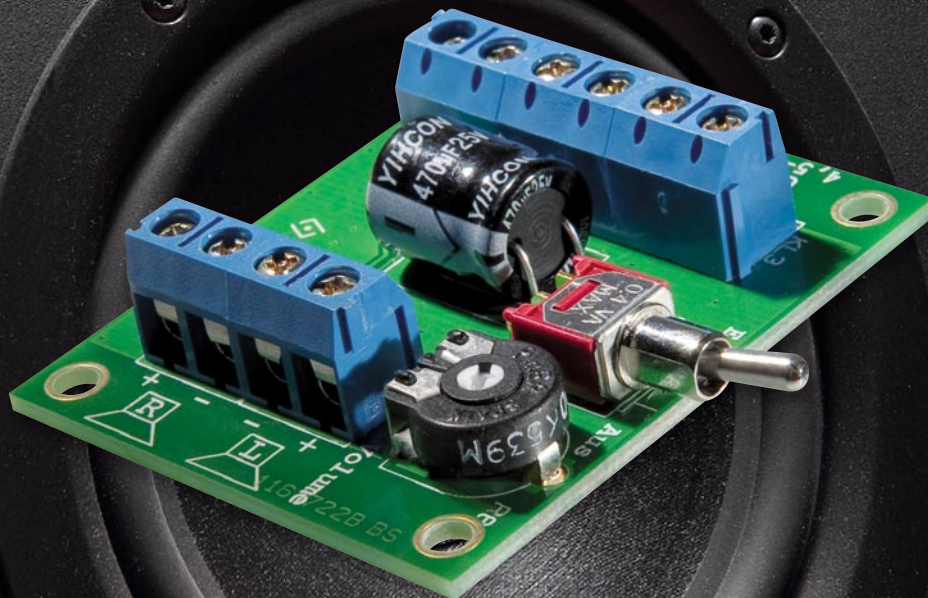




Originalgröße

Kalter Nachbrenner – Mini-Digitalverstärker

Ein kleiner Class-D-Verstärker, der ohne sperrigen Kühlkörper auskommt und sich schon mit rund 5 V Betriebsspannung begnügt, ist genau das richtige Projekt, wenn man einen kleinen „Nachbrenner“ benötigt, etwa für einen selbst gebauten MP3-Player, eine kleine Aktivbox oder Ähnliches. Der Mini-Digitalverstärker MDV-2 ist sehr kompakt, gibt dennoch reichlich Leistung ab und benötigt im Bereitschaftszustand nicht einmal 35 Mikroampere – zusammen mit dem hohen Wirkungsgrad im Betrieb ideal für Batteriebetrieb!

Kleine Platine statt riesiger Kühlkörper

Auch in der ansonsten analogen Verstärkertechnik hat inzwischen die Digitaltechnik Einzug gehalten. Bei Verstärkern mit höherer Leistung, z. B. Audio-Endstu-

fen, werden heute zunehmend Digitalverstärker, auch Class-D-Verstärker genannt, eingesetzt. Diese bieten gegenüber linearen Verstärkern wesentliche Vorteile in Bezug auf die Verlustleistung. Wer kennt sie nicht, die zum Teil riesigen Kühlkörper z. B. an der Heim-Stereoanlage. Herkömmliche Verstärker im Linearbetrieb (Class-A, -B, -AB) weisen einen sehr schlechten Wirkungsgrad auf, so dass ein erheblicher Teil der aufgenommenen Leistung als Verlustleistung in Wärme umgewandelt wird. Digitale Endstufen (siehe „Elektronikwissen“) werden aber nicht nur bei großen Leistungen eingesetzt, sondern auch da, wo es darum geht, möglichst wenig Strom zu verbrauchen, wie z. B. bei batteriebetriebenen Geräten. Die hier vorgestellte Schaltung zeigt einen kleinen Class-D-Verstärker mit einer Ausgangsleistung von 2x 2 W, einem Wirkungsgrad von 88 % und einem sehr geringen Klirrfaktor. Der gesamte Stereoverstärker findet auf einer kleinen Platine mit den Abmessungen 50 x 42 mm Platz, ein Kühlkörper ist nicht erforderlich.

Daten

Spannungsversorgung:	4,5–5,5 V _{DC}
Stromaufnahme:	max. 1,2 A
(Stand-by/Shutdown):	max. 35 µA
Eingangsspegel:	350 mV
Eingangswiderstand:	47 kΩ
Ausgangsleistung:	2x 1,6 W (4 Ω/1 %THD), 2x 2,0 W (4 Ω/10 %THD), 2x 1,1 W (8 Ω/1 %THD), 2x 1,4 W (8 Ω/10 %THD)
Klirrfaktor:	typ. 0,36 % (@1,4 W/4 Ω) typ. 0,28 % (@1 W/8 Ω)
Wirkungsgrad:	max. 88 % (@8 Ω)
Frequenzgang:	20 Hz–18 kHz (-3 dB)
Abmessungen:	50 x 42 mm

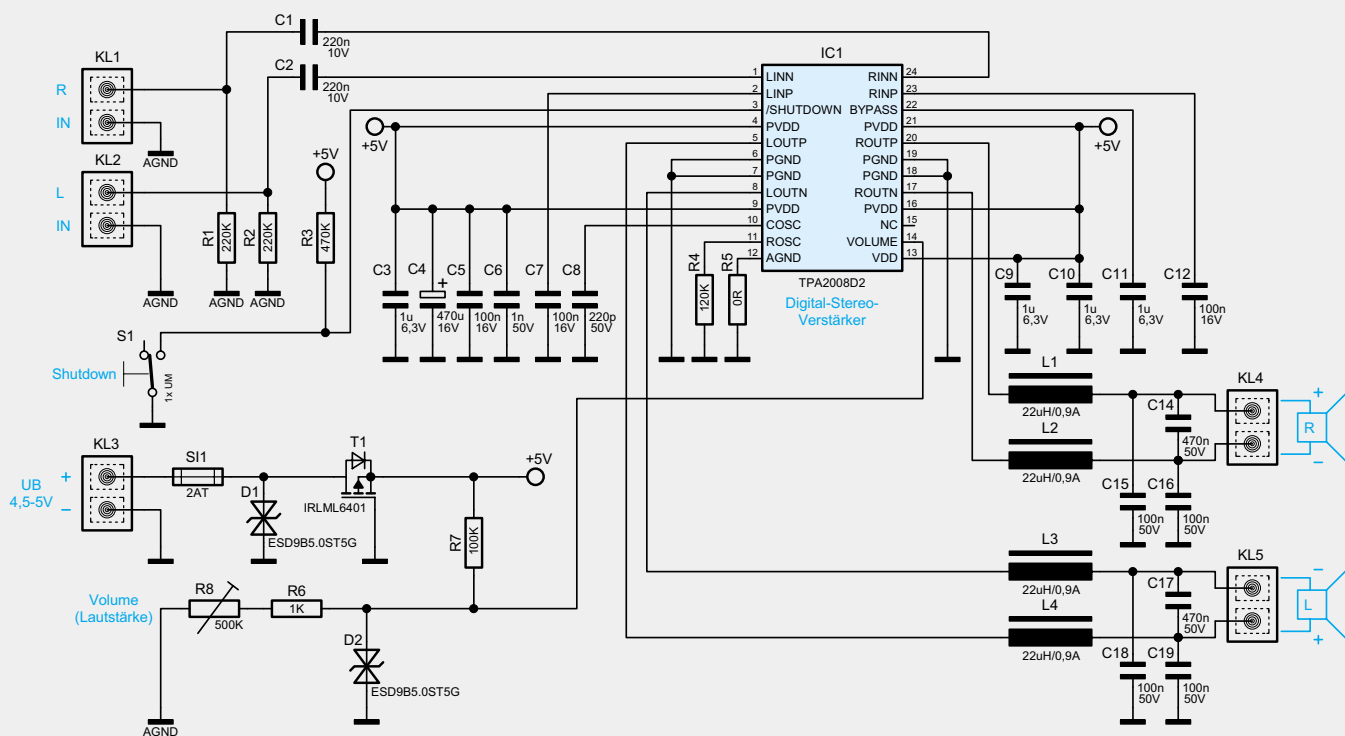


Bild 1: Schaltbild des Digitalverstärkers MDV-2

Anwendungsbereiche

Mit seiner Betriebsspannung von 4,5 bis 5,5 V passt der kleine Verstärker genau zur Spannungsversorgung von digitalen Schaltungen und zu batteriebetriebenen Geräten. Wie schon erwähnt, kann das der selbstgebaute MP3-Player aus SD-Kartenslot und Mikroprozessor genauso sein wie Soundmodule, Tür-Gongs, Radioempfänger usw. Zum Beispiel eignet er sich hervorragend als Verstärker für den in diesem ELVjournal vorgestellten Digital-Empfängerchip Si47xx [1].

Aber auch als Grundlage für eine kleine Aktivbox ist der Verstärker geeignet, etwa wenn der Sound des Küchenunterbauradios nicht gefällt oder der mobile MP3-Player einen „Nachbrenner“ bekommen soll.

Schaltung

Das Schaltbild des MDV-2 ist in Bild 1 dargestellt. IC 1 bildet den eigentlichen Verstärker, dessen Blockschaltbild unter „Elektronikwissen“ zu sehen ist. Dieser Verstärkerbaustein vom Typ TPA2008D2 stammt vom Hersteller Texas Instruments [2]. Die beiden Stereoeingangssignale gelangen von den Eingangsbuchsen KL 1 und KL 2 über die Koppelkondensatoren C 1 und C 2 auf die Eingangspins von IC 1. Wie man im Blockschaltbild erkennt, bestehen die Endstufen aus einer Brückenschaltung (BTL). Die Lautsprecherausgänge haben somit keinen direkten Massebezug.

Die Spulen L 1 bis L 4 bilden mit den nachgeschalteten Kondensatoren C 14 bis C 19 jeweils ein Tiefpassfilter, das für die Rückgewinnung des Audiosignals zuständig ist. An die Klemmen KL 4 und KL 5 werden die Lautsprecher angeschlossen.

Die Betriebsspannung (4,5–5,5 V) wird über die Klemme KL 3 zugeführt. D 1 ist eine Transilschutzdiode, die Spannungsspitzen auf der Versorgungs-

spannung unterdrückt. Der MOSFET T 1 bildet einen Verpolungsschutz, er schützt die Schaltung vor versehentlich verpoltem Anschluss der Betriebsspannung. Der Einsatz des MOSFET hat gegenüber einer normalen Diode zudem den Vorteil, dass ein wesentlich geringerer Spannungsverlust über dem Bauteil entsteht.

Der Verstärkerbaustein IC 1 verfügt über eine spannungsgesteuerte Lautstärkeneinstellung (DC volume control) an Pin 14. Mit Hilfe des Trimmers R 8 kann die Spannung an diesem Pin eingestellt und somit der Verstärkungsfaktor (Lautstärke) verändert werden. Ein weiteres Bedienelement ist der Schalter S 1, der zum Ein- und Ausschalten der Schaltung dient. Durch Schließen des Schalters S 1 wird der Anschluss (/Shutdown) Pin 3 auf Massepotential gelegt. Im Shutdown-Modus beträgt die Stromaufnahme lediglich 1 μ A.

Nachbau

Der Nachbau gestaltet sich durch die vorbestückten SMD-Bauteile recht einfach und ist schnell erledigt. Lediglich die Buchsen, der Elko C 4, der Trimmer R 8 und der Schalter sind noch zu bestücken. Die angesprochenen Bauteile werden von oben in die Platine eingesetzt und auf der Platinenunterseite verlötet. Beim Elko C 4 ist dabei auf die richtige Polarität zu achten. Der Minuspol ist am Elko-Gehäuse markiert, wobei auf der Platine der Pluspol gekennzeichnet ist. C 4 wird, wie im Platinenfoto erkennbar,

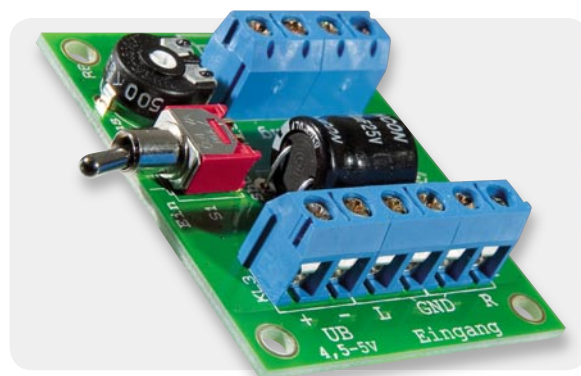
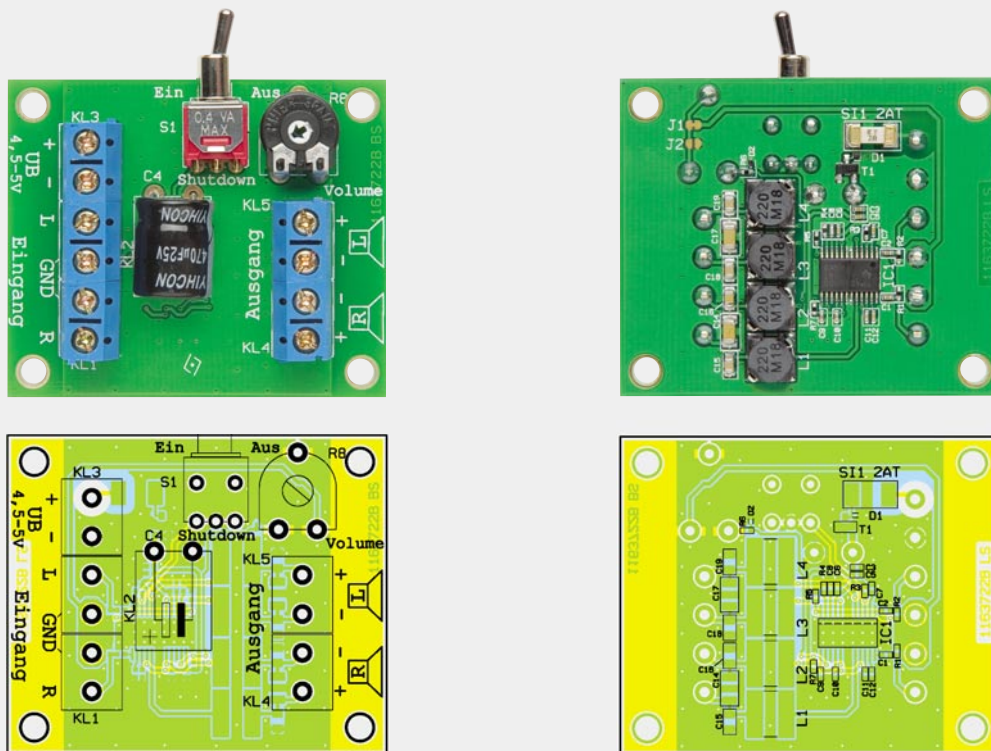


Bild 2: Das fertig aufgebaute Verstärkermodul



Die komplett bestückte Platine des MDV-2 mit zugehörigem Bestückungsplan, links Oberseite, rechts Unterseite

liegend bestückt. Die Anschlüsse sind vor dem Bestücken um 90° abzuwinkeln. Bei den Buchsen ist darauf zu achten, dass diese plan auf der Platine aufliegen, um die Lötstellen nicht unnötig mechanisch zu belasten. Bild 2 zeigt den fertig aufgebauten Verstärker.

Inbetriebnahme und Anwendungsbeispiel

Beim Anschluss der Versorgungsspannung ist unbedingt darauf zu achten, dass die vorgegebenen Spannungsgrenzen eingehalten werden. Ein Überschreiten der maximalen Betriebsspannung führt zu einer Zerstörung der Schaltung.

In Bild 3 ist ein typisches Anwendungsbeispiel mit dem MP3-Soundmodul MSM 2 dargestellt. Dieses Modul verfügt zwar bereits über eine integrierte Mono-Endstufe, jedoch wollen wir in diesem Beispiel die Ausgangsleistung erhöhen und die volle Stereofunktionalität bereitstellen. Zur Verbindung der Audiosignalleitungen sollte abgeschirmtes Kabel verwendet werden, um Störeinstreuungen zu vermeiden. Auf der Platine des MSM 2 ist hierbei darauf zu achten, dass die Schirmung nicht mit ST 6, sondern mit der Schaltungsmasse (GND) verbunden werden muss. Die Spannungsversorgung beider Module kann aus einer gemeinsamen 5-V-Quelle erfolgen.

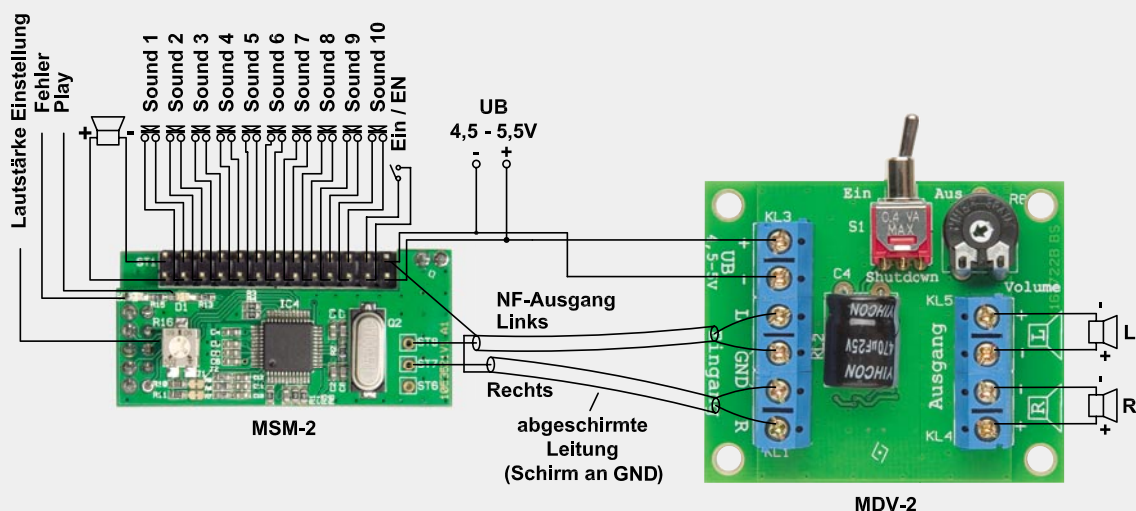


Bild 3: Anwendungsbeispiel für den Digitalverstärker: Anschluss an das Soundmodul MSM 2

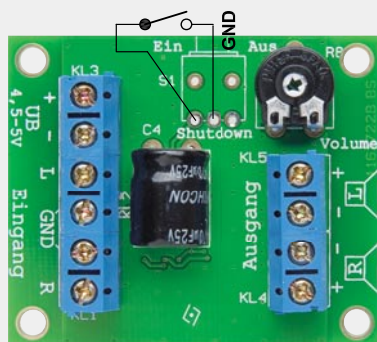


Bild 4: Für eine externe Shutdown-Steuerung ist der Schalter S 1 nicht zu bestücken und stattdessen eine Leitung z. B. an einen OC-Schaltausgang zu führen.

Shutdown-Anschluss

Möchte man die Funktion des Shutdown-Anschlusses in eigene Schaltungen einbinden, wird der Schalter S 1 nicht bestückt und man lötet an die Löt pads des Schalters auf der Platine zwei Verbindungsleitungen an (siehe Bild 4). Durch Kurzschließen der beiden Leitungen wird die Schaltung in den Shutdown-Modus (Schaltung ist inaktiv) versetzt. Dies kann z. B. auch durch einen Open-Collector-Ausgang einer anderen Schaltung oder einen Mikrocontrollerport erfolgen. **ELW**



Weitere Infos:

- [1] Fachbeitrag „Radio-Multitalent – AM/FM-RDS-Empfänger Si4735“: Webcode #1217
- [2] Download Datenblatt TPA2008D2: Webcode #1216

Widerstände:

0 Ω /SMD/0402	R5
1 k Ω /SMD/0402	R6
100 k Ω /SMD/0402	R7
120 k Ω /SMD/0402	R4
220 k Ω /SMD/0402	R1, R2
470 k Ω /SMD/0402	R3
PT10, liegend, 500 k Ω	R8

Kondensatoren:

220 pF/SMD/0402	C8
1 nF/SMD/0402	C6
100 nF/SMD/0402	C5, C7, C12
100 nF/SMD/0805	C15, C16, C18, C19
220 nF/SMD/0402	C1, C2
470 nF/SMD/1206	C14, C17
1 μ F/SMD/0402	C3, C9–C11
470 μ F/16 V	C4

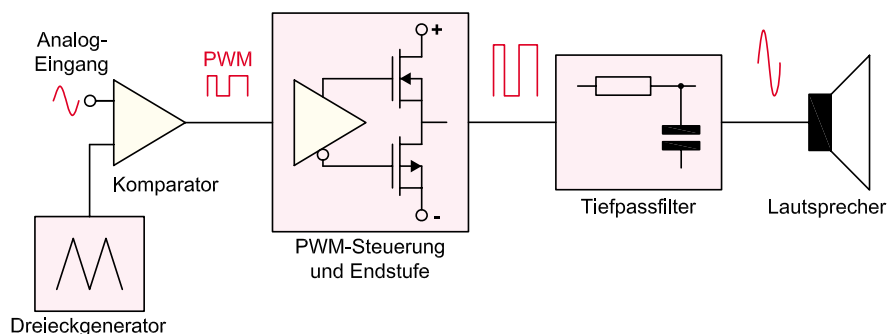
Halbleiter:

TPA2008D2/SMD	IC1
IRLML6401/SMD	T1
ESD9B5.0ST5G/SMD	D1, D2

Sonstiges:

SMD-Induktivitäten, 22 μ H	L1–L4
Schraubklemmleisten, 2-polig, print	KL1–KL5
Sicherung, 2 A, träge, SMD	SI1
Mini-Kippschalter, 1x um, winkelpoint	S1

Stückliste



Class-D-Verstärker

Ein Class-D-Verstärker ist ein digitaler Verstärker für analoge Signale (z. B. Audio). Im Gegensatz zu konventionellen Verstärkern in Class-A-, -B- oder -AB-Technologie entsteht an der Endstufe eines Class-D-Verstärkers nur sehr geringe Verlustleistung und damit verbundene Wärme. Aus diesem Grund werden Class-D-Verstärker vorwiegend für Audio-Endstufen mit hoher Ausgangsleistung verwendet. Das „D“ kennzeichnet ein bestimmtes Schaltungsdesign, das anhand des Blockschaltbildes erkennbar wird. Das analoge Eingangssignal wird mit Hilfe eines Dreiecksgenerators (ca. 100 kHz) und eines Komparators in ein Pulsweiten-Signal umgewandelt (PWM). Die Signalinformation ist nicht mehr in der Amplitude, sondern jetzt in der Pulsbreite vorhanden. Die Endstufe arbeitet rein digital und kennt nur zwei verschiedene Ausgangszustände („low“ und „high“). Verlustleistung entsteht hier also nur im

sehr kurzen Umschaltmoment (Schaltflanken) und durch den RDSO_N der verwendeten MOSFET-Endstufen. Zur Rückgewinnung des analogen Eingangssignals wird ausgangsseitig ein Tiefpass benötigt, welcher die Oberwellen und die Trägerfrequenz (ca. 100 kHz) unterdrückt und das digitale Signal in ein analoges im hörbaren Bereich wandelt.

Vorteile:

- Geringe Verlustleistung und somit kleinere Kühlkörper möglich
- Hoher Wirkungsgrad (bis ca. 90 %)

Nachteil:

- Höherer Klirrfaktor (THD) im Vergleich zu rein linear arbeitenden Verstärkern