



24-Bit-Audio-A/D-Wandler

Der AAD 24 ist ein vollwertiger Stereo-Analog/Digital-Wandler, der mit seiner Auflösung von 24 Bit und einer Abtastrate von max. 192 kHz digitale Audiodaten in höchster DVD-Audio-Qualität erzeugt. Als digitale Schnittstelle steht sowohl ein optischer als auch ein koaxialer S/PDIF-Datenausgang zur Verfügung.

Allgemeines

Die Musik-Aufzeichnung und -Wiedergabe hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Von den simplen Anfängen mit mechanischen Systemen vor mehr als hundert Jahren ging die Entwicklung mehr oder weniger schnell hin zu den hochauflösenden Mehrkanalsystemen des 21. Jahrhunderts. Vor allem mit der Verbreitung der digitalen Aufzeichnungs-, Speicher- und Wiedergabesysteme zum Ende des 20. Jahrhunderts hat die Signalqualität entscheidende Fortschritte gemacht. Die Compact Disc galt dabei lange Zeit als Maß aller Dinge im Consumer-Bereich. Mit ihren Eckdaten 16 Bit Auflösung und 44,1 kHz Abtastrate erreicht man eine hochwertige Musik-Wiedergabe, die vom Original kaum zu unterscheiden ist.

Die neuesten Entwicklungen im Bereich der Audiotechnik versprechen aber eine noch höhere Tonqualität. Die neuen Standards SA-CD (Super Audio Compact Disc) und DVD-Audio bieten 24 Bit Auflösung bei bis zu 192 kHz Abtastrate. Mehr und mehr halten diese hochauflösenden Audioformate Einzug in den Consumer-Bereich.

Viele DVD-Player beherrschen schon einen dieser Standards, bei den A/V-Receivern ist es im Prinzip schon Standard, dass entsprechende Audio-Signale verarbeitet werden können. Begünstigt wird diese Entwicklung durch die relativ preisgünstige Verfügbarkeit entsprechender elektronischer Komponenten für diese höheren Abtastraten und Auflösungen.

Der neue ELV-Audio-A/D-Wandler ist nun die Komponente eines entsprechenden digitalen Audio-Systems, die aus den analogen Eingangssignalen einen entsprechenden digitalen Datenstrom generiert. Die theoretische Auflösung beträgt dabei 24 Bit, die Abtastrate lässt sich entsprechend den Gegebenheiten (Speicherbedarf, Übertragungskapazität usw.) in den Schritten 48 kHz, 96 kHz und 192 kHz einstellen.

Der Einsatzbereich ist dabei als High-End-Analog/Digital-Wandler zu sehen. So lassen sich hierüber beliebige analoge Quellen in einen digitalen A/V-Receiver zur einfachen Wiedergabe einspeisen. Aber auch eine hochwertige A/D-Wandlung zum „Einspeisen“ in den PC ist ein Anwendungsbereich. Hier lassen sich die digitalen Daten dann weiterbearbeiten und z. B. auf CD oder auch auf DVD bannen.

Ein weiterer Einsatz ist in Verbindung mit dem im „ELVjournal“ 6/2005 vorzustellenden Audio-Digital/Analog-Wandler zu sehen. Um eine störereichere, 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 störereichere Lichtwellenleiter-Verbindung und wandelt auf der „Empfängerseite“ mit Hilfe des D/A-Wandlers wieder in ein analoges Audio-Signal, das sich dann mit jedem beliebigen Audioverstärker wiedergeben lässt. Lästiges Brummen aufgrund von Masseschleifen etc. lässt sich so vollkommen eliminieren.

Bevor nun die konkrete Schaltung des neuen ELV-Audio-A/D-Wandlers näher betrachtet wird, erfolgt eine kurze Betrachtung des sehr weit verbreiteten digitalen Audiodatenformates S/PDIF.

S/PDIF

Der Name S/PDIF steht für Sony/Philips Digital Interconnect Format und definiert in seiner Spezifikation (IEC 60958) das Datenformat und die elektrischen Anschlusswerte für eine digitale Audio-Schnittstelle. Dieses Format hat sich dabei als Standard etabliert und ist an nahezu jedem digitalen Audiogerät zu finden.

Die eigentlichen Audiodaten sind hier in einer als „Subframe“ bezeichneten Struktur eingebettet. Bild 1 zeigt ein solches Datenformat. Jedes Subframe beginnt mit einer 4 Bit langen Preamble. Dann folgen 4 Bit, die mit „Aux Data“ bezeichnet werden. Sind die Audiodaten wie in unserem Beispiel mit 24 Bit gewandelt, werden diese 4 Bit auch für die Übertragung der Audiodaten verwendet, da standardmäßig

Technische Daten: AAD 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
Eingangsspegel:	..... 920 mV (Vollaussteuerung)
Eingangsimpedanz:	..... 33 kΩ
Digitale Ausgänge:	..... S/PDIF, IEC 60958, optisch und koaxial
Anschlüsse:	
- Audio-Eingänge:	..... Cinch
- Audio-Ausgänge:	
optisch:	..... TOSLINK, S/PDIF
koaxial:	..... Cinch, S/PDIF
- DC-Versorgung:	..... 2,1-mm-Hohlstecker-Buchse
Versorgungsspannung:	..... 8–16 V _{DC} /150 mA
Abmessungen:	..... 90 x 58 x 24 mm

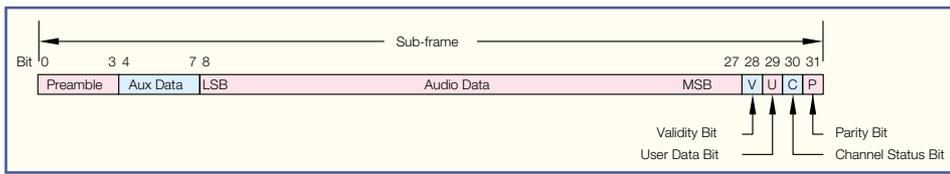


Bild 1: S/PDIF-Subframe-Datenformat

nur die darauf folgenden 20 Bit für Audio-daten reserviert sind.

Anschließend folgen die 4 Bit „Validity“, „User Data“, „Channel Status“ und „Parity“. Hier kennzeichnen „Validity“ die aktuelle Gültigkeit und „Parity“ die aktuelle Parität des jeweiligen Subframes. Die Informationen der Bit „User Data“ und „Channel Status“ dagegen werden über mehrere Subframes zusammengefasst (über einen „Block“) und erst dann ausgewertet. Dabei sind die „User Data“ vom Anwender frei verwendbar. Die „Channel Status“-Bit dagegen geben über mehrere Subframes akkumuliert Informationen über die Art der Codierung usw. an.

Ein Subframe enthält somit erst mal nur die Daten eines Audiokanals. Je ein Subframe für den linken und eins für den rechten Kanal zusammengefasst, ergeben dann ein so genanntes „Frame“. Aus 192 Frames ergibt sich dann letztlich ein „Block“, über den die oben erwähnten „Channel Status“- und „User Data“-Bit „gesammelt“ werden.

Elektrisch unterscheidet man bei der S/PDIF-Schnittstelle prinzipiell zwischen der professionellen Version, die meist über einen XLR-Stecker als symmetrische Datenleitung geführt wird, und der Consumer-Version, die üblicherweise als Cinch-Stecker ausgeführt ist und eine asymmetrische Übertragung ermöglicht. Weiterhin ist eine optische Variante der Schnittstelle definiert, die als Stecker den so genannten Toslink-Anschluss verwendet und mit einfachen Lichtwellenleitern auskommt.

Der ELV-Audio-A/D-Wandler AAD 24 stellt beide Consumer-Varianten der S/PDIF-Schnittstelle zur Verfügung.

Bedienung und Installation

Der Audio-A/D-Wandler ELV AAD 24 bietet eine qualitativ hochwertige Wandlung von analogen Audio-Signalen in normenkonforme digitale S/PDIF-Audiodaten.

Das Gerät an sich besitzt dabei keine externen Bedienelemente. Einmal eingestellt, ist keine weitere Bedienung etc. mehr notwendig. Vor dem Betrieb ist lediglich die Abtastrate einzustellen. Dies geschieht über den geräteinternen DIP-Schalter S 1. Gewählt werden können 48 kHz, 96 kHz und 192 kHz, je nach Einsatzzweck und Wandlungskapazität auf der D/A-Wandler-Seite, defaultmäßig ist mit 192 kHz die höchste „Signalqualität“ gewählt. In Abbildung 2 sind die einzelnen Abtastraten

und die zugehörigen Schalterpositionen dargestellt.

Weiterhin lässt sich das Datenformat, mit dem der S/PDIF-Transmitter gespeist wird, auswählen. Die Auswahl zwischen dem üblichen Format „Left justified“ und dem „I²S“-Format erfolgt dabei mit der verbleibenden vierten Ebene des DIP-Schalters S 1. Auch hier zeigt Abbildung 2 die entsprechenden Schaltpositionen. Hier sollte das defaultmäßige Format „Left justified“ nicht geändert werden.

Damit sind die Einstell- und Bedienungsaufgaben bereits erledigt und die Schaltung kann in Betrieb genommen werden.

Der Anschluss dieses kompakten Gerätes gestaltet sich aufgrund der Verwendung standardisierter Ein- und Ausgangsbuchsen recht einfach. An die Cinch-Eingangsbuchsen „Audio-In L“ und „Audio-In R“ wird die Audio-Signalquelle (z. B. das Ausgangssignal eines Mikrofon- oder Plattenspieler-Vorverstärkers, der Analog-Ausgang einer Tonbandmaschine etc.) angeschlossen. Der Pegel des eingespeisten Signals darf dabei einen Maximalwert von 920 mV bzw. ca. 2,6 V_{SS} nicht überschreiten, die Eingangsimpedanz beträgt ca. 33 kΩ. Diese Werte werden von nahezu allen analogen Audioquellen eingehalten.

Der Ausgang für die digitalen Audiodaten ist sowohl als koaxialer, elektrischer Ausgang ausgeführt als auch als optischer Ausgang. Beide Ausgänge entsprechen dem im Consumer-Bereich üblichen S/PDIF-Standard. Da beide Ausgänge parallel zur Verfügung stehen, können auch zwei digitale Endgeräte (D/A-Wandler) gespeist werden.

Der optische Digital-Ausgang 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.: 55-424-94; 1,5 m, Best.-Nr.: 55-424-95) anschließen. Bei dem „Optical“-Ausgang kann es bei einer eingestellten Abtastrate von 192 kHz aber zu Übertragungsproblemen kommen, da der optische Weg nur bis 96 kHz spezifiziert ist. Die Praxis hat aber gezeigt, dass die Übertragung bei 192 kHz auch keine Probleme bereitet.

Der digitale elektrische Ausgang ist als Cinch-Buchse ausgeführt. Dieser digitale Ausgang ist wie üblich auf 75 Ω Ausgangsimpedanz ausgelegt. Zur Verbindung zu einem entsprechenden digitalen Eingang sollte aufgrund der hohen Datenrate ein hochwertiges Cinch-Kabel mit 75 Ω

Impedanz (75-Ω-Cinch-Anschlussleitung, 1 m, Best.-Nr.: 55-486-03; 5 m, Best.-Nr.: 55-486-04) verwendet werden. Über sehr kurze Distanzen bis max. 1 m kann auch ein „übliches“ Cinch-Kabel zum Einsatz kommen. Qualitätseinbußen durch Bitfehler und ggf. elektromagnetische Störungen durch unzureichende Schirmung können dann allerdings die Folge sein.

Für den Betrieb muss der Audio-A/D-Wandler AAD 24 mit einer Gleichspannung im Bereich von 8 V bis 16 V versorgt werden, wobei das Netzgerät einen Strom von mindestens 150 mA liefern können muss. Der Anschluss erfolgt dabei über die mit „DC-In“ bezeichnete Hohlsteckerbuchse, wobei der Pluspol am Mittelkontakt 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.

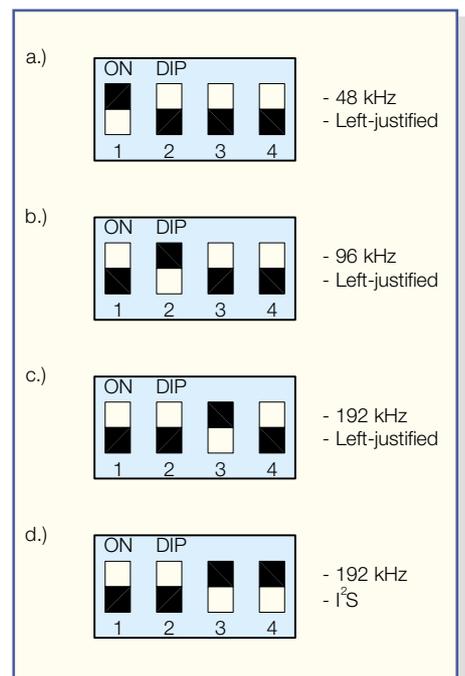


Bild 2: Einstellung der Abtastrate und des Datenformats

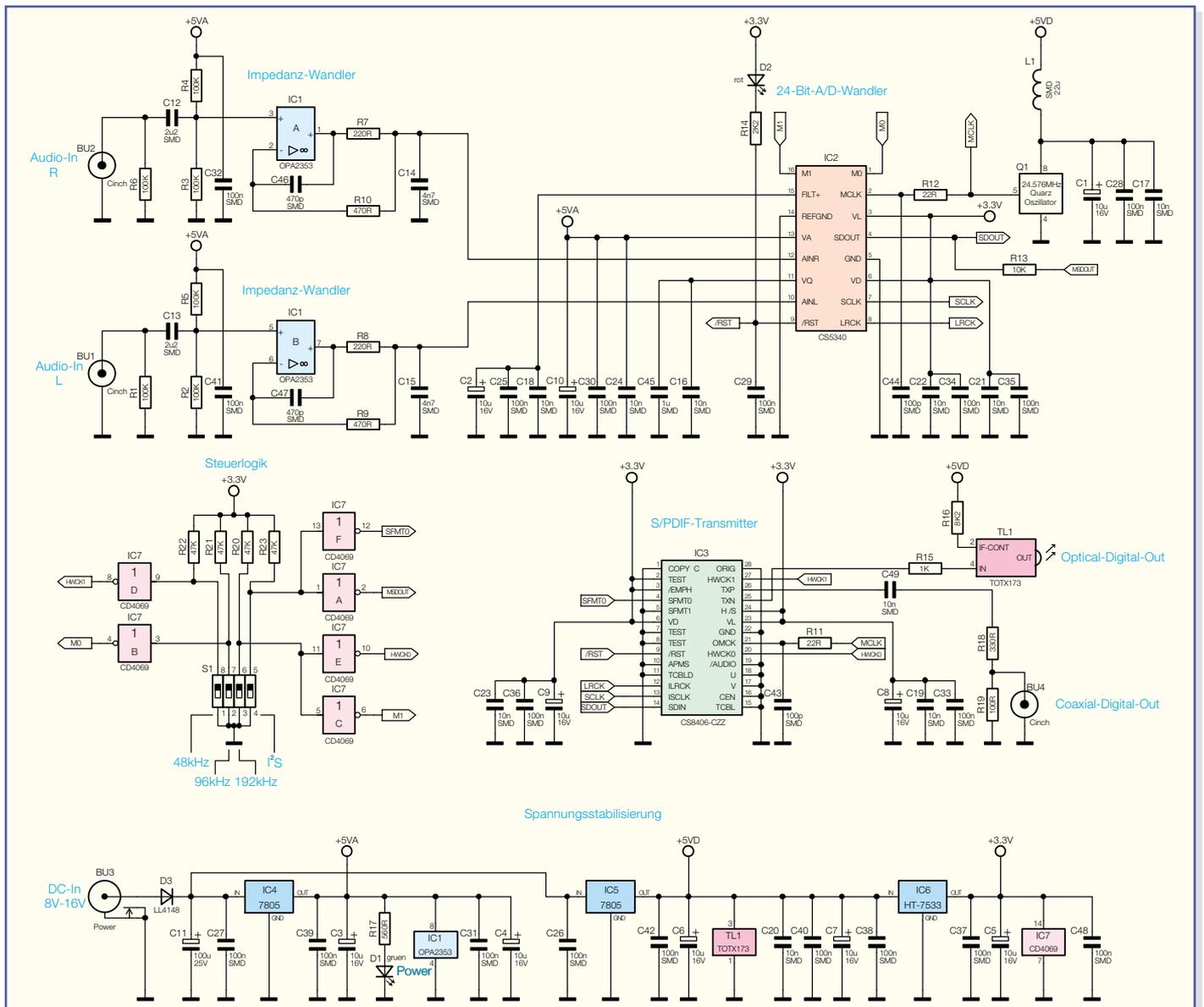


Bild 3: Schaltbild des Audio-A/D-Wandlers AAD 24

Schaltung

Zentrale Bauteile in Abbildung 3 dargestellten Schaltung des Audio-A/D-Wandlers sind der A/D-Wandler an sich und der S/PDIF-Transmitter-Baustein. Das analoge Eingangssignal gelangt zunächst, über die Buchse BU 1 (linker Kanal) bzw. BU 2 (rechter Kanal) zugeführt, auf den als Impedanzwandler und Tiefpassfilter geschalteten Operationsverstärker IC 1. Da beide Stereokanäle prinzipiell identisch sind, erfolgt die Schaltungsbeschreibung anhand des rechten Kanals. Die Tiefpassfunktion wird durch die Widerstände R 7 und R 10 und durch die Kondensatoren C 46 und C 14 gebildet. Die Filterwirkung setzt hier erst ab ca. 500 kHz (-3 dB) ein. Das Filter arbeitet dabei nicht als Anti-Aliasing-Filter, wie man es von anderen A/D-Wandlern kennt, sondern es muss nur für eine Eingangssignal-Unterdrückung

nahe der Abtastrate des A/D-Wandlers (ca. 6,144 MHz) sorgen. Die Grenzfrequenz muss sich dabei der Forderung nach einem möglichst guten Phasengang im Nutzfrequenzbereich anpassen.

Auch das Hochpassfilter am Eingang, das zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung dient, besitzt eine Grenzfrequenz von <math>< 2\text{ Hz}</math> (-3 dB), die weit unterhalb des Hörbereiches liegt. Auch hier kommt dies dem Phasengang zugute. Die Widerstände R 3 und R 4 sorgen hier zum einen für einen definierten Eingangswiderstand der Schaltung, zum anderen heben sie den Operationsverstärker-Eingang auf halbe Betriebsspannung, um eine korrekte Aussteuerung bei Single-Supply-Betrieb („+5 VA“) zu gewährleisten.

Anschließend gelangt das Audio-Signal direkt auf den integrierten A/D-Wandler IC 2 vom Typ CS 5340. Dieser IC beinhaltet die Abtastung, die Analog/Digital-Wandlung, die Anti-Aliasing-Filterung und

die Erzeugung der 24-Bit-Wandlerwerte für beide Stereokanäle. Der Wandler ist dabei in der Lage, beide Stereokanäle mit 24 Bit Auflösung und einer Abtastrate von bis zu 200 kHz zu digitalisieren. Der Wandler nutzt dabei einen „Multi-Bit Delta-Sigma Modulator“, gefolgt von einem digitalen Filter. Das digitale Audio-Signal steht anschließend an den Ausgängen „SDOUT“, „SCLK“ und „LRCK“ an. Dabei trägt „SDOUT“ die eigentlichen Audiodaten in serieller Form, während die beiden anderen Ausgänge Taktleitungen sind. Dabei liegt auf „SCLK“ der Datentakt und auf „LRCK“ der „Links-Rechts-Takt“, der die Zuordnung zu dem jeweiligen Stereokanal kennzeichnet. Für dieses digitale Audio-Interface (DAI) gibt es unterschiedliche Formate. Verbreitet sind dabei die Formate „Left-justified“, „I²S“ und „Right-justified“. Der Unterschied zwischen den unterschiedlichen Formaten besteht in der Zuordnung des L-R-Taktes zu den Audio-

daten und in der Position des MSB im digitalen Datenstrom. Praktisch werden allerdings hauptsächlich die Formate „Left-justified“ und „I²S“ verwendet, beide kann dieser A/D-Wandler generieren. Abbildung 4 zeigt das Timing-Diagramm zu beiden Datenformaten.

Ausgewählt wird das Format über den Status des „SDOUT“-Pins während des Resets durch die Stellung des DIP-Schalters S 1. Standardmäßig ist hier das „Left-justified“-Format gewählt (DIP-Schalter in Aus-Position). Prinzipiell ist das Datenformat allerdings egal, am A/D-Wandler muss nur das gleiche Format gewählt sein wie am nachfolgenden S/PDIF-Transmitter.

Neben der Wahl des Datenformates, lässt sich mit dem DIP-Schalter auch die Abtastrate einstellen. Mögliche und in der Praxis übliche Abtastraten sind 48 kHz, 96 kHz und 192 kHz. In dem hier verwendeten Hardware-Mode des A/D-Wandlers erfolgt die Einstellung der Abtastrate über die Steuereingänge „M0“ und „M1“. Der Anwender hat zur Programmierung nur die entsprechenden DIP-Schalter einzustellen, die korrekte Umsetzung in die Steuersignale übernehmen die Gatter des Inverters IC 7.

Für eine optimierte Signalverarbeitung ist es notwendig, die Spannungsversorgung des IC-internen Analog- und Digitalteils zu trennen. Daher besitzt der Wandler auch verschiedene Versorgungspins: Der Pin „VA“ versorgt den analogen Teil, die Pins „VL“ und „VD“ den Logik- bzw. Digitalteil. Neben der Trennung der einzelnen Versorgungsspannungen ist auch deren sehr gute Blockung mittels gestaffelter Kapazitätswerte eine wichtige Voraussetzung für gute Wandlungsergebnisse.

Seinen Mastertakt (Master-Clock = MCLK) erhält der A/D-Wandler vom integrierten Quarzoszillator Q 1, der einen Systemtakt von 24,576 MHz für den Wandler und für den S/PDIF-Transmitter IC 3 bereitstellt.

Der Transmitter IC 3 vom Typ CS 8406 wandelt die über die 3-Leitungen-Audio-Schnittstelle ankommenden Audiodaten in einen seriellen Datenstrom um. Der IC encodet dabei die Audiodaten entsprechend den genormten Formaten AES 3, IEC 60958, S/PDIF oder EIAJ CP 1201. Diese einzelnen Formate unterscheiden sich prinzipiell nur auf der elektrischen Seite, das Datenformat ist bei allen (nahezu) gleich, teilweise sind es nur unterschiedliche Bezeichnungen für die gleiche Schnittstelle. In der Welt der Consumer-Elektronik ist das S/PDIF-Format gängig, das mit den Formaten lt. IEC 60958-3 bzw. EIAJ CP 1201 übereinstimmt. Die S/PDIF-Schnittstelle ist die digitale Audio-Schnittstelle schlechthin und an allen CD-Playern, DVD-Playern, MD-Recordern, A/V-Receivern usw. zu finden. Diese Schnittstelle gibt es in ko-

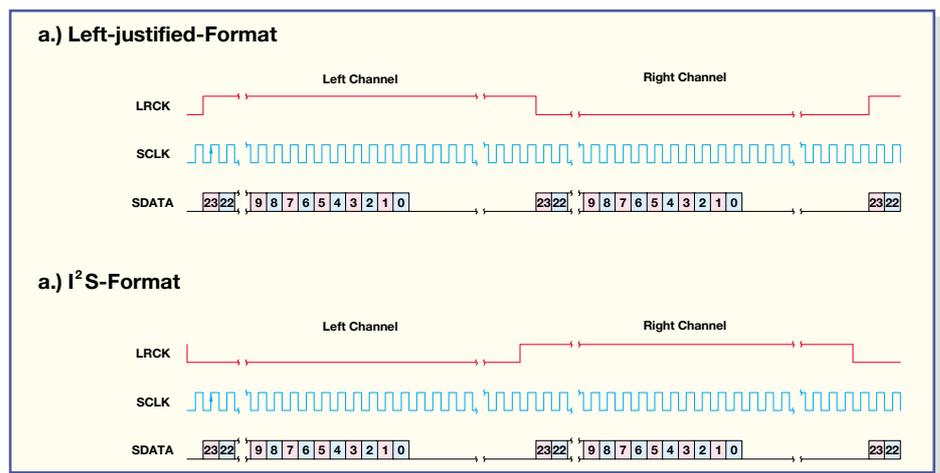


Abbildung 4: Timing-Diagramm zum seriellen Audiodaten-Interface (SAI)

axialer (elektrischer) Form und als optische Schnittstelle. Der ELV-Analog/Digital-Wandler AAD 24 stellt beide Formate parallel und gleichwertig zur Verfügung.

Dazu wandelt der Transmitter-Baustein IC 3 die an seinen Eingängen „LRCK“, „ISCLK“ und „SDIN“ anliegenden Audiodaten in das entsprechende serielle Audio-Datenformat, das an den Ausgängen „TXP“ und „TXN“ ausgegeben wird. Die Umwandlung in ein normenkonformes, optisches S/PDIF-Signal erfolgt über das optische Modul TL1, das die Wandlung vom elektrischen ins optische Signal vornimmt und den genormten Steckanschluss bereitstellt. Für den koaxialen Ausgang BU 4 übernehmen die Widerstände R 18 und R 19 und der Kondensator C 49 die Pegelwandlung und Impedanzanpassung.

Zum Betrieb benötigt der Transmitter neben den Betriebsspannungen an „VL“ und „VD“ nur noch den Master-Clock, der an Pin 21 zugeführt wird und synchron zu den eingehenden Audiodaten sein muss.

Um die gesamte Schaltung nach dem Anlegen der Spannung in einen definierten Grundzustand zu bringen, ist mit D 2, R 14 und C 29 eine Reset-Schaltung implementiert.

Die Spannungsversorgung des Gerätes erfolgt über eine Gleichspannung im Bereich von 8 V bis 16 V, die an der Hohlsteckerbuchse BU3 zugeführt wird. Die Stromaufnahme schwankt dabei in Abhängigkeit von der Abtastrate, liegt aber maximal bei insgesamt 150 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 4 sorgt ausschließlich für die Versorgung der analogen Teile, während IC 5 (+5 V) und IC 6 (+3,3 V) die digitalen Schaltungsteile versorgen.

Nachbau

Die gesamte Schaltung ist auf der

80 mm x 54 mm messenden Platine untergebracht. Der Nachbau der Schaltung beschränkt sich auf die Bestückung der bedrahteten Bauelemente und den Einbau ins Gehäuse. Alle oberflächenmontierten Bauteile sind bereits auf der Lötseite vorbestückt.

Die Bestückung der noch verbleibenden Bauelemente erfolgt anhand der Stückliste und des Bestückungsdruckes. Im ersten Schritt werden die Elektrolyt-Kondensatoren unter Beachtung der korrekten Polung eingesetzt und verlötet. Auch der dann zu montierende Quarzoszillator muss polrichtig bestückt werden. Hier gibt die „spitze“ Ecke des Gehäuses, die auch im Bestückungsdruck dargestellt ist, die korrekte Lage an. Der DIP-Schalter ist anschließend entsprechend des Bestückungsdruckes einzulöten.

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 LED D 2 später nicht mit dem Gehäuse kollidiert, muss diese mit einer Höhe von ≤14 mm (von Platinenoberseite zu Diodenkörper-Spitze gemessen) eingesetzt werden. Im Gegensatz dazu ist die LED D 1 so einzubauen, dass sie später in die entsprechende Gehäusebohrung einfasst. Daher ist D 1 mit einer Höhe von 18 mm einzusetzen. Als Abstandshalter dient dabei ein auf eine Länge von 14 mm zugeschnittenes Stück Gewebeschlauch.

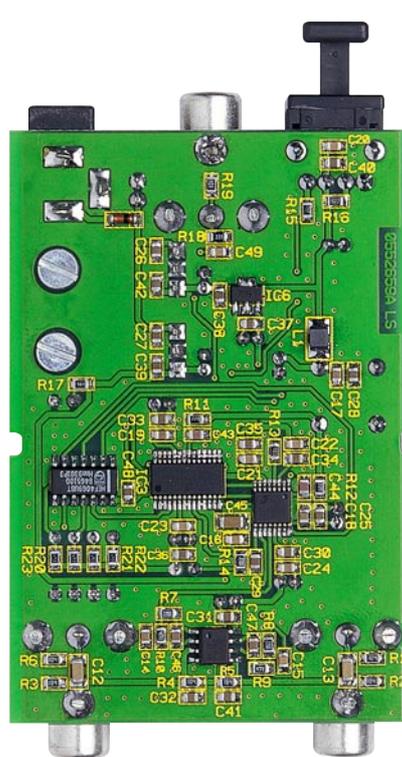
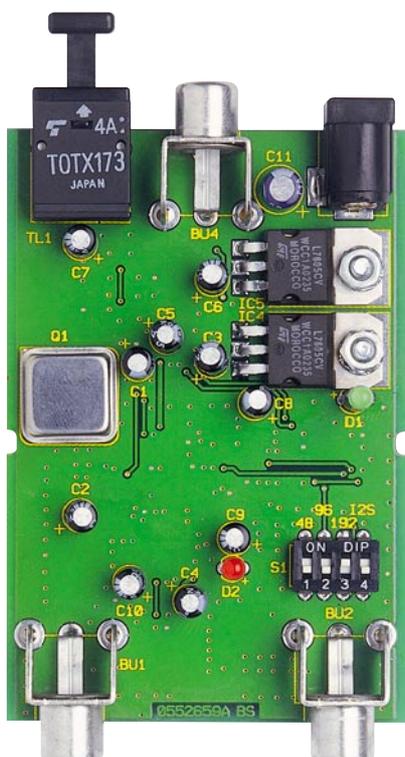
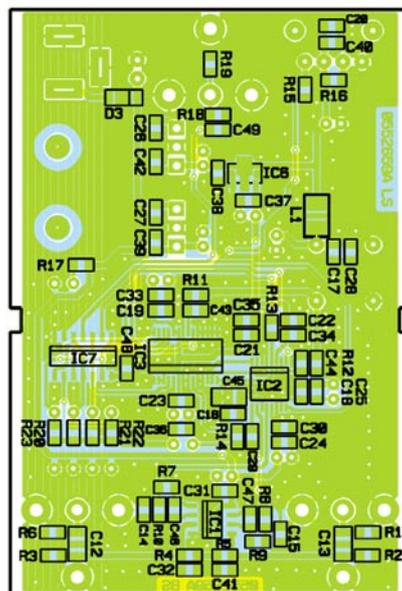
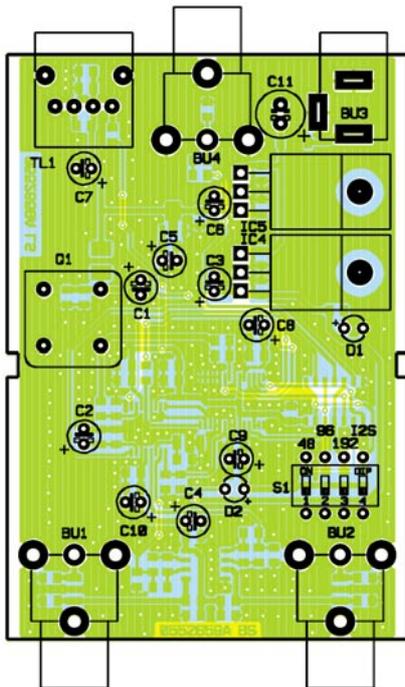
Zum Einbau der Spannungsregler IC 4 und IC 5 werden zunächst deren Anschlusspins in ca. 2,5 mm Abstand zum IC-Gehäuse um 90° nach hinten abgewinkelt. Nach dem Einsetzen der ICs erfolgt die mechanische Befestigung jeweils mit einer M3x8-mm-Zylinderkopfschraube von der Lötseite und Zahnscheibe und Mutter auf der Bestückungsseite. Anschließend sind die elektrischen Verbindungen mit dem Anlöten der Anschlusspins auszuführen.

Zum Abschluss der Bestückungsarbeiten sind die Cinch-Buchsen BU 1, BU 2 und BU 4 und die DC-Buchse BU 3 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-Transmitters 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 Lötfeh-

ler, Lötzinnbrücken und Bestückungsfehler zu prüfen, wobei auch die SMD-Bestückung (ausgenommen die SMD-Kondensatoren) mit einbezogen werden muss.

Vor dem Einbau der Platine ins form-schöne Kunststoff-Gehäuse sollten die DIP-Schalter, wie im Abschnitt „Installation und Bedienung“ beschrieben, gesetzt werden. Zum Gehäuseeinbau ist die Platine dann so in die Oberhalbschale einzulegen, dass die Cinch-Buchsen 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-A/D-Wandlers ELV AAD 24 abgeschlossen, und dem Einsatz des Gerätes steht nichts mehr im Wege. **ELV**



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

Stückliste: Audio-A/D-Wandler

Widerstände

22 Ω/SMD/0805	R11, R12
100 Ω/SMD/0805	R19
220 Ω/SMD/0805	R7, R8
330 Ω/SMD/0805	R18
470 Ω/SMD/0805	R9, R10
560 Ω/SMD/0805	R17
1 kΩ/SMD/0805	R15
2,2 kΩ/SMD/0805	R14
8,2 kΩ/SMD/0805	R16
10 kΩ/SMD/0805	R13
47 kΩ/SMD/0805	R20–R23
100 kΩ/SMD/0805	R1–R6

Kondensatoren

100 pF/SMD/0805	C43, C44
470 pF/SMD/0805	C46, C47
4,7 nF/SMD/0805	C14, C15
10 nF/SMD/0805	C16–C24, C49
100 nF/SMD/0805	C25–C42, C48
1 µF/SMD/1206	C45
2,2 µF/SMD/1206	C12, C13
10 µF/16 V	C1–C10
100 µF/25 V	C11

Halbleiter

OPA2353UA/SMD	IC1
CS5340-CZZ/SMD	IC2
CS8406-CZZ/SMD	IC3
7805	IC4, IC5
HT7533/SMD	IC6
CD4069/SMD	IC7
LL4148	D3
LED, 3 mm, Grün	D1
LED, 3 mm, Rot	D2
Opto-Modul TOTX173, Sender ...	TL1

Sonstiges

- Quarzoszillator, 24,576 MHz, 5 V
- SMD-Induktivität, 22 µH, 250 mA
- Cinch-Einbaubuchse, print
- Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print
- Mini-DIP-Schalter, 4-polig, liegend
- 2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 8 mm
- 2 Muttern, M3
- 2 Fächerscheiben, M3
- 1 Profilgehäuse, Blau, komplett, bearbeitet und bedruckt
- 2 cm Gewebeisolierschlauch, ø 2 mm