

WTA-Filter

Im aktuellen WTA-Filteralgorithmus stecken 20 Jahre Entwicklungsarbeit



Die Grundidee des WTA-Filters (Watts Transient Aligned) liegt in der Antwort auf die Frage, warum mit höheren Samplingfrequenzen abgespeicherte Musik besser klingt. Mittlerweile zweifelt niemand mehr daran, dass eine 96-kHz-Aufnahme besser klingt als eine Aufnahme in CD-Qualität (44,1 kHz). Oft wird als Erklärung bemüht, dass die 96-kHz-Aufnahme Schallanteile mit Frequenzen jenseits von 20 kHz enthält, die zwar außerhalb des menschlichen Hörvermögens liegen, jedoch trotzdem wahrgenommen werden. Doch warum klingt dann eine 384-kHz-Aufnahme noch besser und eine Aufnahme mit 768 kHz erst recht? Untersuchungen haben zudem ergeben, dass sogar Aufnahmen mit Samplingfrequenzen im Megahertz-Bereich noch einmal besser klingen können.

Es kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass der bessere Klang einer 768-kHz-Aufnahme etwas damit zu tun hat, dass sie Frequenzen jenseits von 200 kHz enthält. Weder ist das menschliche Ohr in der Lage, diese Frequenzen zu hören, noch können die verwendeten Instrumente und Mikrofone sie erzeugen bzw. aufnehmen. Und auch die Abhörkette aus Verstärker und Lautsprecher ist nicht in der Lage, sie wiederzugeben. Wenn also die zusätzliche Bandbreite nicht der Grund ist, warum diese Aufnahmen besser klingen, woran liegt es dann?

Das menschliche Ohr kann vielleicht keine Frequenzen im Ultraschallbereich wahrnehmen, es reagiert jedoch extrem empfindlich auf kleinste Zeitverschiebungen und Einschwingfehler. Seit Längerem ist bekannt, dass der menschliche Hörapparat Phasenverschiebungen von wenigen Mikrosekunden zwischen den beiden Ohren wahrnehmen kann. Diese minimalen Zeitunterschiede zwischen dem Eintreffen eines Signals an dem einen und dem anderen Ohr werden genutzt, um die Richtung hochfrequenter Töne zu orten. Wenn das menschliche Gehör aber in der Lage ist, solche Phasenverschiebungen bis in den Mikrosekunden-Bereich zu hören, müsste ein digitales Aufnahmesystem für eine perfekte Aufnahme einen Zeitversatz bis zu einer Mikrosekunde auflösen können. Dazu wäre eine Samplingfrequenz von 1 MHz nötig!

Doch selbst eine Aufnahme mit 44,1 kHz kann das Einschwingverhalten korrekt abbilden, wenn das Signal mit den richtigen digitalen Filtern behandelt wird. Digitale Filter können

innerhalb gewisser Grenzen die Auflösung eines Signals verbessern, ohne dass dafür höhere Samplingraten nötig sind.

Dafür bräuchte man theoretisch ein Filter mit unendlicher Ordnung bzw. unendlicher Länge. Allerdings verfügen heutige Rekonstruktions-Filter nur über relativ kurze Längen – das beste allgemein verfügbare Filter besitzt eine Länge von 256 Elementen (Filter 255. Ordnung). Diese kurze Filter-Länge verursacht im Zusammenspiel mit den benutzten Algorithmen relativ starke Einschwingfehler, die sich im Experiment als deutlich hörbar herausgestellt haben. Die Erhöhung der Filterlänge von 256 auf 2048 führte zu einer deutlichen Verbesserung des Klangs mit einer viel glatteren und präziseren Wiedergabe und erheblich genauerer Bühnenabbildung.

Während der Experimente mit bestehenden Filter-Algorithmen zeigte sich, dass eine weitere Erhöhung der Filterlänge zu einer weiteren Klangverbesserung führte. Daraus ließ sich ableiten, dass eine quasi unendliche Filterlänge nötig wäre, um den optimalen Klang zu erreichen. Um dieses Dilemma zu umgehen, entwickelte Robert Watts einen gänzlich neuen Algorithmus – den „Watts Transient Aligned“-Filter (WTA-Filter) -, der darauf ausgelegt ist, Phasen- und Zeitfehler von Anfang an zu minimieren und dadurch die Anforderungen an die Filterlänge zu reduzieren. Das Ergebnis spricht für sich: Ein WTA-Filter mit einer Länge von 256 Elementen klingt besser als jeder konventionelle Filter, selbst wenn dieser über 2048 Elemente verfügt. Und dabei ist noch weiterer Raum für Verbesserungen, denn auch ein WTA-Filter profitiert von größeren Filterlängen und klingt etwa spürbar besser, wenn man die Länge von 256 auf 1024 Elemente erhöht.

Alle WTA-Filter in Produkten von Chord Electronics nutzen deshalb mindestens 1024 Elemente. Diese werden innerhalb eines speziell gestalteten 64-bit-DSP-Chips in FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) programmiert.

„Pulse-Array“-DAC der vierten Generation

Der natürliche Klang der „Pulse-Array“-Wandlertechnologie hat Tester und Experten auf der ganzen Welt überzeugt und begeistert. In der aktuellen vierten Generation der Technologie kommt ein 64-bit-Noise-Shaping der 7. Ordnung zum Einsatz, zudem arbeitet der Algorithmus mit 2048-fachem Oversampling und verbesserter Pulsweitenmodulation. Diese Detailverbesserungen äußern sich in einer messbaren Qualitätsverbesserung, noch feinerer Detailauflösung und präziseren Wiedergabe.

64-bit-Wandler und Filter

Ein großer Vorteil davon, Wandler und Filter mit 64-bit-Architektur zu nutzen, liegt darin, dass – anders als bei herkömmlichen Filtern unvermeidbar – keine Bits während der Bearbeitung verloren gehen können. Diesen Vorteil spielt die 64-bit-Architektur vor allem bei der digitalen Lautstärkeregelung aus, die hier im Gegensatz zu herkömmlichen Lösungen ohne den Verlust von Bits und damit Auflösung und Klangqualität erfolgen kann.

Digitaler Receiver-Chip

Der Receiver-Chip sitzt direkt an den digitalen Anschlüssen und ist dafür verantwortlich, die eingehenden Signale neu zu takten und so umzuwandeln, dass das Filter sie verarbeiten kann. Der neu entwickelte Chip, der in allen digitalen Chord-Produkten zum Einsatz kommt, weist vor allem zwei große Vorteile auf: die volldigitale Datenextraktion und den integrierten

RAM-Pufferspeicher, in dem zunächst alle eingehenden Rohdaten zwischengespeichert werden. Die digitale Datenextraktion ist so ausgelegt, dass sie auch in schwierigen Situationen die Daten akkurat und fehlerfrei ausliest. Im RAM-Puffer werden mithilfe eines jitterfreien eigenen Taktgebers alle Signale neu getaktet, bevor sie an das Filter weitergegeben werden.

Chord implementiert diese digitalen Innovationen in sogenannten Field Programmable Gate Arrays des Chip-Herstellers Xilinx, in denen bis zu 200.000 verschiedene Gates den Anforderungen entsprechend konfiguriert werden können. Es besteht zudem die Möglichkeit, jederzeit Updates aufzuspielen, sodass dieser technische Ansatz sehr zukunftssicher ist.

