

24-Bit-Audio-D/A-Wandler

Der ADA 24 ist ein vollwertiger Stereo-Digital/Analog-Wandler, der digitale Audiodaten mit einer Auflösung von 24 Bit und einer Abtastrate von bis zu 192 kHz verarbeiten kann. Damit lassen sich digitale Audiodaten in höchster DVD-Audio-Qualität in Analog-Signale wandeln. Als digitale Schnittstelle steht sowohl ein optischer als auch ein koaxialer S/PDIF-Dateneingang zur Verfügung.

Allgemeines

Der technische Wandel in der digitalen Audiotechnik hat in den letzten Jahren zu immerperfekteren Aufzeichnungs- und Wiedergabesystemen geführt. Dabei erfolgt die Aufzeichnung und Übertragung von Audio-Signalen nach dem derzeitigen Stand der Technik üblicherweise in digitaler Form. CD, DVD oder DAT sind allseits bekannte digitale Speichermedien, während als Übertragungssysteme DAB (Digital Audio Broadcasting) oder DRM (Digital Radio Mondiale) schon weit verbreitete digitale Rundfunksysteme sind und die optische TOSLINK-Verbindung z. B. zwischen DVD-Player und A/V-Receiver im Bereich der Consumer-Technik als leitungsgebundene Übertragungsstrecke Standard ist.

Allen diesen digitalen Systemen gemeinsam ist aber die Notwendigkeit, dass die digitalen Daten auch wieder in für das menschliche Ohr hörbar zu machende Analog-Signale gewandelt werden müssen. Wie bei jeder Übertragungsstrecke ist auch dabei die Gesamtqualität der Übertragung vom schlechtesten Glied der Kette abhängig. Somit kommt bei hochwertigen digitalen Signalquellen dem Digital/Analog-Wandler eine große Bedeutung zu.

Der Digital/Analog-Wandler ADA 24 kann alle derzeit im Consumer-Bereich

üblichen hochauflösenden Audiodaten gemäß S/PDIF-Standard in entsprechende Stereo-Analog-Signale wandeln. Das Gerät ist für Abtastraten von 48 kHz, 96 kHz und 192 kHz ausgelegt und der Digital/Analog-Wandler arbeitet mit einer theoretischen Auflösung von 24 Bit.

Der Einsatzbereich ist dabei als High-End-Digital/Analog-Wandler zu sehen. So lassen sich hierüber entsprechende digitale Quellen, z. B. vom DVD-Player, vom DAT-Recorder oder auch der digitale Ausgang der PC-Soundkarte, in Analog-Signale wandeln. Beispielsweise kann so ein normaler Audio-Verstärker, der noch keine hochauflösenden digitalen Eingänge besitzt, aufgerüstet werden.

Ein weiterer Einsatz ist in Verbindung mit dem im „ELVjournal“ 05/2005 beschriebenen Audio-Analog/Digital-Wandler zu sehen: Um eine störsichere hochwertige Audio-Übertragungsstrecke aufzubauen, nutzt man auf der „Senderseite“ den AAD 24 als Analog/Digital-Wandler, überträgt das dann digitalisierte Audio-Signal über eine sehr störsichere Lichtwellenleiter-Verbindung und wandelt auf der „Empfängerseite“ mit Hilfe des Digital/Analog-Wandlers ADA 24 wieder in ein analoges Audio-Signal, das sich dann mit jedem beliebigen Audioverstärker wiedergeben lässt. Abbildung 1 zeigt ein entsprechendes Beispiel für eine solche störsichere

Audio-Datenübertragung. In Abbildung 2 ist der Frequenzgang einer so aufgebauten Übertragungsstrecke bei verschiedenen Abtastraten zu sehen.

Die Verwendung des ADA 24 ist prinzipiell aber nicht an einen speziellen A/D-Wandler gebunden, es lässt sich ein beliebiger normenkonformer S/PDIF-Datenstrom in ein Stereo-Audio-Signal wandeln, wobei die im Folgenden beschriebene Installation und Bedienung des Gerätes sehr einfach ist.

Bedienung und Installation

Der Audio-D/A-Wandler ELV ADA 24 besitzt keine externen Bedienelemente und ist daher nach der einmaligen Installation sehr einfach zu handhaben. Während des Betriebes stellt sich der D/A-Wandler automatisch auf die Abtastrate des anliegenden digitalen Audio-Signals ein. Ein manueller Bedienereingriff ist nicht notwendig und auch nicht möglich. Wenn der Wandler die Daten als korrekt erkennt, wird er sie automatisch entsprechend wandeln.

Um eine optimale Signalqualität zu erreichen, ist vor der erstmaligen Inbetriebnahme nur eine einzige Konfiguration des Wandlers mit Hilfe einer internen Jumperbrücke notwendig: Mit dem Jumper JP 1 lässt sich die Taktrate des Master-Clock-Signals einstellen, das aus der Abtastrate des eingehenden digitalen Audio-Signals regeneriert wird. Üblicherweise ist der Jumper oben in der Position „RMCK 128“ gesteckt. Dieser Betriebsmode ist optimal, wenn die digitalen Audiodaten mit einer Abtastrate von 96 kHz oder 192 kHz anliegen. Bei Abtastraten unter 64 kHz, d. h. bei ankommender 48-kHz-Datenrate, lässt sich die Signalqualität noch etwas optimieren, indem der Jumper auf die unteren beiden Pins gesteckt wird und sich damit in der

Technische Daten: ADA 24

Auflösung:	..... 24 Bit pro Kanal
Abtastrate:	... 48 kHz, 96 kHz, 192 kHz
Frequenzgang:	
- 48 kHz:	..... 2 Hz bis 23,5 kHz
- 96 kHz:	..... 2 Hz bis 47 kHz
- 192 kHz:	..... 2 Hz bis 67 kHz
Ausgangspegel:	..... ca. 920 mV
Ausgangsimpedanz:	..... ca. 600 Ω
Digitale Eingänge:	..... S/PDIF, IEC 60958, optisch und koaxial
Anschlüsse:	
- Audio-Eingänge:	
optisch:	..... TOSLINK, S/PDIF
koaxial:	..... Cinch, S/PDIF
- Audio-Ausgänge:	..... Cinch
- DC-Versorgung:	..... 2,1-mm-Hohlstecker-Buchse
Versorgungsspannung:	..... 8–16 V _{DC} /100 mA
Abmessungen:	..... 90 x 58 x 24 mm

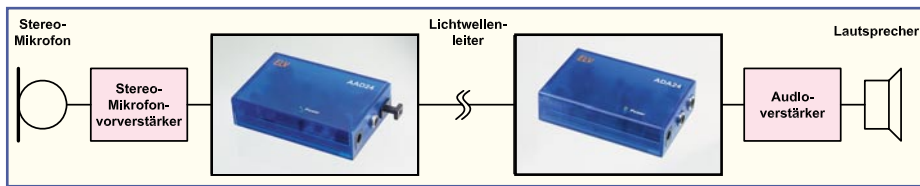


Bild 1: Beispiel einer digitalen Audio-Übertragungsstrecke mit AAD 24 und ADA 24

Stellung „RMCK 256“ befindet. Da der Unterschied in der Signalqualität eher gering ist und die generelle Funktion auch in der Position „RMCK 128“ gegeben ist, sollte beim Betrieb mit wechselnden Abtastraten die Stellung „RMCK 128“ ständig gesteckt bleiben. Nur wenn der Digital/Analog-Wandler ausschließlich für 48-kHz-Signale verwendet wird, sollte der Mode „RMCK 256“ gesteckt werden. Damit ist die einmalige Konfiguration abgeschlossen und das Gerät kann in Betrieb genommen werden.

Der Anschluss dieses kompakten Audio-D/A-Wandlers gestaltet sich aufgrund der Verwendung standardisierter Ein- und Ausgangsbuchsen recht einfach. Der digitale Eingang ist zum einen als koaxialer S/PDIF-Eingang ausgeführt, zum anderen als optischer Eingang. Hier wird das digitale Audio-Signal zugeführt, wobei beide Eingänge intern quasi parallel geschaltet sind, d. h. es darf immer nur einer der beiden Eingänge mit einem Signal beschaltet sein.

Der optische Digital-Eingang ist auch unter dem Namen „TOSLINK“-Schnittstelle bekannt. Hier lassen sich die im Consumer-Bereich üblichen Lichtwellenleiter (z. B. ODT-Kabel, 0,75 m, Best.-Nr.: 56-424-94; 1,5 m, Best.-Nr.: 56-424-95) anschließen.

Der digitale elektrische Eingang ist als Cinch-Buchse ausgeführt, der wie üblich auf 75 Ω Eingangsimpedanz ausgelegt ist. Zur Verbindung zu einem entsprechenden digitalen Ausgang eines speisenden Gerätes sollte aufgrund der hohen Datenrate ein hochwertiges Cinch-Kabel mit 75 Ω Impedanz (75-Ω-Cinch-Anschlussleitung, 1 m, Best.-Nr.: 56486-03; 5 m, Best.-Nr.: 56486-04) verwendet werden. Über sehr kurze Distanzen bis max. 1 m kann auch ein handelsübliches Cinch-Kabel zum Einsatz kommen. Qualitätseinbußen durch Bitfehler und ggf. elektromagnetische Stö-

rungen durch unzureichende Schirmung können dann allerdings die Folge sein.

Die Audio-Ausgänge „Audio-Out L“ und „Audio-Out R“ sind als Cinch-Buchsen ausgeführt und lassen sich somit mit üblichen Cinch-Leitungen z. B. mit einem Audio-Verstärker verbinden. Der Pegel des Ausgangssignals beträgt bei Vollaussteuerung ca. 920 mV entsprechend ca. 2,6 V_{SS}, wobei die Ausgangsimpedanz ca. 600 Ω beträgt. Damit lassen sich nahezu alle Audio-Verstärker, Mischpulte etc. entsprechend speisen.

Die Spannungsversorgung des Audio-D/A-Wandlers ADA 24 erfolgt mit einer Gleichspannung im Bereich von 8 V bis 16 V, wobei das Netzgerät einen Strom von mindestens 100 mA liefern können muss. Der Anschluss erfolgt dabei über die mit „DC-in“ bezeichnete Hohlstecker-Buchse, bei der am Mittelkontakt der Pluspol anliegt. Folgender Hinweis ist noch zu beachten: Zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit muss es sich bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung handeln. Außerdem muss es sich um eine Quelle begrenzter Leistung handeln, die nicht mehr als 15 W liefern kann. Üblicherweise werden beide Forderungen von einfachen 12-V-Steckernetzteilen mit bis zu 500 mA Strombelastbarkeit erfüllt.

Nach dem Anschluss der Spannungsversorgung und dem Beschalten der Ein- und Ausgänge ist das Gerät nun betriebsbereit.

Schaltung

Das in Abbildung 3 dargestellte Schaltbild zum ELV ADA 24 zeigt den S/PDIF-Receiver und den D/A-Wandler. Beide Bauelemente stammen vom Hersteller Cirrus Logic und sind entsprechend aufeinander abgestimmt.

Die Schaltungsbeschreibung anhand des Signalweges beginnt an den digitalen Ein-

gängen des Gerätes. Die digitalen Audiodaten in elektrischer Form werden an der Cinch-Buchse BU 4 zugeführt. Optische digitale Audiodaten im S/PDIF-Format werden zunächst vom Opto-Empfangsmodul TL 1 in TTL-Signale gewandelt. Beide Signale, d. h. das elektrische von BU 4 kommend und das von optisch nach TTL gewandelte von TL 1 kommend, gelangen anschließend auf die digitalen Dateneingänge des S/PDIF-Receivers IC 1. Dieses IC vom Typ CS 8416 beinhaltet einen kompletten Receiver, der einen ankommenden normenkonformen seriellen Audio-Datenstrom gemäß AES 3, IEC 60958, S/PDIF oder EIAJ CP 1201 verarbeiten kann. Es stehen theoretisch bis zu acht entsprechende Dateneingänge am IC zur Verfügung, zwischen denen umgeschaltet werden könnte. Da sich die meisten Anwendungen auf die Wandlung einer digitalen Quelle beschränken, wird auf diese Umschaltmöglichkeit verzichtet. Damit die Umschaltung zwischen dem optischen und koaxialen Eingang automatisch erfolgt, wird der differenzielle Eingang des ICs genutzt. Dazu gelangt das koaxiale Signal auf den eigentlichen Eingang „RXP0“, während das ehemals optische Signal auf den Eingang für das Bezugspotential „RXN“ geführt wird. Durch diese Kombination ist die Nutzung beider Eingänge ohne Umschalten möglich. Dies funktioniert aber nur, wenn jeweils nur ein (!) Eingang (d. h. entweder der optische oder der koaxiale) beschaltet ist.

Der Receiver-Baustein wandelt dann die ankommenden S/PDIF-Daten in eine für einen D/A-Wandler „verständliche“ Form. Am Ausgang stehen die Audiodaten dann am „Digital Audio Interface“ (DAI), das von den Ausgangspins „OLRCK“, „OSCLK“ und „SDOUT“ gebildet wird, an. Dieses hier verwendete Datenformat entspricht dem in der digitalen Audiotechnik standardisierten I²S-Format.

Die Wiederherstellung des Taktsignals ist eine weitere wichtige Funktion des S/PDIF-Receivers. Sowohl für die interne Signalverarbeitung als auch für die Taktung des eigentlichen externen D/A-Wandlers wird ein so genannter Master Clock benötigt. Diesen regeneriert IC 1 aus dem ankommenden S/PDIF-Signal und stellt ihn an seinem Ausgang „RMCK“ zur Verfügung. Die weitere Beschaltung des ICs dient der Konfiguration und korrekten Versorgung des integrierten Schaltkreises. Für einen definierten Grundzustand nach dem Einschalten der Betriebsspannung sorgt die Reset-Schaltung aus D1, R 1 und C 11.

Die nun im I²S-Format vorliegenden Audiodaten gelangen auf den eigentlichen D/A-Wandler IC 7. Dieser wandelt die an seinem DAI anliegenden Daten in entsprechende Analog-Signale. Dieses IC detektiert automatisch die anliegende Sample-

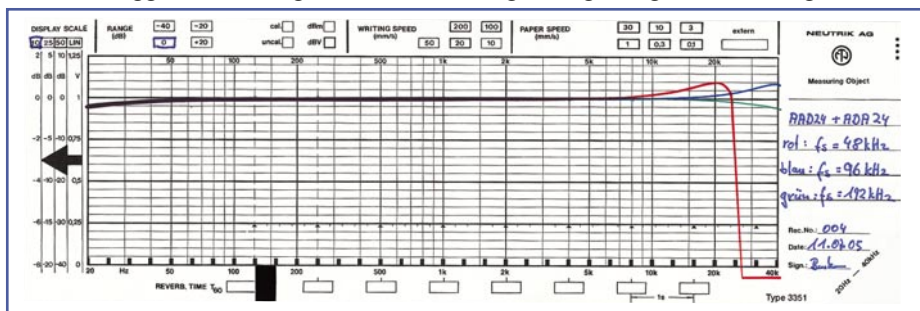
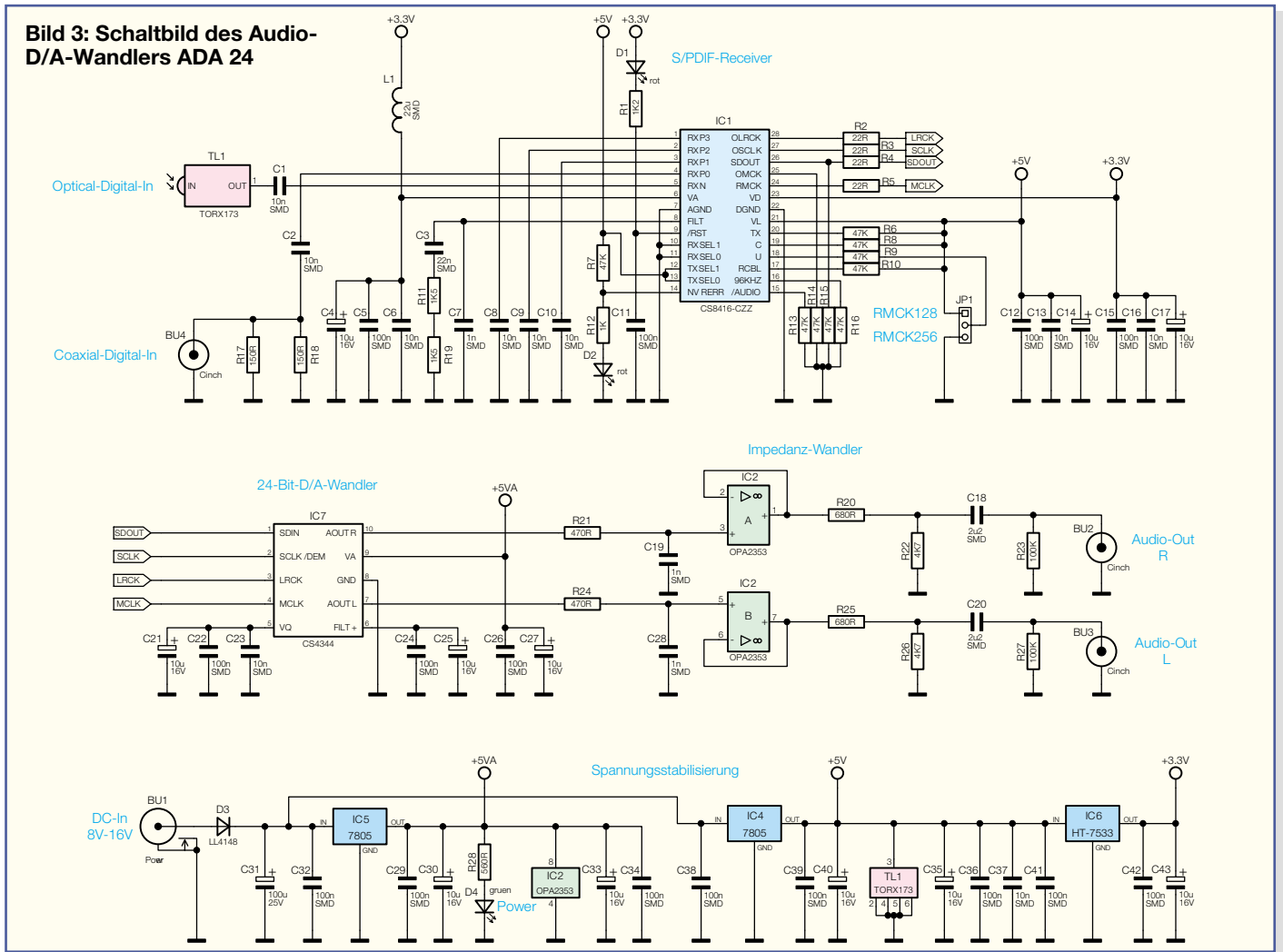


Bild 2: Frequenzgang einer Signalübertragungsstrecke aus AAD 24 und ADA 24 bei verschiedenen Abtastraten

Bild 3: Schaltbild des Audio-D/A-Wandlers ADA 24



rate und stellt seinen Wandler entsprechend ein. Die wesentlichen Features dieses D/A-Wandlers vom Typ CS 4344 sind die hohe Auflösung von 24 Bit und die maximale Samplerate von 192 kHz. Damit lassen sich z. B. Audio-Signale in höchster DVD-Audio-Qualität wandeln. Die notwendige externe Beschaltung beschränkt sich dabei auf die Spannungsversorgung und die Dimensionierung externer Filter (Pins „VQ“ und „FILT+“). Das analoge Stereo-Ausgangssignal steht an den beiden Ausgängen „AOUTR“ und „AOUTL“ an. Da der Wandler bereits intern entsprechend steilflankige Tiefpassfilter besitzt, genügt extern ein einfacher Tiefpass 1. Ordnung aus R 21 und C 19 bzw. R 24 und C 28.

Der im Signalweg folgende, als Impedanzwandler geschaltete Operationsverstärker IC 2 arbeitet hier als Pufferverstärker für die beiden Stereo-Kanäle. Somit wird das an den Ausgangsbuchsen BU 2 und BU 3 anstehende Analog-Signal entsprechend niederohmig (<600 Ω Ausgangsimpedanz) bereitgestellt. Ausgangsseitig sorgen die beiden Kapazitäten C 18 und C 20 für eine Gleichspannungsentkoppelung. Die Grenzfrequenz des so mit C 18 (C20), R 23 (R 27) und dem Eingangs-

widerstand der nachfolgenden Schaltung gebildeten Hochpassfilters liegt bei ca. 2 Hz (-3 dB).

Die Spannungsversorgung des Gerätes erfolgt über eine Gleichspannung im Bereich von 8 V bis 16 V, die an der Hohlsteckerbuchse BU 1 zugeführt wird. Die Stromaufnahme schwankt dabei in Abhängigkeit von der Abtastrate, liegt aber maximal bei ca. 100 mA. Um den analogen Schaltungsteilen eine „saubere“ Betriebsspannung zur Verfügung stellen zu können, herrscht im Netzteil eine strikte Trennung zwischen analoger und digitaler Spannungsregelung. IC 5 (+5 VA) sorgt ausschließlich für die Versorgung der analogen Teile, während IC 4 (+5 V) und IC 6 (+3,3 V) die digitalen Schaltungsteile versorgen.

Nachbau

Der ELV Audio-D/A-Wandler ADA 24 ist äußerst kompakt aufgebaut. Somit findet die gesamte Schaltung auf der 80 mm x 54 mm messenden Platine Platz. Der nun folgende Nachbau der Schaltung beschränkt sich auf die Bestückung der bedrahteten Bauelemente und den Einbau der fertigen Platine ins Gehäuse. Alle oberflächenmontierten Bauteile sind be-

reits auf der Lötseite vorbestückt.

Alle noch verbleibenden Bauelemente sind anhand der Stückliste und des Bestückungsdruckes zu bestücken, wobei auch die Platinenfotos hilfreiche Detailinformationen liefern können. Im ersten Schritt werden die Elektrolyt-Kondensatoren unter Beachtung der korrekten Polung eingesetzt und verlötet. Auch die Leuchtdioden müssen polrichtig montiert werden: Die Anode, die am Bauteil durch das längere Anschlussbein gekennzeichnet ist, ist im Bestückungsdruck mit „+“ markiert. Damit die Leuchtdioden D 1 und D 2 später nicht mit dem Gehäuse kollidieren, müssen diese mit einer Höhe ≤14 mm (von Platinenoberseite zu Diodenkörper-Spitze gemessen) eingesetzt werden. Im Gegensatz dazu ist die LED D 4 so einzubauen, dass sie später in die entsprechende Gehäusebohrung einfasst. Daher ist D 4 mit einer Höhe von 18 mm einzusetzen. Als Abstandhalter dient dabei ein auf eine Länge von 14 mm zugeschnittenes Stück Gewebeschlauch.

Zum Einbau der Spannungsregler IC 4 und IC 5 werden zunächst deren Anschlusspins in ca. 2,5 mm Abstand zum IC-Gehäuse um 90° nach hinten abgewinkelt. Nach dem Einsetzen der ICs erfolgt die mecha-

nische Befestigung, jeweils mit einer M3x8-mm-Zylinderkopfschraube von der Lötseite und Zahnscheibe und Mutter auf der Bestückungsseite. Anschließend sind die elektrischen Verbindungen mit dem Anlöten der Anschlusspins auszuführen. Auf den in die Position JP 1 einzulötenden Jumperpins wird gleich die zugehörige Jumperbrücke in der entsprechenden Stellung (üblicherweise sind die oberen Pins zu verbinden [Position „RMCK 128“]) gesteckt.

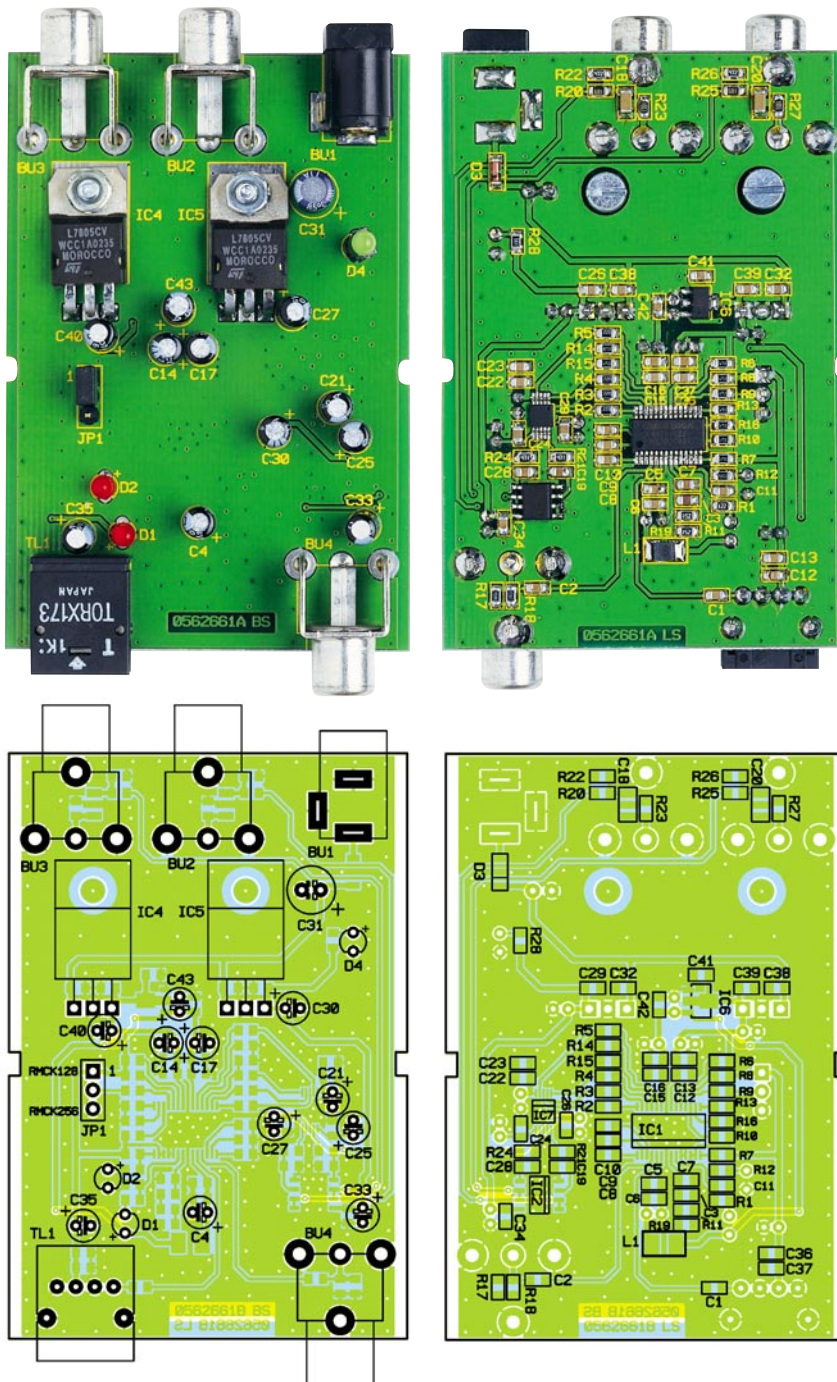
Zum Abschluss der Bestückungsarbeiten sind die Cinch-Buchsen BU 2, BU 3 und BU 4 und die DC-Buchse BU 1 einzusetzen. Dabei ist generell darauf zu achten,

dass diese plan auf der Platine aufliegen und korrekt ausgerichtet sind, da es ansonsten beim Gehäuseeinbau Probleme geben kann. Auch bei der abschließenden Montage des optischen S/PDIF-Empfängers TL 1 ist auf eine korrekte Ausrichtung zu achten. Damit ist die Bestückung der Platine abgeschlossen.

Vor dem folgenden Einbau ins Gehäuse ist die Platine auf Lötfehler, Lötzinnbrücken und korrekte Bestückung zu prüfen, wobei auch die SMD-Bestückung (außer den SMD-Kondensatoren) mit einbezogen werden muss.

Zum Gehäuseeinbau ist die Platine so in die Oberhalbschale einzulegen, dass die

Cinch-Buchse BU 4 und der optische Receiver TL 1 durch die entsprechenden Stirnbohrungen, die LED in die zugehörige Bohrung auf der Oberseite und die Positioniermarken am Gehäuserand in die seitlichen Ausfräsungen der Platine fassen. Mit dem Aufschieben des Gehäuseunterteils ist der gesamte Nachbau des Audio-D/A-Wandlers ELV ADA 24 abgeschlossen, und dem Einsatz des Gerätes steht nichts mehr im Wege. **ELV**



Ansicht der fertig bestückten Platine des Audio-D/A-Wandlers mit zugehörigem Bestückungsdruck, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite

Stückliste: 24-Bit-Audio-Digital/Analog-Wandler

Widerstände

22 Ω/SMD/0805	R2–R5
150 Ω/SMD/0805	R17, R18
470 Ω/SMD/0805	R21, R24
560 Ω/SMD/0805	R28
680 Ω/SMD/0805	R20, R25
1 kΩ/SMD/0805	R12
1,2 kΩ/SMD/0805	R1
1,5 kΩ/SMD/0805	R11, R19
4,7 kΩ/SMD/0805	R22, R26
47 kΩ/SMD/0805	R6–R10, R13–R16
100 kΩ/SMD/0805	R23, R27

Kondensatoren

1 nF/SMD/0805	C7, C19, C28
10 nF/SMD/0805	C1, C2, C6, C8–C10, C13, C16, C23, C37
22 nF/SMD/0805	C3
100 nF/SMD/0805	C5, C11, C12, C15, C22, C24, C26, C29, C32, C34, C36, C38, C39, C41, C42
2,2 µF/SMD/1206	C18, C20
10 µF/16 V ...	C4, C14, C17, C21, C25, C27, C30, C33, C35, C40, C43
100 µF/25 V	C31

Halbleiter

CS8416-CZZ/SMD	IC1
OPA2353UA/SMD	IC2
7805	IC4, IC5
HT7533/SMD	IC6
CS4344-CZZ/SMD	IC7
LL4148	D3
LED, 3 mm, Rot	D1, D2
LED, 3 mm, Grün	D4
Opto-Modul TORX173, Empfänger	TL1

Sonstiges

SMD-Induktivität, 22 µH, 250 mA ...	L1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print ...	BU1
Cinch-Einbaubuchse, print ...	BU2–BU4
Stiftleiste, 1 x 3-polig, gerade, print	JP1
Jumper	JP1
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 8 mm	
2 Muttern, M3	
2 Fächerscheiben, M3	
1 Profilgehäuse, iMac-Blau, komplett, bearbeitet und bedruckt	
2 cm Gewebeisolierschlauch, ø 2 mm	