

Abb. 1 - realHDaudio-Board Version 2.0

## Ein DIY-AD/DA-System für professionelle Audioanwendungen

Christian Epe, Dieter Leckschat, Bernhard Rieß, Yunus Proch Mail: christian.epe@hs-duesseldorf.de

#### Einleitung

freeDSP ist ein Projekt der Technischen Universität Dresden und bietet preisgünstige und einfach umsetzbare DSP-Technik für DIY-Anwendungen. Verwendet wird ein System-on-a-Chip DSP, dessen integrierte AD- und DA-Wandler von der Performance her jedoch nicht an heutige Studioqualität heranreichen. Zu diesem Zweck wurde ein realHDaudio-Board entwickelt, welches trotz geringer Baugröße eine Audio-Performance erreicht, die bisher nur großen und vor allem hochpreisigen Studiosystemen (z.B. Signal-to-Noise-Ratio größer 118 dB) vorbehalten war. Das Board lässt sich über einen Erweiterungsslot mit dem freeDSP-Board, aber auch mit jedem anderen DSP/FPGA-System verbinden, sofern entsprechende Schnittstellen zur Verfügung stehen.

#### Konzept

Abbildung 2 zeigt ein Blockschaltbild des entwickelten Erweiterungsboards. Es kann über einen "Expansion Slot" mit freeDSP oder jedem anderen System, welches über eine 12S-Schnittstelle verfügt, verbunden werden. Die Basis des Boards bilden ein AKM AK5397EQ AD- und ein AKM AK4495 DA-Konverter. Beide ICs können mit einer maximalen Samplerate von 768 kHz und einer Bittiefe von bis zu 32 Bit betrieben werden. Sie zeichnen sich zudem durch sehr gute Audiomesswerte aus. Der AK5397EQ zählt mit bis zu 127 dB Signalrauschabstand (SNR) im Stereobetreib und 130 dB SNR im Monobetrieb momentan zu rauschärmsten Wandlern auf dem Markt.

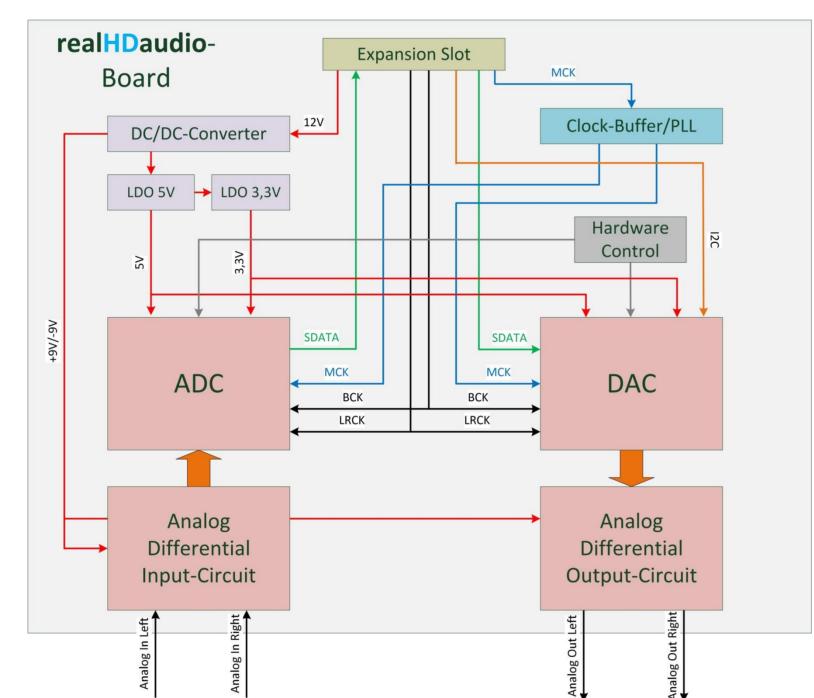


Abb. 2 - Blockschaltbild realHDaudio-Board Version 2.2

Die Konfiguration der ICs erfolgt über auf dem Board befindliche Jumper (Abb. 2, Hardware Control) oder beim AK4495 wahlweise über I2C. Die Anbindung der Wandler an ein Hauptsystem (DSP/FPGA usw.) erfolgt je nach ihrer Konfiguration über I2S (BCK, LRCK, SDATA), Left-Justified oder TDM. Die Masterclock (MCK) muss vom Hauptsystem zur Verfügung gestellt werden und beträgt im Idealfall 24,576 MHz, um alle verfügbaren Sampleraten der Wandler nutzen zu können. Sie wird über einen Clock-Buffer an die Wandler weitergeben. Im Fall des freeDSP gelangt über den Expansion Slot eine Spannung von 12V auf das Board, aus der die nötigen Spannungen für die ICs (3,3V, 5V) sowie für die symmetrisch ausgelegten, analogen Eingangs- und Ausgangstufen (+9V/-9V) generiert werden. An einen freeDSP CLASSIC lassen sich bis zu 4 der realHDaudio-Boards anschließen.

#### Analoge Eingangsstufe/Gainstruktur

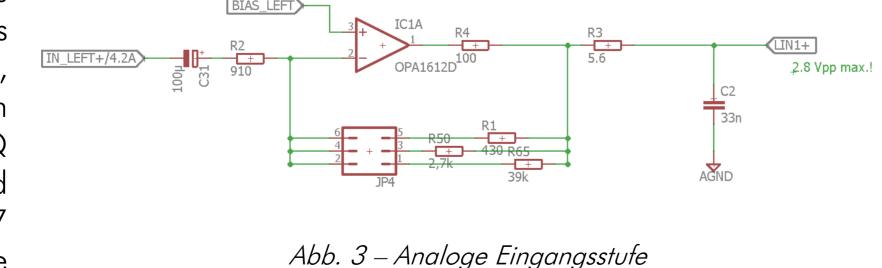
Die äußeren Rahmenbedingungen legen in erster Linie den erlaubten Pegel am Eingang des AD-Wandlers fest. Die Verstärkung der Eingangsstufe (Abbildung 3) muss anschließend dem gewünschten maximalen Eingangspegel angepasst werden, um den Wandler entsprechend korrekt auszusteuern. Der AK5397EQ erlaubt an einem seiner Eingangs-Ports (positiver oder negativer Eingang) maximal 2,8 Vpp (2,13 dBu). Die Spannung muss zudem mit einem Bias von 1,9 V angelegt werden, so dass sich die resultierende Spannung an einem Port zwischen 0,5 V und 3,3 V bewegt. Um nun eine Verstärkung für die OP-Stufe festlegen zu können, müssen mögliche Eingangspegel definiert werden. Die zu definierenden Pegel beziehen sich jeweils auf die, auf beide Eingangs-Ports zusammen gegebene Spannung. Diese teilen sich dann jeweils auf den positiven und negative Eingangs-Port auf. Als mögliche Eingangspegel sollen drei Fälle betrachtet und die entsprechende Verstärkung definiert werden:

- "Rundfunkpegel": Der Rundfunknormpegel ist ein Standard für professionelle Audiogeräte und liegt bei +6 dBu (1,44 VRMS).
- "Consumer-Pegel": Der Consumer-Pegel wird häufig mit -10 dBv (0,245 VRMS) definiert.
- "Mikrofon": Die Empfindlichkeit eines dynamischen Standardmikrofons (z.B. Shure SM58) liegt bei 2 mV/Pa. Definiert man 115-120 dBSPL als maximal geplanten Schalldruck vor dem Mikrofon (Schlagzeug in einem Meter Entfernung) führt das zu einem Ausgangssignal von 32 mV (-27 dBu). Eine Verstärkung von 35 dB wäre nötig, um den Wandler richtig anzusteuern.

Um die Verstärkung für alle drei Fälle anpassen zu können, wird R1 aus Abbildung 3 mit Hilfe eines Jumpers variabel gestaltet. Die Werte für R2, und R4 werden aus dem Datenblatt AK5397EQ übernommen. Für jeden Fall wird zudem eine Aussteuerungsreserve (7 dB bzw. 10 dB) eingeplant. Mit Hilfe von Formel 1 wurden für R1 folgende Werte (Standard E-Reihe) berechnet.

"Rundfunkpegel": R1 = 430 Ohm• "Consumer-Pegel": R1=2,7kOhm

"Mikrofon": R1 = 39kOhm



$$L_{dB} = 20 * \log \left( \frac{R1}{R2} * \frac{R1}{(R1 + R4)} \right)$$
 Formel 1

**Hochschule Düsseldorf University of Applied Sciences** 

Institute of Sound and Vibration Engineering

# HSD ISAVE

Mit den gewählten Widerstandswerten für R1 führen folgende Pegel zur Vollaussteuerung des Wandlers:

- Max. Input "Rundfunkpegel": +14 dBu
- Max. Input "Consumer-Pegel": -4 dBv Max. Input "Mikrofon": 122 dBSPL

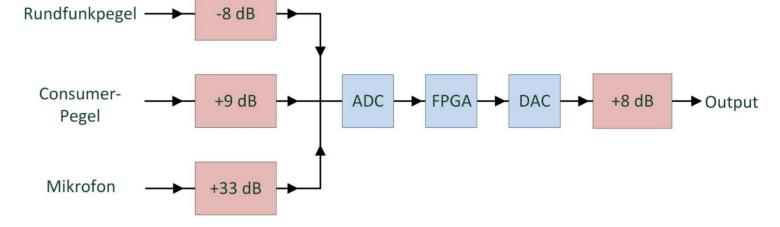


Abb. 4 - Gainstruktur des Systems

Die resultierende Gain-Struktur des Audiopfades je nach Jumper-Konfiguration in der Eingangsstufe ist noch einmal in Abbildung 4 dargestellt.

#### Platine und mechanischer Aufbau

Aus dem fertigen Schaltplan wurde ein Layout für eine 4-lagige Platine erstellt. Die Oberseite der Platine bildet Layer 1. Auf ihm wurden alle SMD-Bauteile untergebracht. Außerdem wird hier das primäre Routing der Stromversorgung, Audiosignal- und teilweise digitalen Signalleitungen vorgenommen. Layer 2 stellt den Masse-Layer (GND) für die gesamte Schaltung dar. Um Störungen der analogen Schaltungsteile durch die digitalen Schaltungsteile zu vermeiden, werden die zugehörigen Massebereiche voneinander getrennt und im Bereich der zentralen Versorgungsspannung zusammengeführt. Mit Hilfe von Vias wird die Masse direkt in der Nähe der jeweils angeschlossenen Bauteile an die Oberfläche geführt. Auf Layer 3 werden die Versorgungsspannungen zu den jeweiligen Bauteilen verteilt. Auch hier musste darauf geachtet werden analoge und digitale Schaltungsteile zu trennen. Auf Layer 4 verlaufen unter anderem die I<sup>2</sup>S-Signale mit seriell angelegten 0 Ohm-Widerständen, welche im Falle von zu starken "Overshoots" der Clock-Signale bestückt werden können. Abbildung 5 zeigt einen Lautsprechercontroller bestehend aus einem freeDSP-CLASSIC und drei realHDaudio-Boards in einem 1HE-Gehäuse.

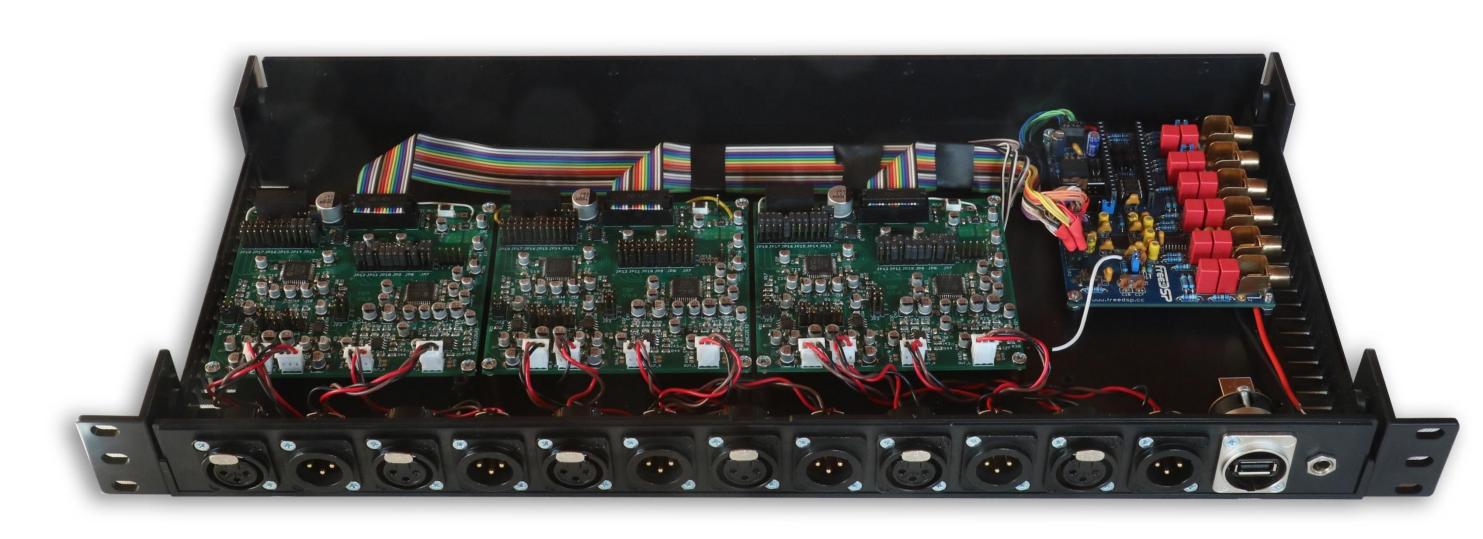


Abb. 5 – realHDaudio LS-C2, bestehend auf einem freeDSP CLASSIC und drei realHDaudio-Boards

#### Messwerte und max. Ratings

Bei der Messung der audio-charakteristischen Eigenschaften ist die Signalverarbeitung im DSP-System abgeschaltet und es findet somit lediglich eine AD- und DA-Wandlung bzw. Weiterleitung durch den DSP statt. Charakteristische Messwerte sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

THD-N	14,9	dBu
Mono Mode		
Noise at +80dB digital gain (A-w.)	-33	dBu
SNR	127,9	dB

Stereo Mode		
16,17	dBu	
-102,8	dBu	
118,97	dB	
	16,17 -102,8 118,97	

#### Gesamtsystem 117,915 dB THD+N at 7 dBu Input -103,3 dB THD at 7 dBu Input -110,65 dB Crosstalk channel 1 at 14 dBu -123,2 dB Crosstalk channel 2 at 14 dBu -128,052 dB

Tab. 1 – Maximum Ratings A/D-Wandler, D/A-Wandler und Gesamtsystem

124,9 dB

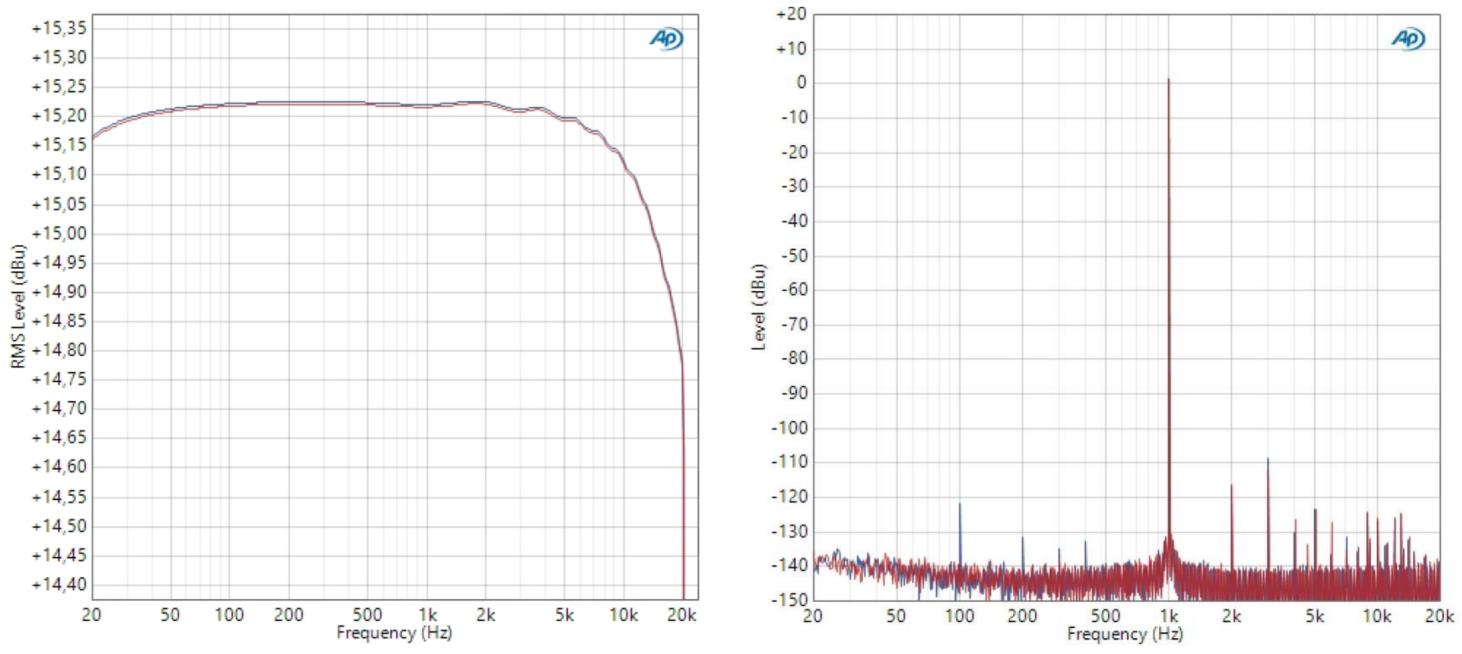


Abb. 6 – Frequenzgang bei 14 dBu Eingangssignal

Abb. 7 - Spektrum bei 1kHz, 0 dBu Eingangssignal

### Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnis dieser Arbeit ist ein kompaktes Erweiterungsboard mit professionellen Audioeigenschaften. Ursprünglich gedacht für den freeDSP lässt es sich darüber hinaus mit jeden anderen DSP/FPGA-System verbinden, sofern die nötigen Schnittstellen vorhanden sind. Das Board wird Anfang 2019 auf der Webseite des freeDSPs als Erweiterungsplatine gelistet und steht dann als Open-Source-Variante zur Verfügung. Stand Nov. 2018 existiert neben der freeDSP CLASSIC-Version eine CLASSIC SMD B-Variante, die zwar über vier passende Expansion Slot verfügt, aber aufgrund zweier nicht erreichbarer DSP-Pins momentan noch nicht mit dem realHDaudio-Board nutzbar ist. Soweit diese in einer Revision des freeDSP CLASSIC SMD B erreichbar sind, können auch hier bis zu vier realHDaudio-Boards verwendet werden.

#### Quellen:

[1] www.realHDaudio.de [2] www.freedsp.cc