



Audio-Dummy-Load mit Leistungsanzeige

Teil 1

Beim ADL 9000 ist neben einer Stereo-Lautsprechernachbildung, die je Kanal eine 4-Ohm- oder 8-Ohm-Impedanz mit 100 W Belastbarkeit zur Verfügung stellt, auch ein präziser Leistungsmesser integriert. Ein regelbarer Mithörlautsprecher und die Möglichkeit im Brückenbetrieb (Mono) auch 200 W Belastbarkeit bereitzustellen, runden die Features ab.

Allgemeines

Für den Test, die Inbetriebnahme oder die Reparatur von Audio-Endstufen kommt eine ohmsche Lautsprechernachbildung (Dummy Load) zum Einsatz, die es erlaubt, den Verstärker unabhängig von angeschlossenen Lautsprechern zu betreiben. So lässt sich verhindern, dass der Lautsprecher auf den Verstärker zurückwirkt und sich beide Komponenten gegenseitig beeinflussen. Dabei verhält sich die „künstliche“ Last ADL 9000 mit seiner Belastbarkeit von 100 W pro Kanal und den einstellbaren üblichen Nennimpedanzen von 4 Ω und 8 Ω wie ein entsprechend idealisiertes Lautsprecherpaar. Im Stereobetrieb sind beide Kanäle galvanisch voneinander getrennt, während beim Monobetrieb durch Zusammenschalten der beiden internen Leistungsteile eine mit 200 W belastbare Nennimpedanz von 2 Ω , 4 Ω , 8 Ω oder 16 Ω zur Verfügung steht.

Die Bestimmung von Verstärkernennwerten, wie Ausgangsleistung, Frequenzgang, Klirrfaktor, Dämpfungsverhalten usw., kann nur mit Hilfe einer nahezu ohmschen Lautsprechernachbildung geschehen, da sich ansonsten keine vergleichbaren Daten ergeben. Jeder Lautsprecher hat seinen ganz eigenen Frequenzgang, eine zugehörige Belastbarkeit, einen speziellen Impedanzverlauf über der Frequenz etc. All diese Eigenschaften machen eine Ver-

stärker – Lautsprecher Zusammenschaltung zu einer individuellen Kombination, die sich mit keiner in irgendeiner Form abweichenden Kombination direkt vergleichen lässt. Um vergleichbare Ergebnisse bei der Bewertung von Verstärkern zu erhalten, ist eine reproduzierbare Last mit konstantem, idealerweise ohmschem Impedanzverlauf unerlässlich. Dieser Impedanzverlauf ist die am Lautsprecheranschluss gemessene Impedanz (Wechsel-

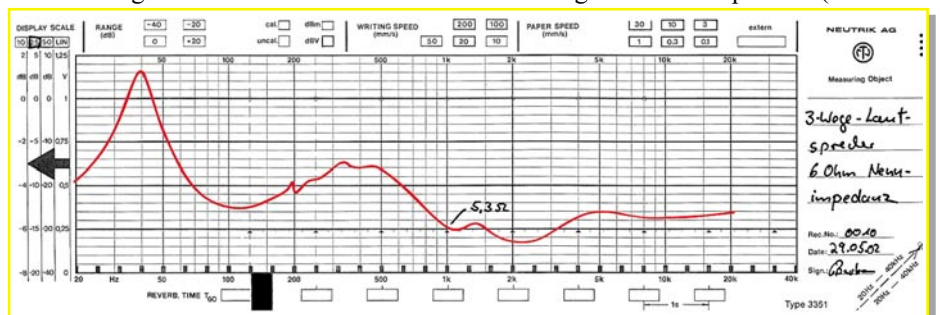


Bild 1: Impedanzverlauf eines 3-Wege-Lautsprechers

Technische Daten ADL 9000:

Impedanz:	
- Stereobetrieb:	4 Ω, 8 Ω; je Kanal unabhängig einstellbar
- Brückenbetrieb:	2 Ω, 4 Ω, 8 Ω, 16 Ω
Max. Belastung:	
- Stereobetrieb:	100 W je Kanal (Dauerlast) 200 W je Kanal (T < 2 min.)
- Brückenbetrieb:	200 W (Dauerlast) 300 W (T < 2 min.)
Bargraph-Leistungsanzeige:	10-stellig; permanente Anzeige für beide Kanäle parallel
Leistungsmessung:	
- Anzeige:	3-stellige 7-Segmentanzeige
- Messbereich:	0 bis 300 W, umschaltbar zwischen beiden Kanälen
- Modi:	Autorange, manuelle Bereichswahl
- Messbereiche, Auflösung:	bis 9,99 W, 10 mW bis 99,9 W, 100 mW bis 300 W, 1 W
Monitorlautsprecher:	umschaltbar zwischen beiden Kanälen
Übertemperaturschutzschaltung:	2-stufig; Übertemperaturwarnung, Übertemperaturabschaltung
Stromversorgung:	230 V~ / 50 Hz / 100 mA
Gewicht:	3,5 kg
Abmessungen (BxHxT):	355 x 225 x 115 mm

form, aber anderen inneren Aufbau, besitzen eine 10-fach höhere Eigeninduktivität, während einfache Keramikwiderstände etwa 20 μH haben. Berechnet man hieraus die Impedanz Z, die sich ja aus dem Wirkwiderstand R (Realteil) und dem induktiven Blindwiderstand X_L (Imaginärteil) zusammensetzt, so erhält man gemäß folgender Gleichung einen Einblick in die Größenordnung der Unterschiede zwischen den verschiedenen Widerstandstypen.

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (2 \cdot \pi \cdot f \cdot L)^2}$$

Abbildung 3 zeigt den typischen theoretischen Impedanzverlauf der drei Widerstandsvarianten. Bei einer Frequenz von 50 kHz ergibt sich für den einfachen Keramikwiderstand ein Wert von |Z_K| = 10,12 Ω, für den normalen Hochleistungswiderstand |Z_{HS}| = 8,02 Ω und für den im ADL 9000 verwendeten niederinduktiven Hochleistungswiderstand beträgt die Impedanz nur |Z_{NHS}| = 8,0025 Ω. Schon bei dieser Frequenz ist der Unterschied erheblich und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die meisten HiFi-Verstärker eine Leistungsbandbreite bis weit über 50 kHz haben, wird der Vorteil der induktivitätsarmen Widerstände noch gravierender.

Für eine professionelle Ermittlung von Verstärkerdaten kommt somit nur eine Lautsprechernachbildung mit extrem niederinduktiven Widerständen in Frage. Die einzige Berechtigung für den Anschluss eines Lautsprechers ist ein Hörtest, der für die Bewertung eines Verstärkers unumgänglich ist. Gute technische Daten sind zwar eine Voraussetzung für einen guten Klang, aber das Klangerlebnis an sich kann nur im Zusammenspiel zwischen Lautsprecher und Verstärker bewertet werden.

Ein weiteres Einsatzfeld der neuen ELV-Audio-Lautsprechernachbildung beim Test von HiFi-Verstärkern sind Langzeitprüfungen. Auch hier kommt eine Widerstandslast zum Einsatz, da beispielsweise der Testbetrieb und die Beurteilung bei einem Volllastdauertest mit einem Lautsprecher praktisch gar nicht durchführbar

stromwiderstand) über der Frequenz aufgetragen.

Standard-Lautsprecher haben einen Impedanzverlauf über der Frequenz, der mit der angegebenen Nennimpedanz nur an der Messfrequenz etwas gemeinsam hat. Es kommt hier aufgrund von Resonanzerscheinungen zu Impedanz erhöhungen oder Impedanzeinbrüchen, die teilweise nicht unerheblich sind. Abbildung 1 zeigt beispielsweise den typischen Impedanzverlauf eines hochwertigen 3-Wege-Lautsprechers. Die Nennimpedanz ist mit 6 Ω angegeben. Bei 1 kHz liegt der Messwert bereits bei 5,3 Ω und sinkt bei ca. 2,2 kHz auf 4,2 Ω ab. Im anderen Extremwert ergibt sich ca. 41 Ω bei 40 Hz. Diese große Spanne in der Lastimpedanz lässt keine definierten Aussagen bei der Bewertung eines HiFi-Verstärkers zu. So schwankt die abgegebene Leistung unter der Voraussetzung einer konstanten Verstärker Ausgangsspannung und 50 W Ausgangsleistung bei 1 kHz zwischen 6,5 W (bei 40 Hz) und 63 W (bei 2,2 kHz). Eine objektive Beurteilung ist so schon nicht mehr möglich.

Der Impedanzverlauf der ELV Lautsprechernachbildung ADL 9000 in Abbildung 2

zeigt dagegen ein sehr gutes, lineares Verhalten. Wobei die dort im Diagramm zu sehenden Schwankungen auch noch auf Pegelschwankungen des speisenden Verstärkers bei der Messung zurückzuführen sind. Der eigentliche Impedanzverlauf ist somit noch linearer, so dass ein zu testender Verstärker bei dieser Art der Belastung über den gesamten Frequenzbereich eine konstante Leistung abgeben muss.

Ein solch lineares Impedanzverhalten kann aber nur mit sehr induktivitätsarmen Hochlastwiderständen realisiert werden. Die hier verwendeten Spezialwiderstände sorgen vor allem dafür, dass im hochfrequenten Bereich kein Impedanzanstieg entsteht. Die von Bastlern oft verwendete Zusammenschaltung verschiedener Hochlast-Keramikwiderstände hat genau diesen Nachteil. Im Bereich ab 10 kHz beginnt die Impedanz merklich zu steigen. Dies lässt sich auch sehr einfach mit den technischen Daten der Widerstände nachvollziehen. Im Kasten rechts sind die wichtigsten technischen Daten der verwendeten Spezialwiderstände aufgelistet. Auffallend ist hier die Induktivität von nur 0,2 μH. Standard-Hochleistungswiderstände gleicher Bau-

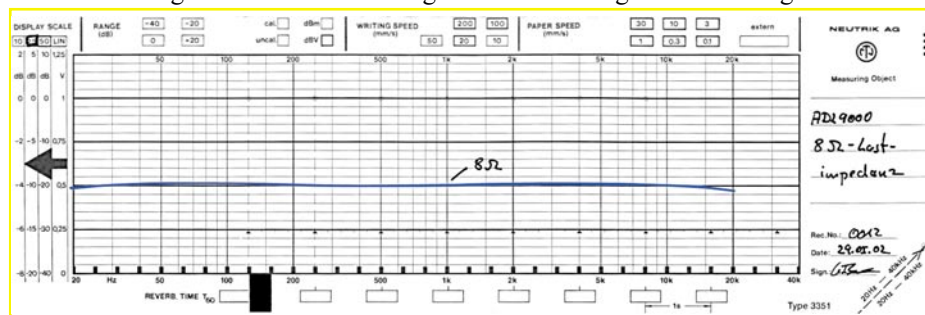


Bild 2: Impedanzverlauf des ADL 9000 im 8-W-Betriebsmode

Leistungswiderstand im Aluminiumgehäuse

Typ: NHS 50

Toleranz:	±5 %
Temperaturkoeffizient:	50 ppm/°C
Max. Verlustleistung:	
ohne Kühlkörper:	20 W
mit Kühlkörper:	50 W
Max. Widerstandstemperatur: 200 °C	
Induktivität: vom Widerstandswert abhängig, typ. 0,2 μH @ 4 Ohm	
Max. Arbeitsspannung:	
1250 V	
Abmessungen (LxBxH):	
49,1 x 29,7 x 14,8 mm	

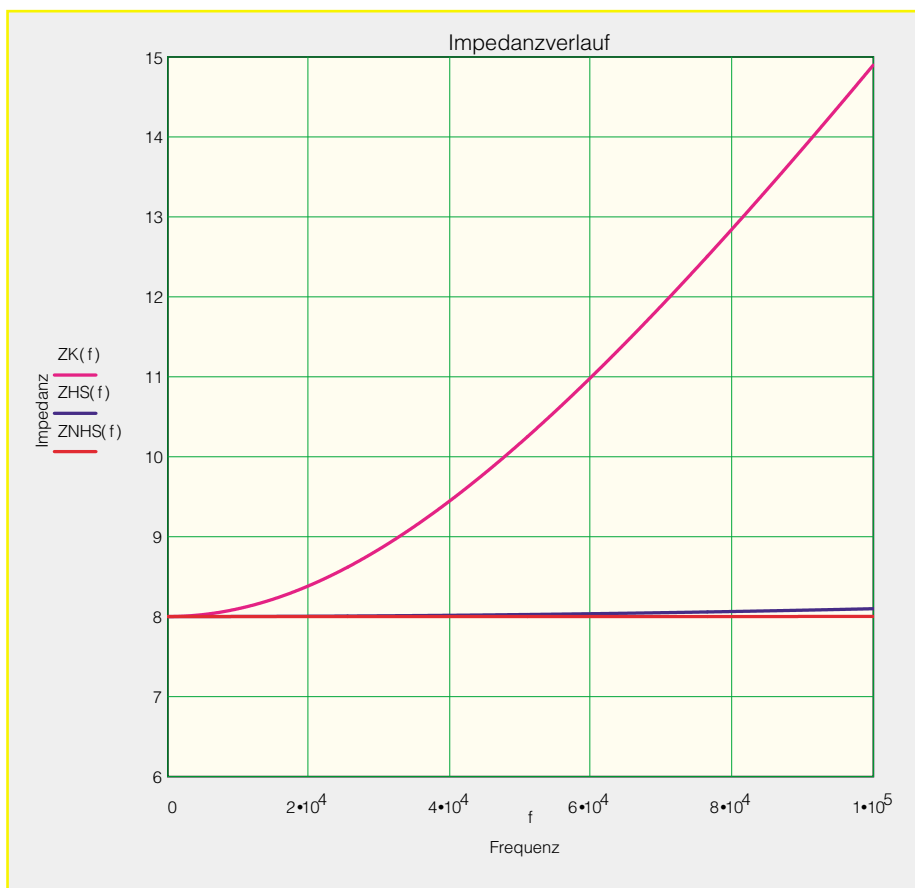


Bild 3: Impedanzverläufe verschiedener Widerstandstypen

sind. Zum einen besteht immer die Gefahr der Überlastung der Lautsprecher, mit dem zusätzlichen Risiko, dass es dann auch noch zu einer Kettenreaktion kommt: Die Überlastung zerstört den Lautsprecher und verursacht hier ggf. einen Windungsschluss in der Tauchspule. Dies bedeutet praktisch, es entsteht ein Kurzschluss am Lautsprecherausgang des Verstärkers, was u. U. zum „Abrauchen“ der Endstufe führt. Damit hat sich dann auch der Volllasttest des Verstärkers erledigt.

Neben der Überlastung der Lautsprecher ist zum anderen eine „Dauerberieselung“ mit hoher Lautstärke nervend und gesundheitsgefährdend. Hier ist eine Last, die keine Schallleistung abgibt, d. h. ein Lautsprecher-Dummy, die einzig brauchbare Lösung.

Auch bei der Reparatur und der Inbetriebnahme von Audio-Endstufen ist dies ein wichtiger Vorteil. In diesem Einsatzbereich steht aber die wesentlich höhere Robustheit im Vergleich zu einem Lautsprecher im Vordergrund. Wird eine defekte Endstufe an einem Lautsprecher betrieben, ist die Gefahr sehr groß, dass auch der Lautsprecher zerstört wird. Liegt beispielsweise aufgrund des Verstärkerdefektes eine Gleichspannung am Lautsprecherausgang an, so erfolgt nur eine einmalige Auslenkung des angeschlossenen Lautsprechers. Anschließend verharrt die Membran in diesem Zustand, so dass die gesamte zuge-

führte (Gleichstrom-)Leistung in Wärme umgesetzt wird. Je nach Lautsprecher und zugeführter Leistung kann dadurch die Spule im Magneten festbrennen. Auch der NF-Signalspannung überlagerte Gleichspannungsanteile, so wie sie bei einem falsch abgeglichenen Arbeitspunkt auftreten, können den oben beschriebenen Effekt nach sich ziehen und einen Lautsprecher zerstören.

Solche fehlerhaften Ansteuerungen mit einer zu hohen Leistung bzw. mit Gleichspannung lassen die neue ELV-Lautsprechernachbildung „kalt“. Einer ohmschen Last ist es prinzipiell egal, ob die Ansteuerung mit Gleich- oder Wechselspannung erfolgt, und eine Überlastung führt nur zu einer gesteigerten Erwärmung, die im Extremfall von der implementierten Temperaturüberwachung kontrolliert wird.

Neben der Nachbildung eines idealisierten Lautsprechers besitzt das ADL 9000 noch weitere für den Laboreinsatz nützliche Features. So ist bei allen oben aufgeführten Einsatzbereichen einer passiven Lautsprechernachbildung, die umgesetzte Leistung ein wichtiger Parameter. Daher verfügt das ELV ADL 9000 auch über einen eingebauten Leistungsmesser. Hier kann schnell und komfortabel die am Lastwiderstand umgesetzte Leistung abgelesen werden.

So lässt sich z. B. einfach prüfen, wie weit die Ausgangsleistung bei verschiede-

nen Lastimpedanzen schwankt. Dies ist ein wichtiges Kriterium bei der Beurteilung eines Verstärkers, da hiermit Rückschlüsse auf die Leistungsreserven seines Netzteiles möglich sind. Außerdem kann durch die direkte Leistungsanzeige sehr komfortabel die Leistungsbandbreite eines Verstärkers ermittelt werden.

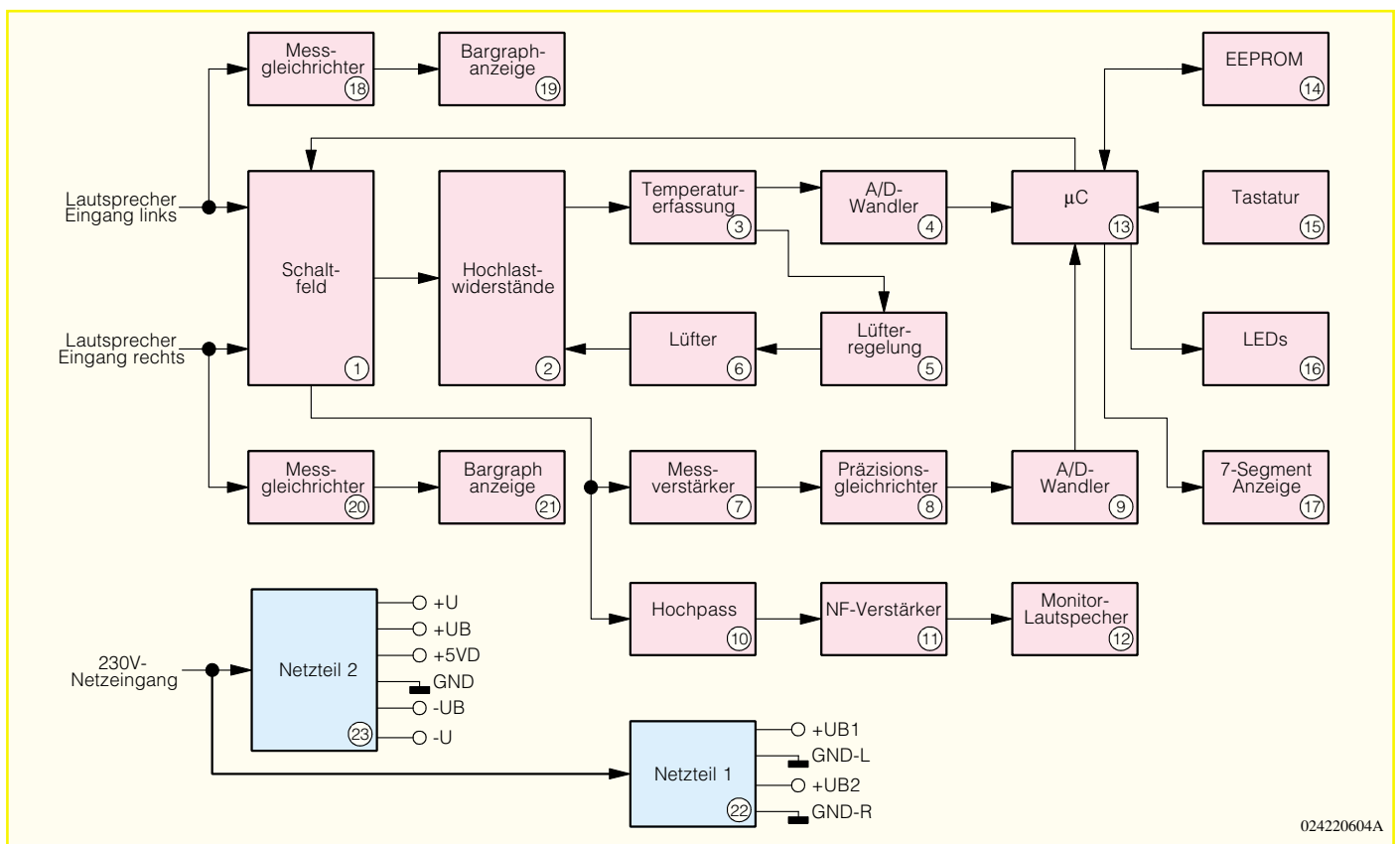
Die beiden Bargraph-Anzeigen, die unabhängig von der Leistungsanzeige des 7-Segment-Displays arbeiten, ermöglichen eine kontinuierliche und schnelle Überwachung beider Kanäle gleichzeitig. So fällt beispielsweise ein plötzlicher Leistungsabfall auf einem Kanal sofort auf.

Bei allen Tests ist es weiterhin wichtig, das an der Last anliegende Signal auch hören zu können. Dazu verfügt die ELV-Lautsprechernachbildung über einen eingebauten Monitorlautsprecher. Dieser lässt sich wahlweise auf das Signal des linken oder rechten Kanales schalten. Eine Übersteuerung des speisenden Verstärkers lässt sich so schnell erkennen und auch Übernahmeverzerrungen sind leicht zu lokalisieren.

Das ELV ADL 9000 kommt somit immer dann zum Einsatz, wenn es um den Test, die Inbetriebnahme oder die Reparatur von Audio-Endstufen geht, denn kein Techniker schließt einen ggf. defekten oder noch nicht einwandfrei abgeglichenen Verstärker an seine oftmals teuren und empfindlichen Lautsprecher an.

Blockschaltbild

Zur näheren Erläuterung der Funktionsweise und des Aufbaus ist in Abbildung 4 das Blockschaltbild dargestellt. Die wesentliche Baugruppe ist der Leistungsteil mit den Hochlast-Widerständen (2). Diese bilden die eigentliche Lautsprechernachbildung. Mit dem vorgelagerten Schaltfeld (1) werden die Lautsprechereingänge mit den entsprechend gewählten Impedanzen verschaltet, wobei hier auch die Umschaltung zwischen Stereo- und Monobetrieb erfolgt. Um die Hochlastwiderstände vor dem „Hitzetod“ zu schützen, sorgt ein temperaturgeregelter Lüfter (5) und (6) für eine entsprechende Kühlung. Die Hochlastwiderstände sind auf einem Lüfterkühlkörper-Aggregat montiert, das die maximale Verlustleistung von 200 W gut abführen kann. Sollte aufgrund einer dauerhaften Überlastung die Temperatur jedoch extrem ansteigen, so wird die integrierte Temperaturschutzschaltung aktiviert. Mittels der Temperaturerfassung (3) und des A/D-Wandlers (4) ermittelt der Mikrocontroller (13) die Kühlkörpertemperatur. Ab einem Warnwert wird der Benutzer über die Überlastung oder die mangelnde Wärmeabfuhr informiert. Steigt die Temperatur dann noch weiter an, so schaltet das



024220604A

Bild 4: Blockschaltbild des ADL 9000

Gerät die Lastwiderstände aus Sicherheitsgründen ab.

Neben der Temperaturüberwachung ist der Mikrocontroller für die Abfrage der Tasten (15) und die Ansteuerung der zu den entsprechenden Betriebsarten zugehörigen LEDs (16) zuständig. Auch die Bestimmung der zugeführten Leistung übernimmt der Controller. Hierzu wird das anliegende NF-Signal zunächst über den Messverstärker (7) und den Präzisionsgleichrichter (8) aufbereitet. Mit Hilfe des A/D-Wandlers (9) gelangt dann die Information über den anliegenden NF-Pegel zur Weiterverarbeitung in den μC . Hier findet die Leistungsberechnung statt, deren Ergebnis auf der 3-stelligen 7-Segmentanzeige (17) erscheint. Die für die Leistungsbestimmung benötigten Abgleichwerte befinden sich in dem nicht flüchtigen Speicher (14).

Die Darstellung der Leistung über die Bargraph-Anzeigen (19) und (21) erfolgt für beide Kanäle gleichzeitig, unabhängig von der Leistungsmessung via Mikrocontroller. Hier wird das NF-Eingangssignal jeweils über einen Messgleichrichter (18) und (20) aufbereitet und dann den Anzeigeeinheiten zugeführt.

Die Ansteuerung des Monitor-Lautsprechers (12) übernimmt der NF-Verstärker (11). Damit der Lautsprecher nicht von leistungsstarken niederfrequenten NF-Signalen überlastet wird, sorgt das vorgeschaltete Hochpassfilter (10) für eine entsprechende Frequenzgangkorrektur.

Um die galvanische Trennung zwischen den beiden Audio-Lastkanälen sicherstellen zu können, ist das Netzteil entsprechend aufwendig. Die beiden Bargraph-Anzeigen werden unabhängig voneinander über das Netzteil 1 (22) versorgt, während das Netzteil 2 (23) alle übrigen Schaltungsteile des Gerätes speist.

Bedienung

Einschaltzustand

Die Bedienung des Gerätes gestaltet sich aufgrund der Prozessorsteuerung recht einfach. So werden alle Tasten direkt vom Mikrocontroller abgefragt. Eine Ausnahme bildet nur der ganz links befindliche, mechanische Netzschalter mit dem sich das Gerät ein- und ausschalten lässt. Die oberhalb des Schalters angeordnete LED zeigt den Betriebszustand an.

Ist das Gerät ausgeschaltet, so sind die Lautsprecher-Eingänge offen, d. h. die NF-Eingangsklemmen sind nicht beschaltet. Dies ist besonders dann zu beachten, wenn die Last im vollen Betrieb ausgeschaltet wird. Einige Verstärkertypen (z. B. Röhrenverstärker) verlangen zwingend eine Belastung am Ausgang und könnten so durch das Abschalten des ADL 9000 beschädigt werden.

Nach dem Einschalten nimmt das Gerät seinen Grundzustand ein. Dann sind beide Kanäle im Stereobetrieb auf 8Ω eingestellt. Das Signal des linken Eingangskana-

les wird für die Messung verwendet und ist auch auf dem Monitor-Lautsprecher zu hören. Weiterhin befindet sich die Leistungsanzeige im Autorange-Modus.

Die LEDs über den Eingangsbuchsen zeigen an, welche der Buchsen in dem jeweiligen Betriebsmode als Signaleingang zu verwenden sind. Im Stereobetrieb leuchten hier alle 4, d. h. die Buchsen sind intern gemäß des Frontplattenaufdruckes beschaltet. Im Brückenbetrieb ist der linke Eingangskanal zu verwenden, entsprechend leuchten hier dann auch nur die beiden hierzu gehörenden LEDs.

Impedanzumschaltung

Die Umschaltung der Eingangsimpedanz erfolgt im Stereobetrieb für jeden Kanal separat. Die Taste unterhalb der Bargraph-Anzeige besitzt eine Togglefunktion und schaltet zwischen den als Lautsprecherimpedanz üblichen Werten von 4Ω und 8Ω um. Die zugehörigen LEDs oberhalb der Taste zeigen den aktuellen Zustand an. So ist es möglich, auf einem Kanal eine 8Ω Last einzustellen, während der andere auf 4Ω geschaltet ist. Im Brückenbetrieb sind diese Tasten ohne Funktion, denn dann erfolgt die Impedanzumschaltung mit der „Bridge“-Taste.

Leistungsmessung

Die an der Last umgesetzte Leistung wird zum einen auf den beiden Bargraph-Anzeigen dargestellt, zum anderen erfolgt

eine weitere, genauere Ermittlung über den Mikrocontroller, die aber jeweils nur für einen Kanal möglich ist. Der so bestimmte Leistungswert erscheint auf der 3-stelligen 7-Segment-Anzeige. Zu beachten ist, dass beide Leistungsanzeigen nur für rein sinusförmige Testsignale gedacht sind.

Die beiden Bargraph-Anzeigen zeigen im Stereobetrieb stets die an den Eingangsbuchsen anliegende Leistung an. Prinzipiell wird hier die anliegende Spannung gemessen und auf der in Watt eingeteilten Skala angezeigt. Aufgrund des nichtlinearen Zusammenhanges zwischen Spannung und Leistung ist auch die Skaleneinteilung nichtlinear. Weiterhin hat die Leistungsbestimmung über die anliegende Spannung zur Folge, dass für 4 Ω und für 8 Ω unterschiedliche Skaleneinteilungen notwendig sind. Daher sind die Bargraph-Anzeigen jeweils mit 2 Skalen versehen. Die jeweils innere Skala gilt für 4- Ω -Lastimpedanz, während die äußere für den 8- Ω -Betriebsmode ausgelegt ist. Die LEDs der zugehörigen Impedanzanzeige sind auch entsprechend unterhalb der dann gültigen Skala angeordnet, so dass hierüber leicht der Zusammenhang hergestellt werden kann.

Der Messbereich erstreckt sich für 8 Ohm von 3 W bis 200 W, im 4- Ω -Bereich von 6 W bis 240 W, wobei die beiden oberhalb von 240 W liegenden LEDs schon mit „OL“ für overload bezeichnet sind.

Obwohl eingespeiste Leistungen oberhalb von 100 W pro Kanal auf Dauer gesehen eine Überlastung darstellen, dürfen die einzelnen Kanäle kurzzeitig (Belastungsdauer < 2 Minuten) bis 200 W bzw. 240 W belastet werden. Hier ist dann aber zu beachten, dass die Temperaturüberwachung nach einiger Zeit ansprechen wird und vor einer Überhitzung warnt und ggf. später auch die Last abschaltet.

Eine wesentlich genauere Leistungsmessung erfolgt über die 7-Segment-Anzeige. Diese arbeitet nur für einen Kanal, d. h. es besteht die Möglichkeit zwischen einer Leistungsmessung für den rechten und den linken Kanal umzuschalten. „Channel Select“ wählt zwischen den beiden Kanälen aus, die zugehörigen LEDs „L“ und „R“ kennzeichnen den gerade aktiven Kanal. Im Brückenbetrieb ist diese Taste deaktiviert, da hier keine Umschaltung notwendig ist. Entsprechend erlischt auch die zugehörige LED.

Nach dem Umschalten zwischen den Kanälen im Stereobetrieb wird der aktuelle Messwert gelöscht und es erscheinen bis zur Ermittlung des neuen Wertes drei waagerechte Balken („---“) in der Anzeige. Der Messbereich erstreckt sich hier bis maximal 300 W, bei höheren Leistungen erscheint die Überlaufanzeige „OF“ für overflow.

Im Autorange-Mode, der durch die LED „Auto.“ gekennzeichnet ist, wird der Messbereich automatisch so gewählt, dass sich die größtmögliche Auflösung ergibt. Dies ist auch der übliche Betriebsmodus, der auch bei nahezu allen Anwendungsfällen zum Einsatz kommt. Neben dem Autorange-Mode verfügt das ADL 9000 auch noch über eine manuelle Bereichswahl. Dieser Modus kann dann sinnvoll sein, wenn stark schwankende Leistungswerte gemessen werden. Die Umschaltung zwischen den einzelnen Messbereichen erfolgt über die „Range“-Taste in folgendem Zyklus:

- 1.) Messbereich bis 9,99 W \Rightarrow
- 2.) bis 99,9 W \Rightarrow 3.) bis 300 W \Rightarrow
- 4.) Autorange \Rightarrow 5.) bis 9,99 W usw.

Die Kennzeichnung der einzelnen Bereiche geschieht durch das Verschieben des Dezimalpunktes in der Anzeige des ADL 9000. Somit verfügt das Display über vier verschiedene Anzeigemodi: bis 9,99 W, bis 99,9 W, bis 300 W und Autorange.

Brückenbetrieb

Um die maximale Verlustleistung zu erhöhen, besteht die Möglichkeit, die beiden Stereokanäle zu einem Monokanal zu brücken. Somit stehen dann maximal 200 W Dauerbelastbarkeit zur Verfügung. Eine kurzzeitige (Belastungsdauer < 2 Minuten) Überlastung mit bis zu 300 W ist aber zulässig.

In diesem Betriebsmode kann zwischen den vier verschiedenen Belastungswiderständen 2 Ω , 4 Ω , 8 Ω und 16 Ω gewählt werden. Der erste Tastendruck auf die „Bridge“-Taste aktiviert den Brückenbetrieb mit einer Last von 2 Ω . Jeder weitere Druck wählt die nächste Belastungsstufe aus. Hierbei folgt nach der 16- Ω -Stufe das Zurückschalten zum normalen Stereobetrieb. Folgender Zyklus wird durchlaufen:

- 1.) 2 Ω \Rightarrow 2.) 4 Ω \Rightarrow 3.) 8 Ω \Rightarrow
- 4.) 16 Ω \Rightarrow 5.) Stereobetrieb \Rightarrow
- 6.) 2 Ω usw.

Die entsprechend aktive Stufe wird durch die jeweilige LED gekennzeichnet. Dabei erfolgt die eigentliche hardwaremäßige Umschaltung der Impedanz erst 2 Sekunden nach dem letzten Tastendruck. So kann man beispielsweise durch 2-maliges Drücken der „Bridge“-Taste innerhalb von 2 Sekunden vom Stereobetrieb direkt den 4- Ω -Brückenbetrieb anwählen, ohne dass die 2- Ω -Impedanz aktiviert wird. Die zugehörigen LEDs werden jedoch sofort nach jeder Tastenbetätigung umgeschaltet.

Im Brückenbetrieb sind die Kanalauswahl „Channel Select“ und die Auswahl der Impedanz der einzelnen Kanäle deaktiviert. Die Leistungsmessung erfolgt dann automatisch für den Monokanal, wobei aber beide Bargraph-Anzeigen ausgeschaltet sind. Weiterhin bekommt auch der Monitorverstärker das Signal des Monokanals.

Monitorlautsprecher

Der Monitorlautsprecher dient als Mithörmöglichkeit. Hier ist immer der Kanal zu hören, der auch mittels „Channel Select“ auf den Leistungsmesser geschaltet ist. Mit dem Potentiometer „Monitor Level“ lässt sich die Lautstärke anpassen. Dabei ist zu beachten, dass die Lautstärke natürlich von der eingespeisten Leistung abhängig ist. So kommt es bei entsprechend hohen Leistungen vor, dass der Monitorlautsprecher übersteuert wird. Dies ist am extrem verzerrten Klang sofort zu erkennen. Dann muss mit dem „Monitor Level“-Regler die Lautstärke so weit zurückgeregelt werden, bis keine Verzerrungen mehr hörbar sind.

Temperaturüberwachung / -schutzschaltung

Die Temperatur des Kühlkörpers wird zum Schutz der Leistungswiderstände kontinuierlich überwacht. Die Auswertung der Temperatur erfolgt mit zwei Grenzen: der Warn-temperatur und der Abschalttemperatur. Sobald der Kühlkörper die Warn-temperatur überschritten hat, beginnt die „Temp.“-LED zu blinken. Damit wird dem Benutzer frühzeitig angezeigt, dass die Kühlkörpertemperatur stark steigt und somit das Abschalten der Belastung bevorsteht. Unter normalen Betriebsbedingungen tritt dieser Fall nicht auf, so dass entweder eine Überlastung vorliegt (mehr als 200 W Verlustleistung) oder die Luftzirkulation aufgrund von versperrten Zu- oder Abluftöffnungen behindert ist. In diesem Fall muss die eingespeiste Leistung reduziert und die freie Luftzirkulation wieder hergestellt werden.

Steigt die Temperatur jedoch noch weiter an, so wird mit Erreichen der Abschalttemperatur die Belastung komplett abgeschaltet. In diesem Betriebszustand leuchtet die „Temp.“-LED ständig und das Display gibt als Fehlermeldung „Err“ aus.

Die Lautsprecher-Eingangsbuchsen sind dann offen, d. h. ein angeschlossener Verstärker läuft im Leerlauf. Transistorendstufen sind für diesen Betriebsfall ausgelegt. Anders sieht dies bei Röhrendstufen aus, denn diese dürfen im Allgemeinen nicht (!) ohne eine angeschlossene Last betrieben werden. Hier ist besondere Vorsicht geboten und das Abschalten der Last durch rechtzeitiges Reduzieren der eingespeisten Leistung unbedingt zu verhindern.

Die Belastungswiderstände werden erst dann wieder zugeschaltet, wenn die Temperatur des Kühlkörpers bis unter die Warn-temperatur gefallen ist.

Damit ist die Beschreibung der Bedienung des ADL 9000 abgeschlossen. Im nächsten Teil des Artikels folgen dann die detaillierten Erläuterungen zur interessanten Schaltungstechnik. 