

# YAMAHA

NEW Hi-Bit  
TECHNISCHER REPORT

## HI-BIT DIREKTAUSGANG FÜR UNERREICHTE KLANGPERFEKTION

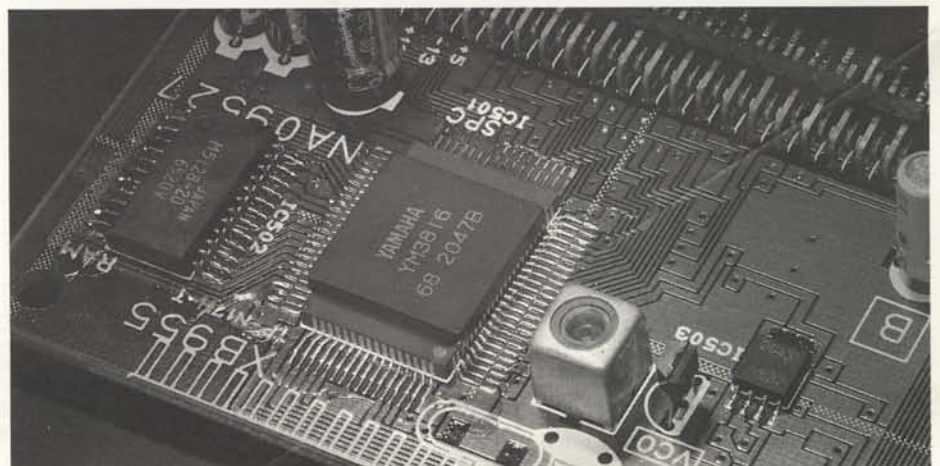
Yamahas zukunftsorientierte Hi-Bit  
Digitaltechnologie der CD-Player  
CDX-1110 und CDX-910 macht analoge  
Tiefpaßfilter entbehrlich.



### INNOVATIVE DIGITALTECHNOLOGIE IN HÖCHSTER POTENZ

Yamahas Hi-Bit Technologie hat die digitale HiFi-Szene in außerordentlichem Maß beeinflusst. In dem Bestreben, den von Yamaha gesetzten Maßstäben nahezukommen, waren die Mitbewerber gezwungen, den gesamten digitalen Decodierprozeß zu überdenken. Es entspricht jedoch nicht der Philosophie des Hauses Yamaha, sich auf diesem erneuten Höhepunkt auszuruhen: Profitierend von einem

reichen Fundus erarbeiteter Technologien startet Yamaha einen weiteren kräftigen Innovationsschub. Ohne analoge Tiefpaßfilter gelangt das musikalische Signal unmittelbar vom Digital/Analog-Konverter direkt auf den Ausgang. Daraus resultiert eine bisher "unerhörte" Klangreinheit ohne jegliche Phasenverschiebung.



## HI-BIT DAC-DIREKTAUSGANG

Vor der Darstellung wie analoge Tiefpaßfilter eliminiert werden, steht die Frage nach ihrer Funktion in herkömmlichen CD-Spielern. Analoge Tiefpaßfilter haben zwei wesentliche Aufgaben, die darin bestehen, daß

- hochfrequentes Rauschen, das beim Sampling-Prozeß entsteht, ausgefiltert wird –selbstverständlich ist das Sampling-Rauschen kein Bestandteil des ursprünglichen Audio-Signals; gelangt es auf den analogen Ausgang, leidet die Klangqualität erheblich –und
- sie getrennte Signalanteile verbinden und sie zu einem kontinuierlichen Musiksignal zusammenfügen.

Auch bei hochwertiger Filterauslegung beeinflusst der Filterprozeß die Klangqualität negativ. Je größer die Flankensteilheit der Filter ist, desto besser filtern sie das Sampling-Rauschen aus. Gleichzeitig jedoch bewirken steilflankige Filter einen Anstieg der

Verzerrungen und Verschlechterung des Phasengangs. Auch wenn nach dem D/A-Wandler ein Analogfilter besonders niedriger Ordnung zum Einsatz kommt, wird das Einschwingverhalten erheblich beeinträchtigt: Der Idealfall wäre ein CD-Player ohne analoge Tiefpaßfilter. Das ist aber nur möglich, wenn die Signalkurve am Ausgang des D/A-Wandlers besonders gleichförmig und frei von Rauschen oder Interferenz ist.

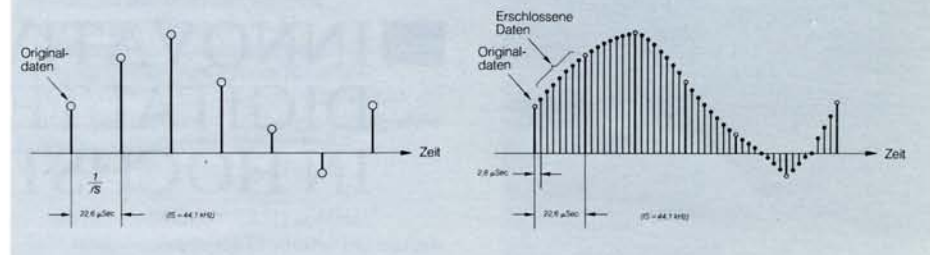
Bei den Hi-Bit CD-Playern der ersten Generation kamen Digitalfilter mit Vierfach-Oversampling zum Einsatz, die durch Reduzierung des Rauschens und verbesserte Auflösung der Signalkurve die Tiefpaßfilter entlasteten. Diese Technologie gestattete die Verwendung von Filtern dritter Ordnung: Eine beträchtliche Verbesserung gegenüber Filtern siebter Ordnung, die sich in herkömmlichen CD-Playern befinden. Nicht genug für Yamaha: Das Ziel war der DAC-Direktausgang.

Nun dokumentieren zwei neue CD-Player – CDX-1110 und CDX-910 – Hi-Bit-Technologie in höchster Potenz. Beide Geräte verfügen über Digitalfilter mit Achtfach-Oversampling und 18-bit Arbeitsweise; integriert in ein System, in dem jeder Schaltkreis und jedes mechanische Teil auf die kompromißlosen Maßstäbe der Hi-Bit Digital-Technologie zugeschnitten ist. Innovative Intelligenz gestaltet den DAC-Direktausgang: Höchste musikalische Klangreinheit ohne jegliche Phasenabweichung.

## HI-BIT DIGITALFILTER MIT ACHTFACH-OVERSAMPLING

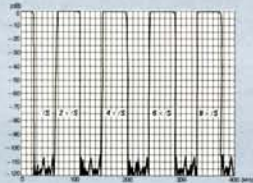
Oversampling-Digitalfilter entfernen über dem Hörbereich liegende Rauschteile und verlagern gleichzeitig das digitale Sampling-Rauschen in einen Frequenzbereich weit über dem des Musiksignals. Beispielsweise verdoppeln konventionelle 16-bit Zweifach-Oversampling-Filter die Sampling-Frequenz von 44,1 auf 88,2 kHz. Nach dem D/A-Wandler bedarf das analoge Signal der Filterung, um Sampling-Restrauschen zu unterdrücken und eine gleichförmige Signalkurve zu erzielen. Vervierfachung der Sampling-Frequenz auf 176,4 kHz und 18-bit

Digitale Signalkurve durch Oversampling

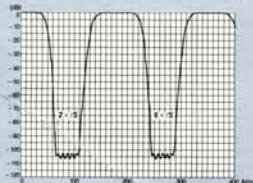


Der 3-stufige Filterprozeß

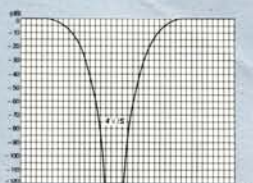
Filter der 1. Stufe (225. Ordnung)



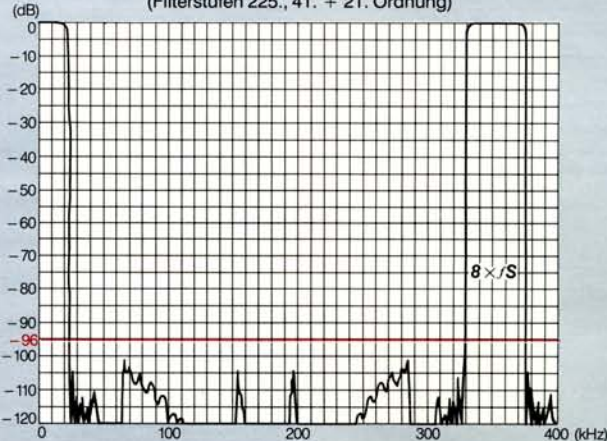
Filter der 2. Stufe (41. Ordnung)



Filter der 3. Stufe (21. Ordnung)



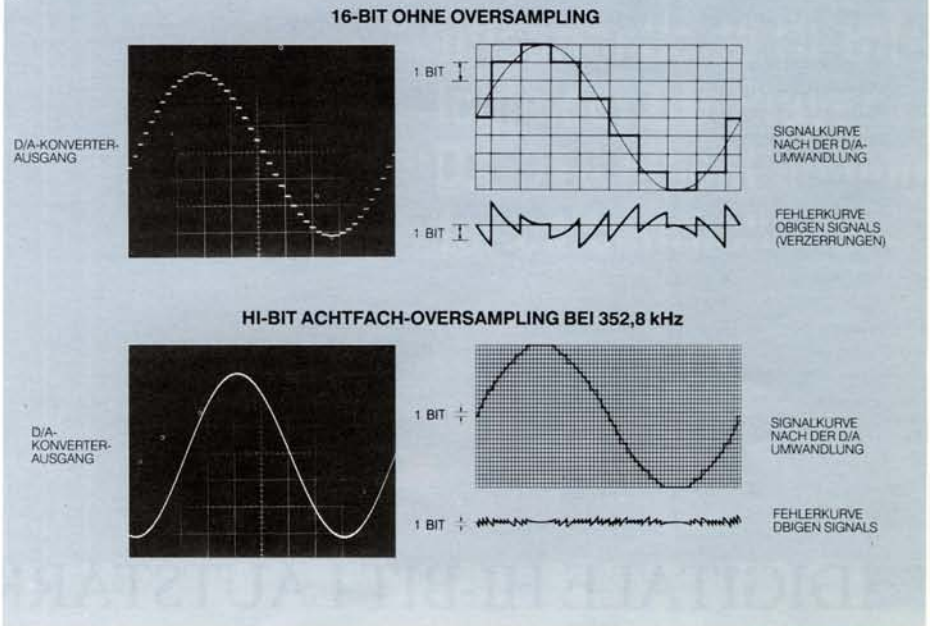
Filter Gesamt-Charakteristika (Filterstufen 225., 41. + 21. Ordnung)



Arbeitsweise schafft eine erweiterte Pufferzone zwischen Musiksignal und Rauschen, verbessert die Auflösung der Signalkurve und gestattet den Einsatz von Filtern niedriger Ordnung mit geringer Flankensteilheit.

Achtfach-Oversampling bei 352,8 kHz macht analoge Tiefpaßfilter völlig entbehrlich. Die Filterung erfolgt in drei Stufen durch individuelle Filter 225., 41. und 21. Ordnung. Das Sampling-Rauschen wird in einen weit entfernten Bereich verlagert, in dem es das Hörvergnügen nicht mehr trüben kann. Digitale Daten werden im Abstand von 2,8 µsec erschlossen: Dadurch ist die Auflösung 32 mal besser als bei einem Filter ohne Oversampling. Die Sperrbereichs-Unterdrückung beträgt sensationelle - 100 dB und liegt damit unterhalb des theoretischen Rauschpegels der CD. Die Welligkeit des Durchlaßbereichs beträgt minimale ± 0,0001 dB.

### Auflösung der Signalkurve durch Oversampling



## DOPPELTE HI-BIT D/A-KONVERTER

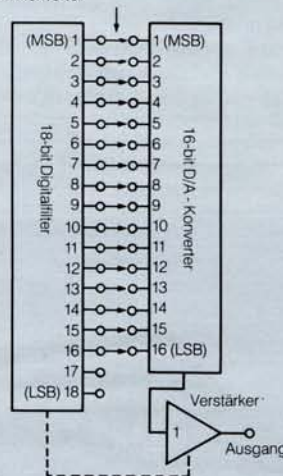
Trotz des enormen Dynamikbereichs von über 90 dB ist die Wiedergabe niederpegeliger Signale ein Schwachpunkt der CD-Player. Die Tatsache, daß derselbe Quantisierungsfehler bei geringen Abhörpegeln proportional vergrößert erscheint, enttäuscht den Audiophilen. Ein reiner Testton, mit geringem Pegel reproduziert (- 84 dB), klingt nicht mehr rein. Die einzige Lösung besteht in der Erhöhung des Quantisierungsverhältnisses auf über 16 Bits.

Um diese Verbesserung zu erzielen, ist eine Datenübertragung von über 16 Bits innerhalb des gesamten Systems erforderlich. Wie bereits erläutert, verbessert der Hi-Bit Digitalfilter durch 18-bit Datenverarbeitung und Achtfach-Oversampling die Klangqualität erheblich. Das funktioniert jedoch nur vollständig, wenn der D/A-Konverter in der Lage ist, den 18-bit Datenfluß zu nutzen. Daher wurde der Hi-Bit Digital/Analog-Konverter an die 18-bit Arbeitsweise angepaßt.

Da ein CD-Player digital aufgezeichnete Musik wiedergibt, ist die Spitze des Dynamikbereichs dadurch definiert, daß alle 16 Bits - von den niederen bis zu den höchstrangigen - genutzt werden. In der Praxis finden sich derart dynamische Signale selten auf einer CD. Die obersten zwei Bits werden nur während sehr kurzer Zeiträume für musikalische Spitzenimpulse benötigt. Andererseits verbessert sich die Linearität des D/A-Konverters, wenn möglichst viele Bits genutzt werden.

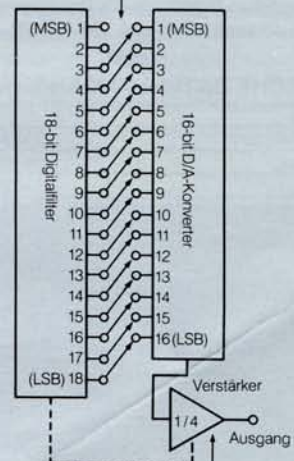
### Prinzip der 18-bit Verarbeitung durch einen 16-bit D/A-Konverter

Die oberen 16 Bits gelangen direkt in den D/A-Konverter



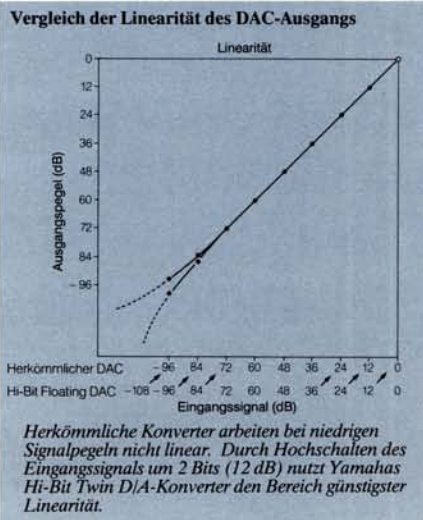
Hochpegeliges Signal

Der D/A-Konverter senkt den Arbeitspegel um bis zu 2 Bits zur Anpassung an den Digitalfilterausgang



Niederpegeliges Signal

Zur optimalen Nutzung dieser Eigenschaften entwickelte Yamaha den doppelten Hi-Bit D/A-Konverter mit einer einzigartigen Umschaltung. Werden einer oder zwei der höherrangigen Bits nicht benötigt, wird der Arbeitspegel zur Aufnahme der beiden unteren Bits des Digitalfilterausgangs umgeschaltet. Sind sie kurzzeitig zur Signalverarbeitung erforderlich, erfolgt automatische Umschaltung. Durch diese zwei pendelnden Bits werden niedrigste Pegel mit exzellenter Linearität bewältigt, da sie aus dem Bereich, in dem Wandlerfehler am größten sind, weit entfernt wurden (s. Grafik). Durch die gleichförmige Signalkurve am Ausgang des D/A-Konverters und den bisher nicht erreichten Fremdspannungsabstand von 118 dB kann das Signal ohne Einsatz analoger Tiefpaßfilter direkt auf den Verstärker gegeben werden.



### Ausgang schaltbar

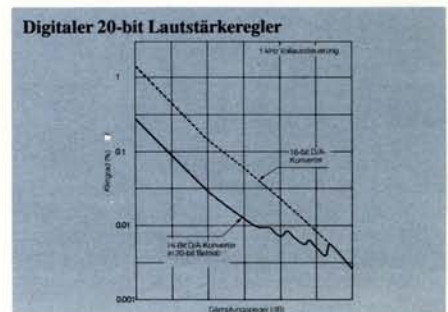
Der Direktausgang des D/A-Konverters gewährleistet das Maximum an Klangreinheit. Wer ein weicheres Klangbild vorzieht, hat an beiden Playern die Möglichkeit, einen analogen Tiefpaßfilter dritter Ordnung zuzuschalten. Die Anschlüsse der Hi-Bit direkt-Ausgänge bzw. der gefilterten Ausgänge befinden sich an der Rückseite des CDX-1110. Der CDX-910 gestattet die Ausgangswahl auf der Frontseite des Gerätes.

Darüber hinaus verfügen beide Player über zwei unterschiedliche Digitalausgänge: Und zwar herkömmlich koaxial sowie optisch zum Anschluß an den optischen Digitaleingang eines Verstärkers.

## DIGITALE HI-BIT LAUTSTÄRKEREGELUNG

Das Dynamic Floating System der Hi-Bit Schaltkreise kulminiert in der Lautstärkeregelung. Sie verfügt zur Aufnahme der Daten aus dem Digitalfilter über 20 Bits. Da der Hi-Bit D/A-Konverter nur 16-bit Informationen verarbeitet, können 4 der 20 Bits "floaten", indem exponentielle Daten an einen Floating Sample Hold-Schaltkreis gegeben werden, um den Grad der Verstärkung zu regulieren. Diese vier zusätzlichen Bits gewährleisten eine um 24 dB höhere Verstärkung ohne Erhöhung des Rauschpegels und die sensationelle Dynamik von 120 dB.

Die Pegelregelung dämpft in 240 präzisen 0,4 dB-Schritten, frei von Verzerrungen, Frequenz- und Abstufungsfehlern analoger Potentiometer. Da die musikalische Qualität des variablen Ausgangs der des festgelegten entspricht, ist der direkte Anschluß einer Leistungsendstufe ohne Einbuße gewährleistet. Subtile Pegelregelung ist auch per Fernbedienung möglich.



### TECHNISCHE DATEN: YAMAHA HI-BIT SYSTEM

Digitalfilter	
Sampling-Frequenz	352,8 kHz (8fach)
Quantisierung	18-bit
Filterstufen	1.-225. Ordnung
	2.-41. Ordnung
	3.-21. Ordnung
Durchlaßbereichs-Welligkeit	± 0,0001 dB
Sperrbereichs-Unterdrückung	- 100 dB

D/A-Konverter	
System	Dynamic Floating 18-bit
Fremdspannungsabstand	118 dB
Klirrgrad	0,002 %
Dynamik	100 dB

Technische Änderungen vorbehalten.

**YAMAHA**  
YAMAHA CORPORATION  
P.O.Box 1, Hamamatsu, Japan