

PROFESSIONAL system

Your Hub for AV & IT Integration

6 | 2025
Dezember

Solutions Monacor PA-8125DX



Sonderdruck aus Professional System 6-2025



Monacor PA-8125DX: Kompakte 8-Kanal-Verstärker

Der PA-8125DX von Monacor vereint acht Endstufen, umfangreiche DSP-Funktionen und flexible Anschlüsse in nur einer Höheneinheit. Damit ist der kompakte 8-Kanal-Verstärker ideal für kleine bis mittlere Festinstallationen. Im Test überzeugt er mit starken Messwerten und einfacher Bedienung.

Text: Anselm Goertz | Bilder: Anselm Goertz

D Monacor bietet in seinem Portfolio eine Vielzahl von Lautsprechern unterschiedlichster Bauart an. Zum überwiegenden Teil handelt es sich dabei um typische Installationsware, wie sie in unzähligen Stadt- und Sporthallen, Schulen oder Gemeindezentren verbaut wird. All diese Anlagen benötigen auch eine Zentralentechnik, die die Signale von diversen Quellen entgegennimmt, verwaltet und an die Lautsprecher weiterleitet. Wo man früher dazu eine Reihe von Einzelgeräten samt der zugehörigen Verkabelung benötigte, geht das heute dank digitaler Signalverarbeitung und moderner Class-D-Verstärker deutlich kompakter und auch günstiger. An dieser Stelle setzt auch die neue Multifunktions-Verstärkerserie von Monacor an.

Aktuell gibt es in der als DX bezeichneten Baureihe drei vierkanalige und einen achtkanaligen Verstärker. Der PA-8125DX, der Gegenstand dieses Testberichtes ist, verfügt über acht Endstufenkanäle à 125 W, acht analoge und zwei digitale Eingänge sowie ein sehr leistungsfähiges DSP-System. Das alles steckt in einem 19" 1HE-Gerät, mit dem sich für viele Anwendungen schon die komplette Zentralen- oder auch Unterzentralentechnik aufbauen lässt. Bei den vierkanaligen Geräten gibt es zwei Modelle

mit 4 x 125 W, die im schlanken 9,5" Format daherkommen und ein kräftigeres Modell mit 4 x 500 W im 2HE 19"-Gehäuse.

In der Zubehörliste der DX-Baureihe findet sich neben diversen Montagesets auch ein Wandmodul, das in einer normalen Wanddose eingebaut und über PoE mit Strom versorgt werden kann. Ein vom Inhalt definierbarer kleiner Bildschirm und ein Inkrementalgeber ermöglichen es so, lokale Bedienmöglichkeiten zu schaffen, zum Beispiel für die Auswahl der Quelle oder die Lautstärkereinstellung in einem Raum.

Eine Höheneinheit für acht Kanäle

Wenn man sich den PA-8125DX einmal näher anschaut, dann ist, wie so oft, die Vorderseite eher unspektakulär. Hier gibt es lediglich fünf LEDs, die über den Betriebszustand, Eingangs- und Ausgangssignal sowie die Netzwerkverbindung informieren. Deutlich informativer ist dagegen die Rückseite.

Der Anschluss der jeweils acht Ein- und Ausgänge erfolgt über Euro-Block-Klemmen. Zusätzlich gibt es für die Eingänge noch die Möglichkeit, die Signale auch unsymmetrisch über Chinch-Buchsen einzuspielen. Signale im di-



gitalen S/PDIF Format können ebenfalls eingespielt werden, jedoch nur mit maximal zwei Kanälen. Ein S/PDIF-Ausgang stellt zweikanalig das Signal der Zonen A und B aus der internen Matrix für weitere Verstärker zur Verfügung. Über acht GPIO-Pins, ebenfalls auf Euro-Block-Anschlüssen, kann der Verstärker ein- und ausgeschaltet werden, in den Standby-Modus versetzt oder gemutet werden.

Ebenfalls über die GPIO-Pins ist es möglich, für bis zu vier Zonen individuell mit einer Steuerspannung von 0 bis 3,3 V eine Volume-Einstellung vorzunehmen. Die 3,3 V werden vom Verstärker zur Verfügung gestellt, so dass man im einfachsten Fall nur ein Kästchen mit einem passenden Poti anschließen muss. Links neben den GPIO-Anschlüssen erkennt man die kleine WLAN-Antenne für den eigenen Access-Point und eine Netzwerkbuchse zur Konfiguration des Gerätes. Näheres hierzu an späterer Stelle. Im zugehörigen Quick Start Guide befindet sich in der Zeichnung der Geräterückseite darunter noch eine zweite Netzwerkbuchse für eine zukünftige Version des PA-8125DX mit Dante-Interface.

U-PRO2S Endstufen

Wirft man einen Blick ins aufgeräumte Innere des PA-8125DX, dann finden sich hier vier zweikanalige Pascal Audio U-PRO2S Verstärkermodule, die DSP-Platine und noch einige periphere Platinen, die die Anschlüsse in der Rückwand, die 230 V Verteilung und die LEDs auf der Frontseite tragen. Dass die Technik im PA-8125DX von Pascal Audio stammt ist kein Geheimnis und wird ganz im Gegenteil bei Monacor offen als Qualitätskriterium herausgestellt.

Die vier U-PRO2S Module agieren unabhängig voneinander und werden jeweils über ein eigenes Netzteil versorgt, so dass man es eigentlich mit vier zweikanaligen Verstärkern in einem Gehäuse zu tun hat. Die maximale Ausgangsleistung pro Modul wird mit 280 W angegeben, die sich frei auf die beiden Kanäle aufteilen können. Das bedeutet, wenn nur ein Kanal belastet wird, kann dieser auch die vollen 280 W an 4 Ω bzw. 245 W an 8 Ω liefern. Werden beide Kanäle gleich belastet, dann teilt sich die maximale Leistung entsprechend auf. Die maximale Ausgangsspannung der einzelnen Verstärkerkanäle ohne Last

wird mit 70 Vpk angegeben. Für den Einsatz in einem 100 V System müssen daher zwei Kanäle in Brückenschaltung betrieben werden. Die Umschaltung erfolgt über die zugehörige Software.

Messwerte

Die ersten Messwerte befassen sich zunächst noch nur mit dem Verstärker, ohne näher auf die Funktionen des DSPs einzugehen. Die Messreihe beginnt, ähnlich wie bei Lautsprechern, mit dem Frequenzgang. Hier allerdings weniger um den Frequenzgang als solches zu beurteilen, der ja in der Regel völlig gerade ist, sondern um die Verstärkung sowie mögliche Hoch- und Tiefpassfilter im Signalweg zu erfassen. Misst man den Frequenzgang mit verschiedenen Lastwiderständen, dann lassen sich daraus zusätzlich auch noch die Lastabhängigkeit und der Dämpfungsfaktor ermitteln.

Abb. 01 zeigt die Frequenzgänge des PA-8125DX für Lasten von 2, 4, 8 und 16 Ω sowie für den Leerlauf ohne Last. Die Kurven unterscheiden sich mit Ausnahmen der 2 Ω Belastung nur geringfügig. Das Gain beträgt 21,2 dB und die Eckfrequenzen liegen am unteren Ende knapp unter 10 Hz und am oberen Ende bei ca. 23 kHz. Letzteres bedingt durch die Abtastrate des DSP-Systems von 48 kHz. Die beiden um 3 dB nach unten versetzten Kurven zeigen die Frequenzgänge gemessen mit typischen Lautsprecherimpedanzen für ein 8 Ω und ein 4 Ω System. Der Impedanzverlauf der Lautsprecher spiegelt sich bei dieser Messung ansatzweise erkennbar im Frequenzgang wider. Die dadurch entstehenden Schwankungen im Frequenzgang liegen jedoch in einer vernachlässigbaren Größenordnung von $\pm 0,2$ dB.

Aus den Kurven im Leerlauf und an einer 8 Ω Last ergeben sich auch die Kurven für den Dämpfungsfaktor aus Abb. 02. Die etwas unterschiedlichen Werte für die beiden exemplarisch gemessenen Kanäle können sich schon durch kleine Kontaktwiderstände an den Lautsprecherklemmen ergeben und sind in der Praxis nicht weiter relevant. Mit Werten von 100 und mehr unterhalb von 5 kHz ist der Dämpfungsfaktor für alle Anwendung mehr als hinreichend. Auch bei 20 kHz wird noch ein Wert von 30 erreicht, so dass auch die Hochtonsysteme und deren →

Frontansicht des PA-8125DX mit LEDs auf der linken Seite für die wichtigsten Zustände des Verstärkers.



Filter noch einen hinreichend kleinen Innenwiderstand der Quelle (hier die Endstufe) sehen.

Für die analogen Eingänge des PA-8125DX besteht die Möglichkeit, die Eingangsempfindlichkeit individuell per

Software einzustellen. Zur Auswahl stehen +14 dBu, +4 dBu, -10 dBV und die Einstellung Mic. Die jeweilige Clip-Grenzen liegen mit +24 dBu, +12 dBu, +1,8 dBV und +2 dBu deutlich höher und berücksichtigen somit einen gewissen Headroom für Signalspitzen. In der Einstellung Mic können auch Mikrofone direkt angeschlossen werden. Eine Phantomspeisung steht jedoch nicht zu Verfügung, so dass nur dynamische Mikrofone oder Mikrofone mit eigener Speisung zum Einsatz kommen können.

Abhängig von der Gain-Einstellung (Abb. 03) ändert sich auch der Störpegel am Ausgang. Abb. 04 zeigt die Messungen dazu für die vier Gain Einstellungen. Die drei Stufen für höhere Pegel von +14 dB bis -10 dBV wirken sich im Störpegelniveau nur geringfügig aus. Erst in der Einstellung MIC steigt der Störpegel um 10 dB an, obwohl sich die Clip-Grenze nur um 2 dB nach unten verschiebt. Das legt die Vermutung nahe, dass das zusätzliche Gain von 12 dB hier primär auf der digitalen Seite eingestellt wird. Für einfache Aufgaben, etwa um eine Sprechstelle anzuschließen, ist der Störabstand ausreichend groß.

Eine weitere schnelle Messung bei Class-D-Verstärkern betrifft die FFT-Analyse des Ausgangssignals mit einer

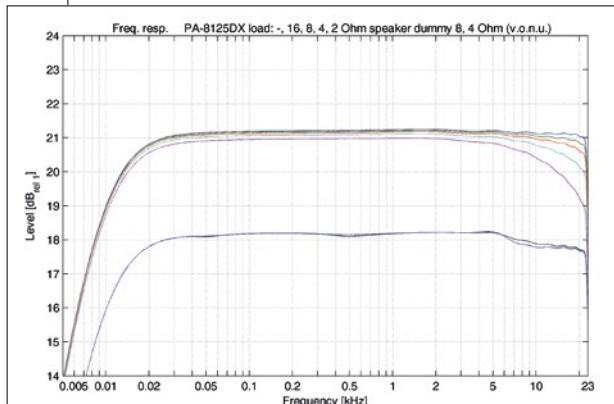


Abb. 01: Frequenzgänge gemessen bei Leerlauf und mit verschiedenen Lasten von 16, 8, 4 und 2 Ω und bei Leerlauf. Die beiden unteren Kurven sind zur besseren Übersicht um 3 dB nach unten verschoben und stellen den Verlauf mit nachgebildeten Lautsprechern mit 8 Ω und 4 Ω Nennimpedanz dar.

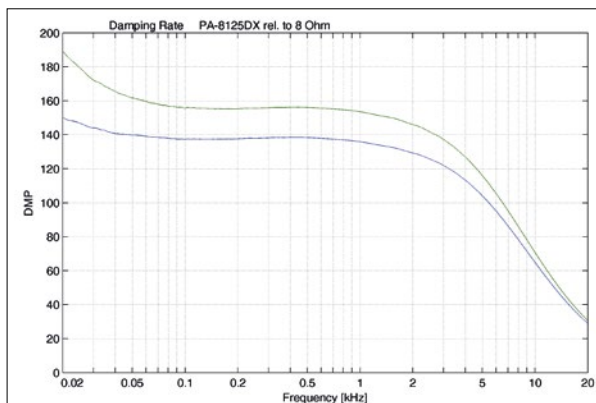


Abb. 02: Dämpfungsfaktor exemplarisch für zwei Kanäle gemessen, bezogen auf eine 8 Ω Last. Die leicht unterschiedlichen Werte können sich schon durch kleine Kontaktwiderstände an den Lautsprecherklemmen ergeben.

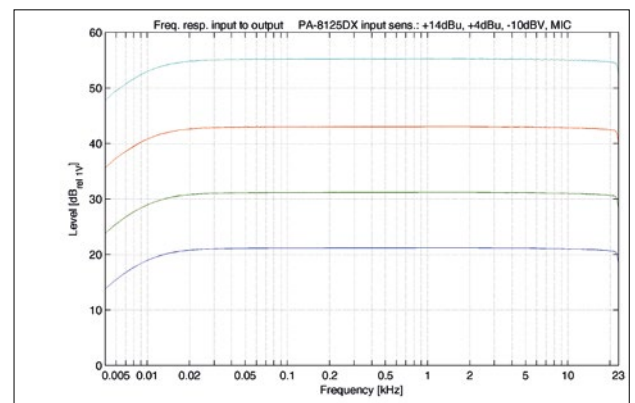


Abb. 03: Frequenzgänge und Gain in Abhängigkeit von der gewählten Eingangsempfindlichkeit. Mögliche Einstellungen sind +14 dBu, +4 dBu, -10 dBV und Mic. (v.u.n.o.) Das Gain vom Eingang zum Ausgang der Endstufe beträgt dann 21,1 dB, 31,3 dB, 43,1 dB oder 55,4 dB.



sehr hohen Abtastrate. Abb. 05 zeigt eine solche Messung mit einer Abtastrate von 2,5 MHz, dem höchsten Wert, der mit einem APx555 möglich ist. Bei dieser Art der Messung werden sowohl die Class-D-Schaltfrequenz wie auch mögliche Störungen innerhalb und auch außerhalb des Audiofrequenzbereiches sichtbar. Für die Messung in Abb. 05 wurde zusätzlich ein 1-kHz-Nutzsignal eingespeist. Die Amplitude des Nutzsignals am Ausgang betrug bei dieser Messung 3 V. Gut zu erkennen ist die PWM-Schaltfrequenz bei circa 480 kHz mit einer Spannung von 300 mV und deren ganzzahligen Vielfachen knapp unter der Messgrenze bei 1 MHz. Alle anderen Störanteile liegen 60 dB und mehr darunter und haben keine weitere Bedeutung.

Der an den Ausgängen des PA-8125DX zu messende Störpegel im Frequenzbereich bis 20 kHz beträgt 71 dBu unbewertet und -73 dBu mit A-Bewertung. Das FFT-Spektrum des Störsignals in Abb. 06 zeigt dazu nur gleich verteiltes Rauschen ohne monofrequente Anteile. Setzt man dazu die maximale Ausgangsspannung mit einer üblichen Last von 4 Ω oder 8 Ω von ca. 63 V_{pk} in Relation, dann ergibt sich daraus ein S/N (Störabstand) von guten 108,2

dB mit A-Bewertung. Bei Nutzung der digitalen Eingänge verbessert sich der Wert nochmals um 6 dB.

Verzerrungswerte

Drei weitere Messungen beschäftigen sich mit dem Verzerrungsverhalten des Verstärkers. Abb. 07 zeigt dazu die THD+N-Werte in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung, gemessen bei Frequenzen von 100 Hz, 1 kHz und 6,3 kHz für eine Belastung mit 2x 8 Ω an zwei Kanälen eines Moduls. Diese und die folgenden Messungen erfolgen immer nur an einem der vier zweikanaligen Module, da diese völlig unabhängig voneinander jeweils mit einem eigenen Netzteil arbeiten, so dass es keinen Unterschied zu einer Messung gäbe, bei der alle acht Kanäle gleichzeitig arbeiten.

Die Kurven aus Abb. 07 liegen bei 100 Hz und 1 kHz in einer Größenordnung von -80 dB (=0,01%) und steigen erst einige dB unterhalb der Clip-Grenze leicht an auf -70 dB. Lediglich bei 6,3 kHz liegen die THD+N Werte mit -70 dB etwas höher, aber immer noch in einem unabhängig vom Verstärkertyp guten Bereich.

Das Klirrspektrum aus Abb. 08 bestätigt die guten →

Rückseite mit Ein- und Ausgängen auf Euro-Block-Anschlüssen. Digitale Ein- und Ausgänge nutzen das S/P-DIF-Format. Der Netzwerkanschluss dient zur Konfiguration und Bedienung, nicht zur Übertragung von Audiosignalen.

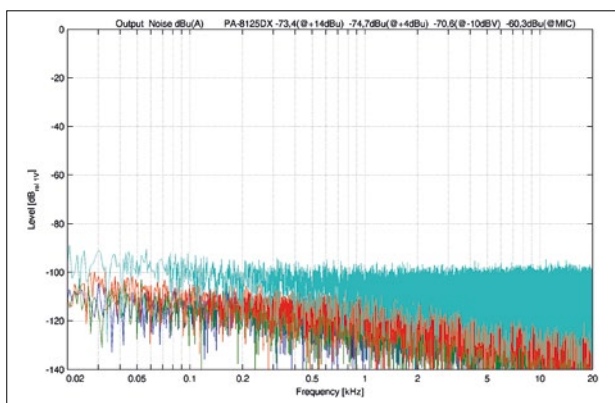


Abb. 04: FFT des Störsignals exemplarisch gemessen für Input Ch1 in den Sensitivity-Einstellungen +14 dBu, +4 dBu, -10 dBV und MIC. Messungen jeweils für einen aktiven Eingang

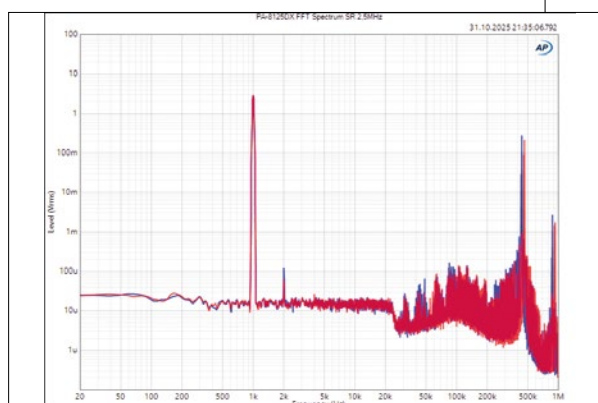


Abb. 05: FFT-Spektrum des Ausgangssignals gemessen mit 2,5 MHz Samplerate. Bei 1 kHz erkennt man das Nutzsignal. Reste der PWM-Schaltfrequenz finden sich bei circa 450 kHz und den ganzzahligen Vielfachen.

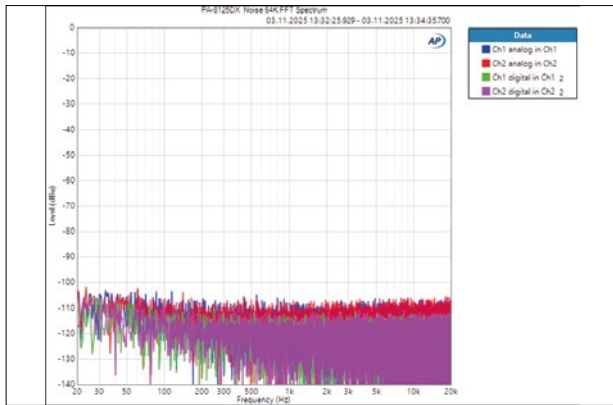


Abb. 06: FFT des Störsignals exemplarisch gemessen an den Ausgängen Ch1/2 des PA-8125DX. Der Störpegel beträgt bei Nutzung der analogen Eingänge mit +14 dBu Sensitivity -71 dBu bzw. -73,2 dBu mit A-Bewertung. Dem gegenüber steht eine maximale Ausgangsspannung von 63 Vpk. Daraus berechnet sich ein guter S/N von 108,2 dB mit A-Bewertung. Bei Nutzung der digitalen Eingänge verbessert sich der Wert nochmals um 6 dB (siehe Legende).

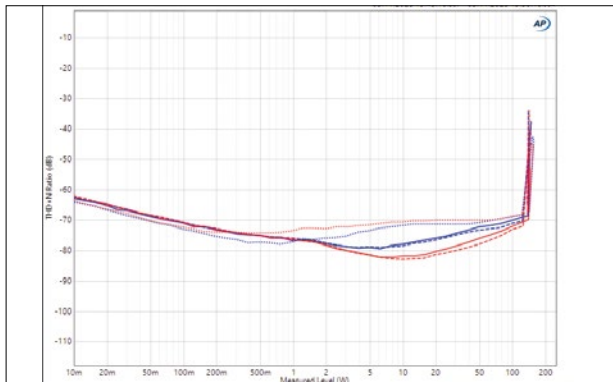


Abb. 07: Verzerrungen (THD+N) in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung (x-Achse in W) an einer 2x 8 Ω Last. Messungen bei 100 Hz (- - -), 1 kHz (___) und 6,3 kHz (---).

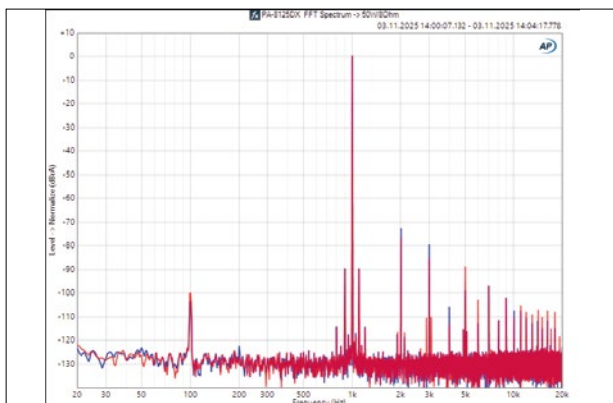


Abb. 08: Klirrspektrum exemplarisch für Ch1 und Ch2 bei 2x 50 W Leistung an einer 2x 8 Ω Last. Alle Verzerrungskomponenten liegen unterhalb von -72 dB (0,025%) und sind somit völlig unkritisch.

Eigenschaften. Ebenfalls gemessen an einer Last mit 8 Ω pro Kanal liegen alle Verzerrungskomponenten unterhalb von -72 dB (0,025%) und sind somit unkritisch. Verzerrungsanteile höherer Ordnung fallen zudem zügig ab, was insbesondere unter dem Aspekt der Wahrnehmungen von Verzerrungen wichtig ist. Je weiter eine Verzerrungskomponente von der Grundwelle entfernt ist, umso weniger wird sie maskiert und umso besser wäre sie hörbar.

Im Weiteren wurden für Lasten von 8 Ω und 4 Ω die transienten Intermodulationsverzerrungen (Abb. 09) gemessen. Auch hier zeigen sich gute Werte mit einem insgesamt gleichmäßigen Verlauf. Die Sprünge in den Kurven für die 8 Ω Messungen oberhalb von +10 dBu-Eingangspiegel entstehen durch den Einsatz des Clip-Limiters. Bei der Messung mit einer 4 Ω Last greift bereits vorher ein RMS-Limiter, so dass der Clip-Limiter nicht eingreifen muss.

Das DSP-System

Das DSP-System im PA-8125DX bietet einen riesigen Funktionsumfang, der vermutlich für fast alle typischen Einsatzzwecke die passenden Funktionen bereithält. Bei einer solchen Aussage stellt sich dann aber unweigerlich auch die Frage, ist das noch gut und intuitiv bedienbar, so dass auch man auch beim Erstkontakt mit dem Gerät als Installateur damit klar kommt? Die Antwort ist eindeutig ja. Die komplette Bedienung des PA-8125DX erfolgt über das im Gerät hinterlegte Web-Interface, das sich mit jedem üblichen Browser ansprechen lässt.

Hat man sich mit dem Web-Interface entweder über den ebenfalls integrierten WLAN-Access-Point oder den Netzwerkanschluss einmal verbunden, dann stehen sämtliche Funktionen zur Bedienung zur Verfügung. Die Oberfläche ist dabei so gestaltet, dass unabhängig vom Gerät (Tablet, Smartphone, etc.) der Überblick immer gut erhalten bleibt und man sich ohne weitere Hilfe intuitiv zu recht findet.

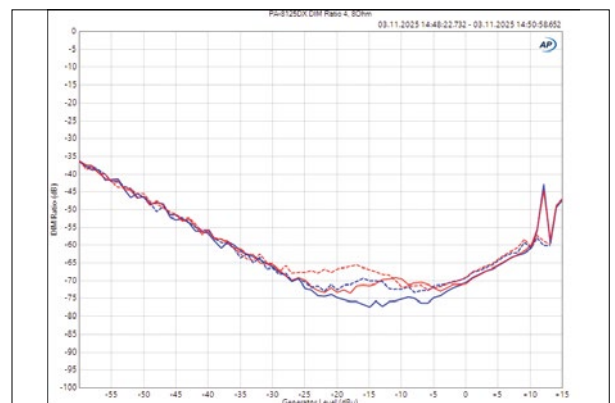


Abb. 09: Transient Intermodulationsverzerrungen (DIM100) in Abhängigkeit vom Eingangspegel gemessen an einer 2x 8 Ω (___) und an einer 2x 4 Ω (- - -) Last.

Abb. 10 zeigt dazu ein Blockschaltbild des Signal-Routings und Processings. Über die Input Selection können die acht analogen und zwei digitalen Eingänge entweder direkt oder über einen der acht Mixer den Zonen A bis H zugeordnet werden. Mit den acht Mixern lassen sich acht beliebige Subgruppen bilden. Jede Zone verfügt im weiteren Verlauf über einen Pegelsteller und einen Compressor. Letzteres ist vor allem dann wichtig, wenn Signale mit großen Pegelschwankungen, zum Beispiel von Mikrofonen, zu erwarten sind. Neben dem „normalen“ Primary Input kann für die Zonen auch noch ein Priority Input zum Beispiel für wichtige Durchsagen ausgewählt werden. Dieser hat Vorrang vor dem Primary und kann diesen entweder komplett unterdrücken oder über einen Ducker im Pegel reduzieren. Für beide Varianten können auch noch diverse Parameter eingestellt werden, auf die hier näher einzugehen jedoch zu umfangreich wäre.

In der darauffolgenden Output-Matrix können die Zonen A bis H dann den Ausgangswegen 1 bis 8 frei zugeordnet werden. Es folgen Gain, Delay und ein voll parametrischer EQ mit zehn Bändern. Die Signale der Zonen A und B liegen zusätzlich noch am S/PDIF-Ausgang in digitaler Form an und können so auch verlustfrei zum S/PDIF-Eingang weiterer Verstärker übertragen werden.

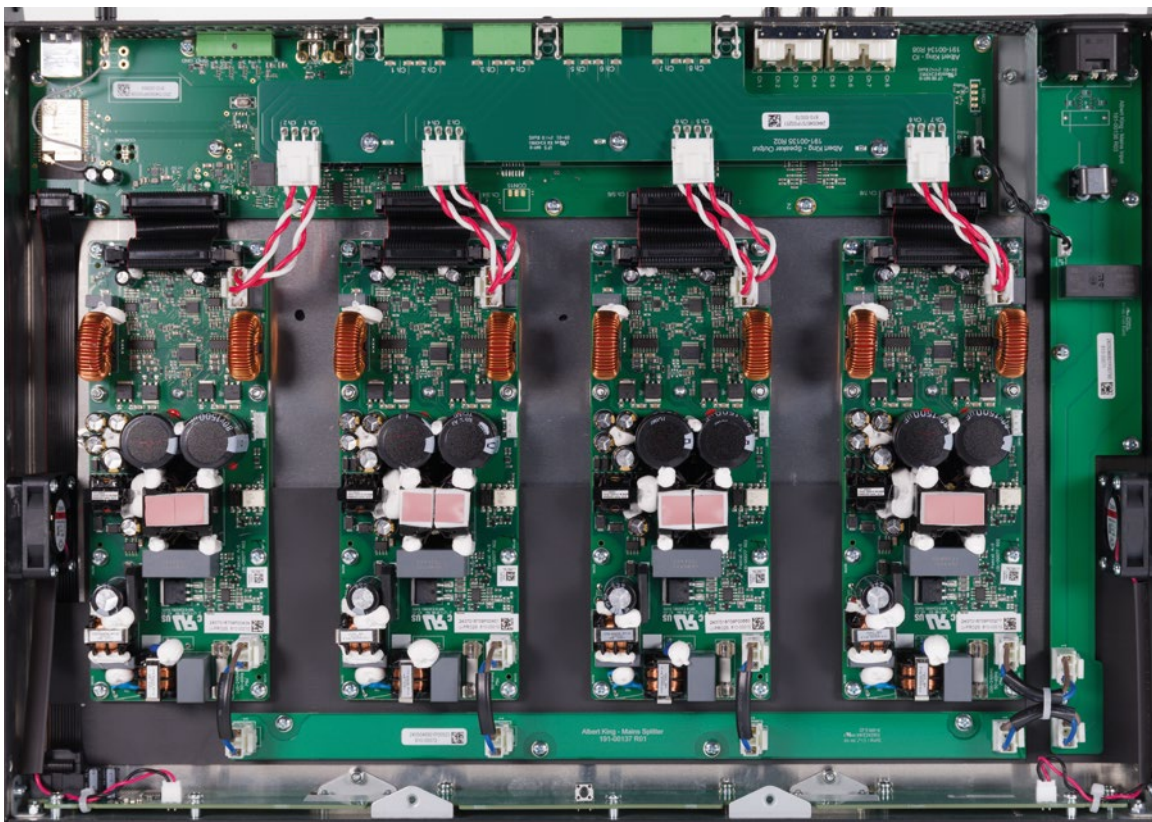
Speaker Processing

Der sich daran anschließenden Block mit signalverarbei-

tenden Elementen wird mit „Speaker Preset“ bezeichnet und enthält mit X-Over, EQ, FIR-Filter, Delay, Polarity und Limiter alle notwendigen Funktionen für ein typisches Lautsprecher-Controller Setup. Für den kompletten Block können entweder eigene Speaker-Presets erstellt oder vorgefertigte aus einer Bibliothek geladen werden (Abb. 11).

Die X-Over-Funktion ermöglicht Butterworth-Filter mit 6 bis 48 dB/Oct Steilheit, Linkwitz-Riley-Filter mit 12 bis 48 dB/Oct und auch Bessel-Filter mit 12 bis 48 dB/Oct. Den X-Over-Filtern folgt eine EQ-Bank mit 15 voll parametrischen Filtern und ein FIR-Filter mit maximal 512 Taps. Beide Arten von Filter können zur Entzerrung des Frequenzganges der Lautsprecher eingesetzt werden. Abb. 12 bis Abb. 16 zeigen dazu ein Beispiel anhand des Lautsprechers ETS-515 von Monacor, wie sich Filterfunktionen mit Hilfe der klassischen IIR-Filter oder mit FIR-Filtern bzw. einer Kombination aus beidem erstellen lassen. Die Koeffizienten des FIR-Filter können dazu in einfacher Weise als CSV- oder TXT-File geladen werden. Für die Berechnung von FIR-Filter gibt es einige kostenlose Tools im Internet, mit deren Hilfe man mehr oder weniger komplexe Filterfunktionen festlegen und als FIR-Filter umsetzen kann.

Sehen wir uns dazu das Beispiel des ETS-515 an. Abb. 14 zeigt den Frequenzgang des Lautsprechers in drei Varianten. Wir betrachten zunächst nur die rote Kurve für den ungefilterten Lautsprecher. Mit etwas Erfahrung lässt sich daraus bereits eine einfache Filterung mit IIR-Fil- →



Innenansicht des PA-8125DX mit vier zweikanaligen Pascal Audio U-PRO2S Verstärkermodulen. Die Kühlung erfolgt über zwei an den Seiten angebrachte kleine Lüfter.

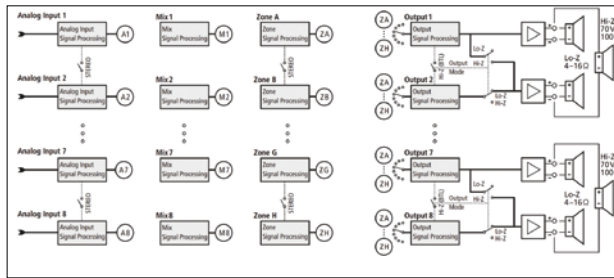


Abb. 10: Blockschaltbild des DSP-Systems im PA-8125DX.

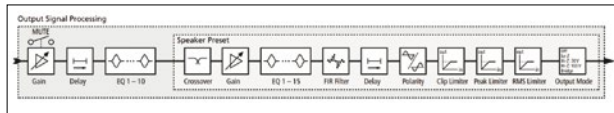


Abb. 11: Signalverarbeitung im Speaker-Preset des PA-8125DX. Hier erfolgt auch die Auswahl für den Low-Z oder 70/100V Modus der Endstufenmodule.

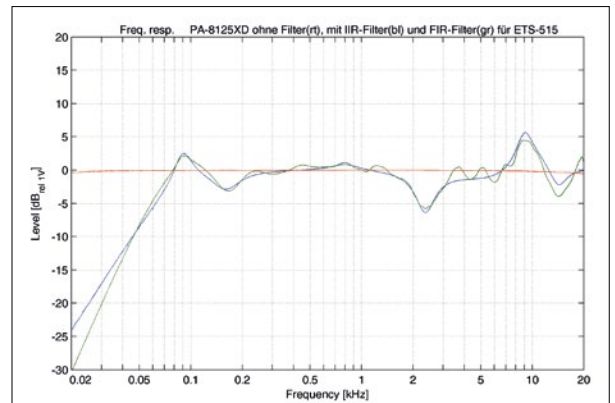


Abb. 12: Frequenzgänge des PA-8125DX ohne Filter(rt), mit einem IIR-Filter Set(bl) und mit einem FIR-Filter Set(gr) jeweils für den Lautsprecher Typ ETS-515 von Monacor.

ter ableiten. Die wichtigste Korrektur wäre es, den Peak bei 2,4 kHz zu kompensieren. Im nächsten Schritt könnte eine Anpassung am unteren Ende des Übertragungsbereiches erfolgen, wo man zunächst die 160 Hz Überhöhung etwas eindämmen und dann je nach Einsatz mit oder ohne Subwoofer den Verlauf nach unten noch etwas erweitern würde. Wie weit man im oberen Frequenzbereich noch eingreift, ist Geschmackssache. Abb. 13 zeigt dazu eine schon etwas detailliertere Einstellung mit insgesamt acht IIR-Filtern, wie man sie in der Bedienoberfläche des PA-8125X vornehmen kann. Die gemessenen Filterkurve und das damit erzielte schöne Ergebnis finden sich als blaue Kurven in Abb. 12 und Abb. 14.

Neben den Filtern zur Verbesserung des Frequenzganges kommt hier auch noch ein Hochpassfilter 2.Ordnung zum Einsatz, um den Lautsprecher vor tieffrequenten Signalanteilen zu schützen. Bei Beschallungslautsprechern, die oft hoch belastet oder auch überlastet werden, sollte man immer einen passendes Hochpassfilter setzen, um den Lautsprecher vor Beschädigung zu schützen und unnötige Verzerrungen zu vermeiden. Eine Orientierung für die Eckfrequenz des Hochpassfilters bietet die untere Eckfrequenz des Lautsprechers ohne Filter, die hier bei circa 80 Hz liegt.

Möchte man FIR-Filter einsetzen, dann gilt es zunächst, einige Aspekte zu bedenken. Wie berechne ich die Koeffizienten des FIR-Filters, welche Latenz geht damit einher und welche Vorzüge können mir FIR- gegenüber den IIR-Filtern bieten? Die Vorzüge sind schnell erklärt. Die Filterung kann mit mehr Details erfolgen und man kann nicht nur den Amplitudenverlauf, sondern auch den Phasenverlauf des Lautsprechers korrigieren. Beides gelingt mehr oder weniger gut, was zum einen durch die Länge des Filters begrenzt wird und auch von den Fähigkeiten der zur Berechnung eingesetzten Software abhängt. Für den Beispiellautsprecher wurde ein FIR-Filter mit der maximal möglichen Länge von 512 Taps eingesetzt, wodurch eine

zusätzliche Latenz von 5,3 ms entsteht. Ein solcher Wert sollte für alle Arten der Anwendung unkritisch sein und er entspricht der Laufzeit des Schalls für eine Distanz von 1,81 m. Die Filterfunktion und das damit erzielte Ergebnis findet sich wiederum in Abb. 12 und Abb. 14, dieses Mal jedoch als grüne Kurven.

Zusätzlich zu den Amplitudenverläufen sind in Abb. 15 noch die Phasengänge des Lautsprechers in den drei Varianten dargestellt. Wie man gut erkennt, erreicht man mit der FIR-Filterung oberhalb von 100 Hz einen weitgehend linearen Phasenverlauf. Am unteren Ende des Übertragungsbereiches gelingt die Korrektur nicht mehr und für die gewünschte Hochpassfilterung muss noch ein IIR-Filter hinzugenommen werden. Die Quintessenz lautet somit, IIR-Filter sind mit einfach Mitteln oder Messgeräten schnell und einfach einzustellen und effektiv. FIR-Filter sind dagegen eher ein Expertenthema und daher nur etwas für experimentierfreudige Anwendern oder besser noch für den Lautsprecherhersteller, der die Filter direkt als fertiges Setup zu den Lautsprechern mitliefert.

Der gesamte Block des Speaker-Processings mit allen Parametern kann als Speaker-Preset abgespeichert werden. Welche Werte darin enthalten sind und ob diese veränderbar oder geschützt sein sollen, lässt sich in der Export-Funktion bestimmen. Dem Anwender und natürlich auch den Lautsprecherherstellern stehen somit alle Funktionen zur Verfügung, um komplexe Lautsprecher-Controller-Funktionen zu erstellen

Limitier

Die letzte Funktion vor der eigentlichen Endstufe ist der Limiter. Auch hier hat man an alles Notwendige gedacht. Es gibt einen Peak-Limiter und einen RMS-Limiter, die beide unabhängig voneinander parametrierbar sind. Für einen wirksamen Schutz der Lautsprecher ist die Kombination beider Limiter unumgänglich, da die RMS- und Peak-

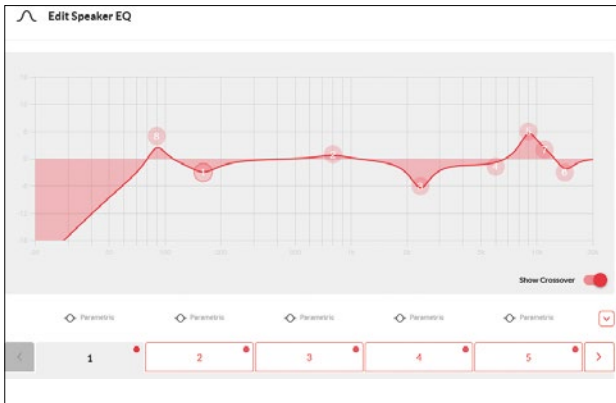


Abb. 13: Einstellung der IIR-Filterbank im Speaker Processing Block. Neben den Filterparametern wird auch der Verlauf der Filterkurve dargestellt.

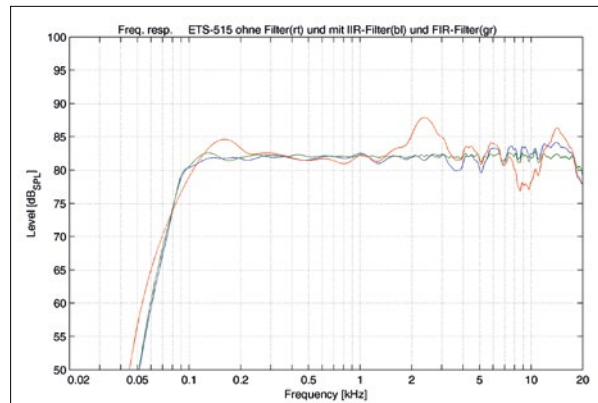


Abb. 14: Frequenzgänge der ETS-515 ohne Filter(rt), mit einem IIR-Filter Set(bl) und mit einem FIR-Filter Set(gr).

Belastbarkeit in der Regel weit auseinander liegen, was sich mit nur einem Limiter nicht darstellen lässt. Würde man diesen auf den Peakwert einstellen, dann wäre der Lautsprecher zum Beispiel bei einer Rückkopplung durch thermische Überlastung akut gefährdet. Umgekehrt würden Signalspitzen zu früh begrenzt, wenn man die RMS-Belastbarkeit als Maßstab für den Peak-Limiter nimmt.

Neben diesen beiden auf den Lautsprecher bezogenen Limitern gibt es auch noch den Clip-Limiter für die Endstufe, die eine Übersteuerung und die dadurch entstehenden unschönen Verzerrungen verhindert. Der Clip-Limiter steht default auf 63 Vpk.

Zu den Limitern wurden einige Messungen durchgeführt, bei denen ein 10 s langes Sinussignal mit einem +20 dB Pegelsprung von 1 s bis 5 s eingesetzt wurde. Abb. 16 zeigt dazu ein Beispiel, bei dem der Peak-Limiter mit einer sehr kurzen Attack-Zeit auf einen Schwellwert von 40 Vpk eingestellt war und der RMS-Limiter mit einer langen Attack-Zeit auf 14 Vrms. Der Peak-Limiter greift sehr schnell und lässt nur noch eine kurze Spitze zu Beginn durch. Danach wird auf einen Peak-Wert von 40 Vpk begrenzt. Eine knappe Sekunde später greift dann auch der RMS-Limiter und regelt auf 20 Vpk bzw. 14 Vrms ab. Am Ende des Bursts öffnet der RMS-Limiter wieder mit einer Hold-Zeit von 1 s und einer Release-Zeit von 3 s. Alle Werte sind für beide Limiter frei einstellbar.

Leistungswerte

Die Leistungsmessungen für den PA-8125DX erfolgten im Low-Z Modus für Lasten von 4 Ω und 8 Ω sowie im 100 V Modus. Wird im Low-Z Modus nur ein Kanal der jeweils zweikanaligen Verstärkermodule belastet, dann steht hier eine deutlich höhere Leistung zur Verfügung, da die Limitierung primär durch das Netzteil erfolgt.

Die Diagramme zeigen die Leistungswerte für den zweikanaligen Betrieb mit Lasten von 8 Ω (Abb. 17) und von 4

Ω (Abb. 18). Um vergleichbar mit den Herstellerdaten zu sein, führen wir eine Reihe verschiedener Messungen nach unterschiedlichen Normen durch.

Im Detail werden folgende Werte bestimmt:

- die Impulsleistung für eine 1 ms dauernde einzelne Periode eines 1 kHz Sinussignals
- die Sinusleistung bei einem konstant anliegenden 1 kHz Sinussignal nach einer Sekunde, nach zehn Sekunden und nach einer Minute
- die Leistung bei einem konstant anliegenden Rauschen mit 12 dB Crestfaktor nach zehn Sekunden, nach einer Minute und nach sechs Minuten
- die Leistung bei einem konstant anliegenden Rauschen mit 9 dB Crestfaktor nach zehn Sekunden, nach einer Minute und nach sechs Minuten
- die Leistung nach EIAJ gemessen mit einem gepulsten 1 kHz Sinussignal von 8 ms Dauer alle 40 ms. Das Signal hat einen Crestfaktor von 10 dB.
- die Leistung nach CEA 2006 mit einem 1 kHz Sinussignal, dessen Pegel alle 500 ms für 20 ms einen Pegelsprung von +20 dB erfährt. Das Signal hat einen Crestfaktor von 16 dB.
- die Leistung für einen sich periodisch wiederholenden 1 kHz Burst einer Dauer von 33 ms gefolgt von einer 66 ms Ruhephase. Der Crestfaktor dieses Signals beträgt 7,8 dB.
- die Leistung für einen sich periodisch wiederholenden 40 Hz Burst einer Länge von 825 ms, gefolgt von einer 1650 ms Ruhephase. Der Crestfaktor dieses Signals beträgt ebenfalls 7,8 dB.

Für die sinusförmigen Mess-Signale fällt die Auswertung leicht. Man erfasst den Effektivwert und berechnet daraus die Leistung. Die Sinuswelle sollte dabei noch nicht sichtbar verzerrt sein. Für die Sinus-Burst-Signale nach EIAJ oder CEA lassen sich zwei Werte bestimmen. Zum einen der kurzzeitige Effektivwert während der Dauer des Bursts sowie der Effektivwert über alles inklusive der →

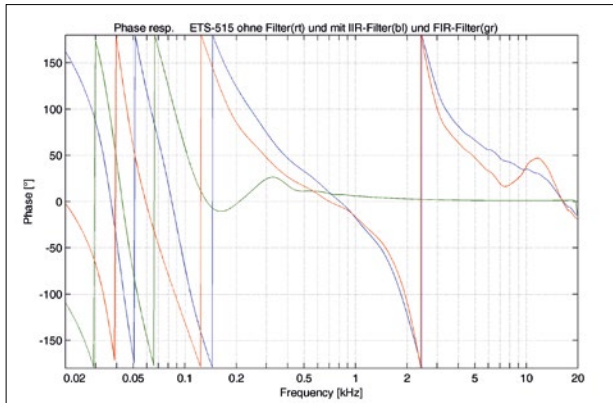


Abb. 15: Phasengänge der ETS-515 ohne Filter(rt), mit einem IIR-Filter Set(bl) und mit einem FIR-Filter Set(gr).

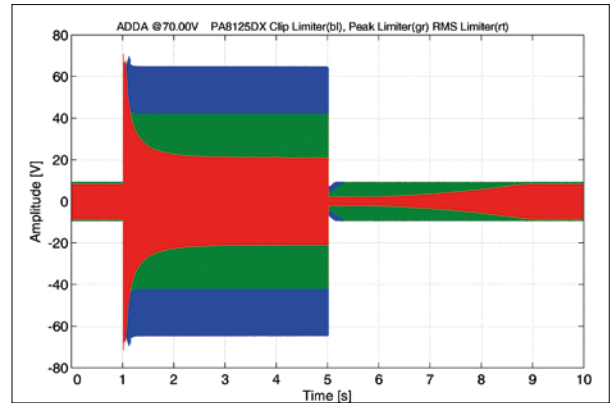


Abb. 16: Reaktionen des Limiters mit separaten Parametern für einen RMS-Limiter(rt) und einen Peak-Limiter(gr) auf einen +20 dB Pegelsprung von 1-5 s (bl), der durch den Clip-Limiter auf 63 Vpk begrenzt wird.

Signalpausen. Das Verhältnis der beiden Werte beträgt für das EIAJ Signal 7 dB und für das CEA Signal 13 dB. Der Crestfaktor, der das Verhältnis des Spitzenwertes im Burst zum Effektivwert über alles beschreibt, ist jeweils 3 dB größer und beträgt somit 10 dB bzw. 16 dB.

Für die Burst-Messmethoden werden in der Übersicht die Leistungswerte, berechnet aus dem kurzzeitigen Effektivwert des Bursts, und der Effektivwert über alles angegeben. Eine weitere Burst-Messmethode arbeitet mit 33 ms langen 1 kHz Bursts gefolgt von 66 ms langen Ruhephasen. Hier beträgt der Crestfaktor 7,8 dB. Angelehnt an diese Messung wurde speziell im Hinblick auf die Fähigkeiten einer Endstufe bei der Basswiedergabe, wo Töne häufig länger anstehen, der Burst in der Frequenz um den Faktor 25 auf 40 Hz reduziert und die Zeitspannen entsprechend um den Faktor 25 verlängert. Welche Burst-Messung nun besser oder aussagekräftiger ist, lässt sich pauschal nicht sagen. Wichtig ist es jedoch, bei einem Vergleich nur die Messungen nebeneinander zu stellen, die auf der gleichen Messmethode basieren.

Etwas anders gestaltet sich die Messung mit den Noise-Signalen mit 12 dB oder 9 dB Crestfaktor. Der Verstärker wird mit diesen Signalen bis an seine Clip-Grenze ausgereicht und dann dauerhaft belastet. Gemessen werden nach zehn Sekunden, nach einer Minute und nach sechs Minuten jeweils der Wert Spitze-Spitze (Vpp) und der Effektivwert (Vrms) des Signals. Daraus werden vergleichbar zur Burst-Messung je ein Leistungswert aus dem Effektivwert der Spannung und einer aus dem Wert Spitze-Spitze durch 2,82 berechnet. Die Werte sind so mit den Werten der Burst-Messungen vergleichbar.

Die Leistungswerte aus dem Datenblatt mit 125 W an 4 Ω oder an 8 Ω werden mit einem Sinussignal knapp erreicht bzw. übertroffen und für mindestens 10 s auch stabil gehalten. Etwas später erfolgt dann die Abschaltung wegen Überlast, was jedoch nicht ungewöhnlich und für die Praxis auch nicht weiter problematisch ist. Bei allen denkbaren Anwendungen wird der Fall einer Abschaltung wegen Überlastung in dieser Form vermutlich nie eintreten. Falls es doch zu einer Abschaltung kommen sollte, wird der Ver-

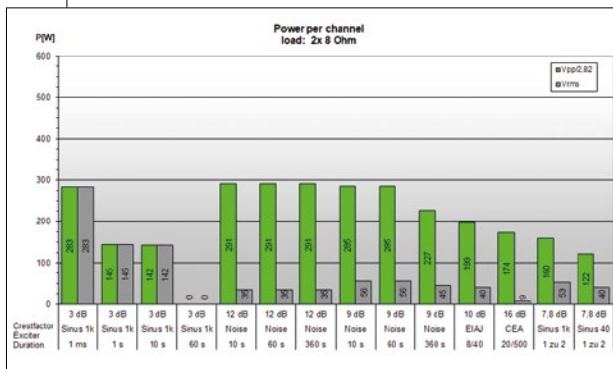


Abb. 17: Leistungswerte des PA-8125DX bei gleichzeitiger Belastung beider Kanäle mit einer 8 Ω Last. Werte für verschiedene Signaltypen.

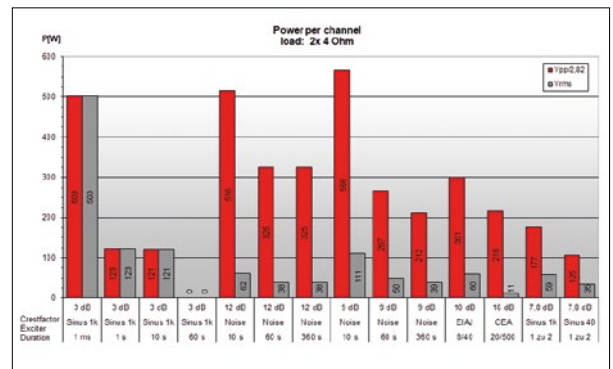


Abb. 18: Leistungswerte des PA-8125DX bei gleichzeitiger Belastung beider Kanäle mit einer 4 Ω Last. Werte für verschiedene Signaltypen.

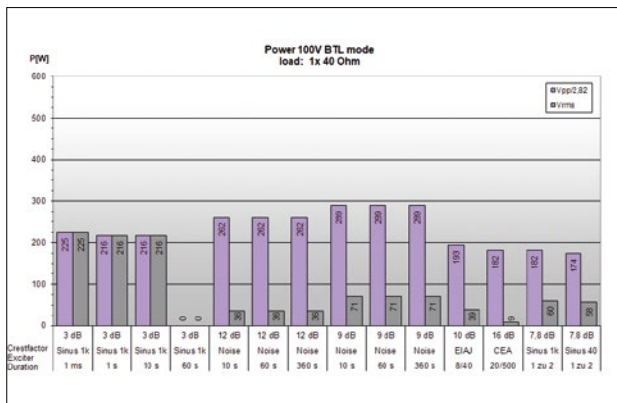


Abb. 19: Leistungswerte des PA-8125DX mit zwei gebrückten Kanälen (BTL-Modus). Werte für verschiedene Signaltypen.

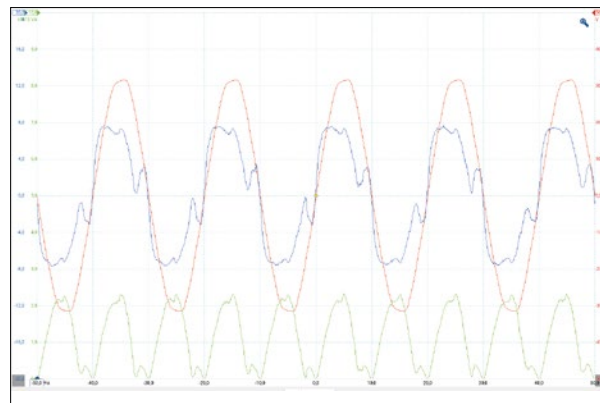


Abb. 20: Verlauf von Netzspannung (rot), Netzstrom (blau) und der daraus berechneten Leistungsaufnahme (grün). Die PFC erfüllt ihre Aufgabe gut. Die Verzerrungsanteil im aufgenommenen Strom beträgt ca. 20%.

stärker kurze Zeit später automatisch wieder aktiv.

Signale mit 12 dB oder 9 dB Crestfaktor werden dauerhaft stabil übertragen. Für ein typisches 12 dB Crestfaktor-Signal liefert der Verstärker in den Spitzen an 4 Ω eine Leistung von 325 W und an 8 Ω von 291 W. Reduziert sich der Crestfaktor auf 9 dB, dann sind es noch 212 W an 4 Ω und 227 W an 8 Ω . Die mittlere Leistung beträgt dann ca. 40 W pro Kanal.

Rechnerisch ist der Crestfaktor mit 10,4 dB damit etwas größer als die ursprünglichen 9 dB des Messsignals. Die Ursache liegt darin, dass durch die Signalverarbeitung im Verstärker der Crestfaktor leicht ansteigt. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass für Musik und Sprachsignale hinreichend Reserven vorhanden sind. Falls mehr Leistung benötigt wird, dann besteht die Möglichkeit entweder nur einen Kanal eines Endstufenpärchens zu nutzen oder, wenn besonders viel Spannung gewünscht wird, zwei Kanäle in den Low-Z-Brückenmodus zu schalten, was sich aber nur für 8 Ω oder 16 Ω Lautsprecher empfiehlt.

Ebenfalls mit einer Brückenschaltung von zwei Kanälen wird der Verstärker in den 70 V oder 100 V Modus geschaltet. Zusätzlich wird in dieser Betriebsart auch noch ein 80 Hz Hochpassfilter aktiviert, da 100 V und 70 V Lautsprecher mit Übertragern arbeiten, die bei tiefen Frequenzen schnell in die Sättigung gehen und im Impedanzverlauf deutlich absinken, so dass es auch zu einer Überlastung des Verstärkers kommen kann. Manche 100 V Lautsprecher arbeiten daher auch mit einem Kondensator vor dem Übertrager, um das Absinken der Impedanz zu verhindern.

Die Messungen der Leistungswerte für den 100 V Modus in Abb. 19 erfolgte an einem 40 Ω Lastwiderstand ohne Übertrager. Die angegebenen 250 W werden mit einem Sinussignal nicht ganz erreicht, da die maximale Ausgangsspannung für ein Sinussignal mit 93 Vrms noch 0,6 dB unterhalb der dafür erforderlichen 100 Vrms lag. Für Signale mit 9 dB oder 12 dB Crestfaktor liegen die

Leistungswerte mit 262 bzw. 289 W jedoch darüber. Die aus den Peak Werten errechneten 289 W bei 9 dB Crestfaktor mögen etwas verwundern im Vergleich zu den 262 W bei einem Crestfaktor von 12 dB, wo man eigentlich den höheren Wert erwarten würde. Worin genau das begründet ist, lässt sich an dieser Stelle nicht beantworten.

Netzbelastung

Die Belastung des Stromnetzes ist bei Endstufen hoher Leistung und/oder langer Betriebsdauer wichtig Thema. Direkt oder indirekt damit in Zusammenhang stehen die Installationskosten, die Betriebskosten und letztendlich auch die Betriebssicherheit. Sind die Endstufen dauerhaft im Betrieb, ist die Leistungsaufnahme im Ruhemodus ohne Signal ein wichtiger Wert. Die DX-Modelle von Monacor verfügen dazu über ein differenziertes Power-Management, wo sich Standby- und Mute-Timer einstellen lassen sowie verschiedene Varianten für die „Auto On“ Funktion über das Audiosignal oder einen speziellen Trigger ausgewählt werden können. Dabei wird noch unterschieden, ob das Netzwerk-Interface aktiv bleibt (<2 W Leistungsaufnahme) oder abgeschaltet wird (<0,5 W Leistungsaufnahme). Ist letzteres der Fall, dann lässt sich der Verstärker nicht über das Netzwerk aktivieren.

Im Leerlauf beträgt die Leistungsaufnahme des PA-8125DX 27 Watt. Für den in der Praxis wohl eher selten vorkommenden Extremfall der Vollaussteuerung mit einem Sinus liegt die Netzbelastung bei maximal 1120 W. Werden alle acht Kanäle mit einem 12 dB Crestfaktor-Signal voll angesteuert, dann liegt die Netzbelastung bei 330 W, dem eine Ausgangsleistung von 280 W gegenübersteht. Neben den absoluten Werten sollte der aus dem Netz aufgenommene Strom in seinem Verlauf möglichst der Spannung folgen und die Endstufe sich somit vergleichbar einem realen Widerstand als Last für das Stromnetz verhalten. Abweichungen entstehen durch →

Verschiebungsblindströme (kapazitiv oder induktiv) und durch Verzerrungsblindströme (Oberwellenanteil).

Wie gut sich der Stromverlauf dem Spannungsverlauf annähert, wird durch den Leistungsfaktor (PF = Powerfactor) messtechnisch ausgedrückt. Abb. 20 zeigt dazu die Messung des PA-8125DX bei Volllast. Der Leistungsfaktor beträgt 0,92 und der $\cos \rho$ Wert zur Beschreibung der Phasenlage von Spannung und Strom zueinander beträgt 0,95. Beide Werte zeugen von einer effektiven Netzauslastung ohne größere Blindströme oder Oberwellenanteile. Hochfrequente Störanteile gibt es keine.

Fazit

Mit dem PA-8125DX hat Monacor einen echten Alleskönner für kleine und mittlere Installationen im Programm. Mit acht variabel einsetzbaren analogen Eingängen, zwei zusätzlichen digitalen Ein- und Ausgängen im S/PDIF Format sowie acht kräftigen Endstufen, die wahlweise im Low-Z oder 100V Modus arbeiten können, bleibt kaum ein Wunsch offen. Wenn überhaupt, dann wäre das noch ein Dante-Interface zur Vernetzung, das es bei den kleineren Modellen der DX schon gibt.

Ebenso so umfangreich ist der Funktionsumfang des integrierten DSP-Systems, das neben reichlich Filterfunktio-

nen aller Art und mehrstufigen Limitern auch noch acht Mixer und Zonen bietet. Hinzu kommen Priority- und Override-Funktionen sowie frei konfigurierbare Bibliotheken mit Speaker Presets. Möchte man den PA-8125DX in 100 V Systemen einsetzen, dann werden dazu jeweils zwei Kanäle in Brücke geschaltet, wo dann eine Leistung von 250 W zur Verfügung steht.

Die einfache Bedienung mit einem beliebigen Browser über den integrierten Web-Server und bei Bedarf auch über den eigenen WLAN-Access-Point ermöglicht einen sofortigen intuitiven Einstieg zur Konfiguration des Gerätes. Komplexere Konfigurationen mit Vernetzung und Überwachung von mehreren Verstärkern lässt das Konzept des integrierten Web-Servers bislang aber noch nicht zu.

Die Messwerte und auch die Verarbeitung des PA-8125DX sind hervorragend und erfüllen alle Anforderungen für die genannten Anwendungen in der Festinstallation. Das vorgestellte Model PA-8125DX aus Monacors DX-Serie mit 8x 125 W Leistung findet sich in der offiziellen Preisliste für 1.595 €. In Anbetracht der weitreichenden Einsatzmöglichkeiten, dank der umfangreichen Ausstattung in Hard- und Software, kann daraus nur eine klare Kaufempfehlung folgen.

