Digitale Mikrophontechnik

Stephan Leschka

Georg Neumann GmbH, 13403 Berlin, Deutschland, Email: LeschkaS@neumann.com

Einleitung

Während die Digitaltechnik in nahezu alle Bereiche des Lebens vordrang, wurde folgerichtig die Entwicklung digitaler Mikrophone von der Georg Neumann GmbH vorangetrieben. Der internationale Standard AES42 definiert die digitale Mikrophonschnittstelle einschließlich der Fernsteuerung und Synchronisation der Mikrophone und sichert die Anschlusskompatibilität. Digitale Neumann-Mikrophone wandeln mit einem speziellen patentierten Zweiwegeverfahren das analoge Signal der Mikrophonkapsel in die digitale Ebene. Innerhalb der im Mikrophon integrierten digitalen Signalverarbeitung ergeben sich neue Möglichkeiten unter anderem zum Schutz vor Übersteuerung. Digitale Neumann-Mikrophone sind synchronisierbar und daher ohne Sampleratekonverter einsetzbar.

Anschluss und Steuerung digitaler Mikrophone

Der AES42- Standard [1] beschreibt den Anschluss und die Steuerung digitaler Mikrophone. Ein digitales Mikrophon wird mit einer Versorgungsspannung von 10 V gespeist, auf die Steuerimpulse definierter Länge und Anstiegszeit mit einer Amplitude von 2 V aufmoduliert sind, genannt **D**igital **P**hantom **P**ower (DPP). Der standardisierte Datenstrom zum Mikrophon, bestehend aus 2-Byte-Kommando-Daten-Strukturen, ermöglicht dessen Steuerung. Die periodische Versendung eines speziellen Steuerkommandos dient zur Synchronisation des digitalen Mikrophons.

Die digitalen Audiodaten sendet das Mikrophon gemäß dem AES3-Standard [2] mit einer Auflösung von 24 Bit. Die im AES3-Datenstrom enthaltenen frei definierbaren User-Bits werden im AES42-Standard spezifiziert. Sie geben Auskunft über die unterstützten Eigenschaften des Mikrophons und z.T. auch über den aktuellen Wert eingestellter Parameter.

Die Firma Neumann entwickelte eine graphische Benutzeroberfläche (RCS) für Windows und MAC zur intuitiven und visuellen Steuerung digitaler Mikrophone basierend auf dem AES42-Standard. Diese Software generiert die entsprechenden Steuerbefehle und sendet sie über den firmeneigenen AES42-Empfänger (DMI) an die angeschlossenen digitalen Mikrophone.

A/D-Wandlung des Kapselsignals

Digitale Neumann-Mikrophone wandeln das Signal der Mikrophonkapsel vom Eigenrauschen bis zum Grenzschalldruckpegel in die digitale Ebene. Dazu wurde ein spezielles Zweiwegeverfahren entwickelt, dessen Funktion als Blockschaltbild in Abbildung 1 dargestellt ist.

Das Kapselsignal wird um einen festen Faktor verstärkt und in den ersten Kanal eines kommerziell erhältlichen Δ-Σ-A/D-Wandler eingespeist. Liegt der Betrag des Kapselsignals unter einem bestimmten Grenzwert, so trägt der erste Wandlerkanal die gesamte Signalinformation. Erst oberhalb dieses Grenzwertes wird über ein nichtlineares Netzwerk in zunehmendem Maße Signalenergie dem ersten A/D-Wandlerkanal im Sinne einer Amplitudenkompression entzogen und gleichzeitig auf den zweiten A/D-Wandlerkanal übertragen, weshalb das korrespondierende digitale Ausgangssignal dann mit dem ersten Wandlerausgang zusammengefasst das Kapselsignal repräsentiert.

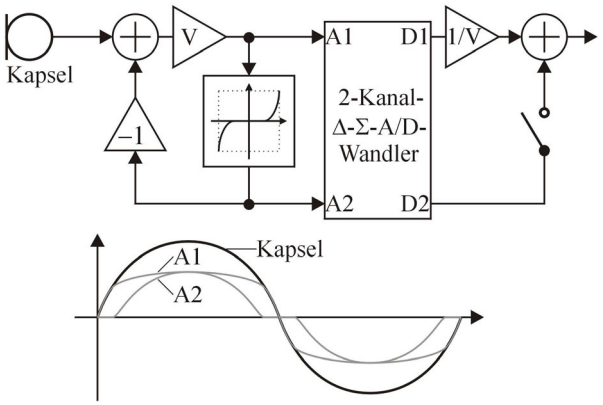

Abbildung 1: Zweiwegeverfahren der Firma Neumann zur Analog-Digital-Wandlung des Kapselsignals (V ca. 16)

Dieses transparente Zweiwegeverfahren zur Analog-Digital-Wandlung besitzt folgende herausragende Eigenschaften:

1. realisierbarer Dynamikbereich bis 140 dB
2. gleichbleibend hohe Auflösung des Digitalsignals über dem gesamten Dynamikbereich
3. Schalten des zweiten Wandlerausgangs im signalfreien Zustand ohne Einfluss auf das Ausgangssignal
4. einfach Signalzusammensetzung auf der digitalen Ebene ohne komplizierte Korrekturmechanismen
5. geringe Parameterempfindlichkeit bezüglich der Schaltungsrealisierung

Signalverarbeitung in digitalen Neumann-Mikrophonen

Unter der Ausnutzung der vorliegenden Hardware-Ressourcen ergeben sich völlig neue Möglichkeiten bezüglich der Signalverarbeitung bereits im Mikrophon.

Abbildung 2 zeigt den Signalfluss in digitalen Neumann-Mikrophonen, der durch standardisierte Steuerkommandos von der graphischen Benutzeroberfläche aus ferngesteuert werden kann.

Dabei handelt es sich einerseits um Möglichkeiten wie die Einstellung der Richtcharakteristik oder einer Vordämpfung, wie sie von analogen Mikrophonen bekannt sind. Die Benutzung der Vordämpfung, realisiert als Absenkung der Kapselspannung, sichert bei Schallpegeln oberhalb des Grenz-

schalldrucks der Kapsel, dass die Analog-Digital-Wandlung ohne Übersteuerung funktioniert.

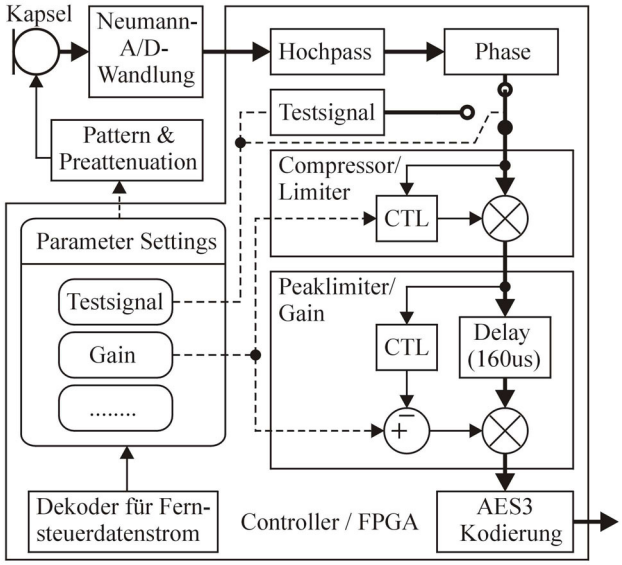

Abbildung 2: Signalfluss in digitalen Neumann-Mikrophonen

Die anschließende Kette der digitalen Signalverarbeitung beginnt mit einem in seiner Grenzfrequenz (breitbandig, [40,80,160] Hz) einstellbaren Hochpass gefolgt von der Phasenumschaltung.

Die Einstellung der digitalen Verstärkung im Bereich von 0 dB bis 63 dB erfolgt knackfrei in Stufen von 1 dB. Darüber hinaus beinhalten digitale Neumann-Mikrophone einen parametrisierbaren Kompressor/Limiter, der auch als Hochtonbegrenzer (Deesser) eingesetzt werden kann. Er ermöglicht eine Dynamikkompression des Audiosignals vor der Versendung aus dem Mikrophon. Davon unabhängig sorgt ein breitbandig arbeitender Peaklimiter dafür, dass die Übersteuerung der digitalen Signalverarbeitung wirksam verhindert wird. Er reduziert mit einer Vorlaufzeit von ca. 160 µs die vom Nutzer gewählte digitale Signalverstärkung (Gain) soweit, dass maximal ein voll ausgesteuertes Digitalsignal den Mikrophon-Ausgang verlässt.

Synchronisation digitaler Mikrophone

Eine essentielle Eigenschaft digitaler Mikrophone ist ihre Synchronisierbarkeit, die ihren Anschluss an digitale Mixer oder Aufnahmegeräte ohne Sampleratekonverter zulässt. Nur im Synchronbetrieb erreicht das digitale Mikrophonsignal ohne Manipulation und zusätzliche Latenz im Signalweg seinen Bestimmungsort. Der AES42-Standard spezifiziert die Synchronisation digitaler Mikrophone als verteilte PLL, wobei der Regler im AES42-Empfänger und das Stellglied im Mikrophon realisiert ist. Den gesamten Regelkreis zeigt Abbildung 3.

Das Mikrophon enthält einen hochgenauen Taktgenerator (VCXO), dessen Nennfrequenz um einen Betrag von ca. 100 ppm durch eine Steuerspannung nachgestimmt werden kann. Dieser Takt dient zur Abtastung des Audiosignals, zur nachfolgenden Signalverarbeitung sowie zur Absendung des AES3-kodierten digitalen Audiodatenstroms. Die Frequenzänderung des Taktsignals darf nur sehr langsam erfolgen, um eine Intermodulation der Abtastung des Audiosignals im Hörbereich beim Nachstimmen des Taktgenerators auszuschließen. Die zulässige Änderungsgeschwindigkeit, spezifiziert im AES3-Standard, ist frequenzabhängig und nimmt mit steigender Frequenz ab. Deshalb wird das Steuersignal für den Taktgenerator durch einen Tiefpass erster Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 68 mHz geglättet.

Der AES42-Empfänger dekodiert neben den Audio- und Steuerdaten auch den zum Mikrophonsignal korrespondierenden rückerkannten Wordclock, der durch die Präambeln im Audiodatenstrom repräsentiert wird. Darüber hinaus generiert der Empfänger den Referenzwordclock oder leitet ihn aus einem externen Synchronisationssignal ab.

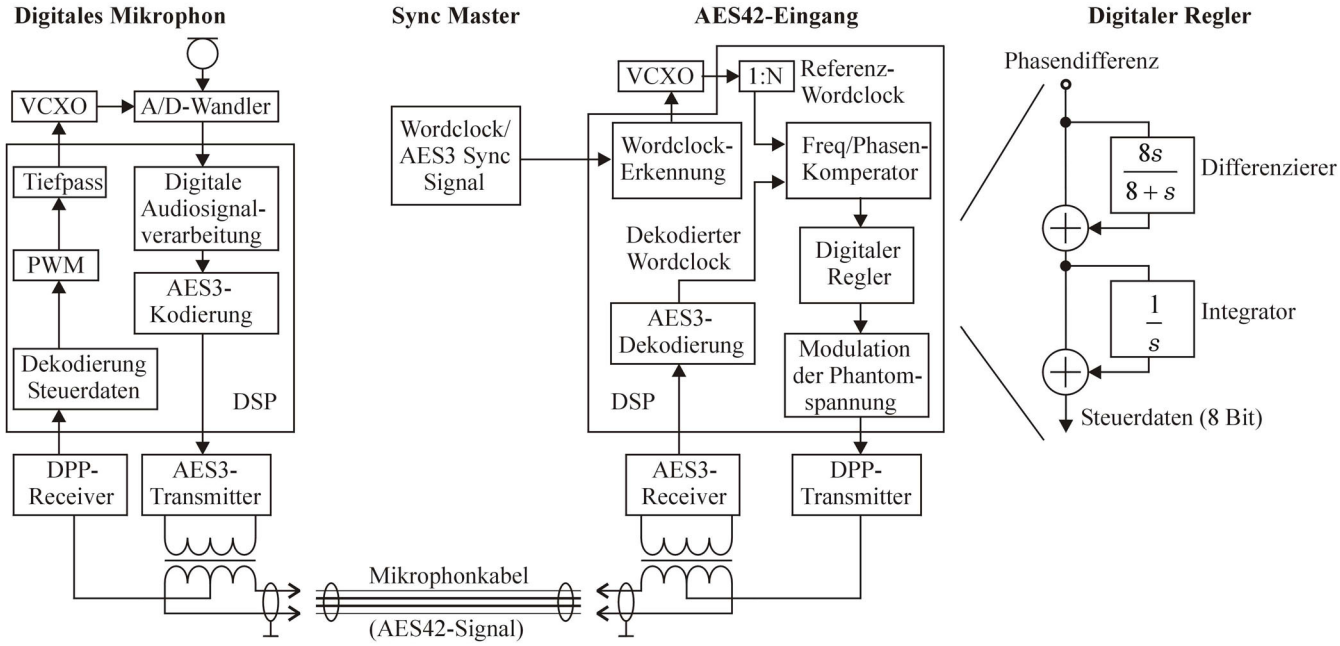

Abbildung 3: Synchronisation digitaler Mikrophone

Außerdem enthält er einen Frequenz-Phasen-Komperator, der den Phasenfehler zwischen dem Referenzwordclock und dem rückerkannten Wordclock aus dem Audiodatenstrom ermittelt. Aus diesem Phasenfehler berechnet der Regler die Stellgröße, die über den seriellen Datenstrom zum Mikrophon mittels eines speziellen Steuerkommandos übertragen wird.

Im Mikrophon wird diese Stellgröße bis zum Eintreffen des nachfolgenden Steuerkommandos gehalten, welches periodisch spätestens nach dem Ablauf von fünf Befehlslaufzeiten vom AES42-Empfänger verschickt wird.

Aus der Befehlslaufzeit und dem Halten der Stellgröße im Mikrophon sowie aus der Glättung der VCXO-Steuerspannung in der Filterschaltung des Mikrophons resultiert eine Phasendrehung im Regelkreis. Dem AES3-Standard folgend muss die Phasendifferenz zwischen dem rückerkannten Wordclock aus dem Mikrophondatenstrom und dem Referenzwordclock im AES42-Empfänger zu Null ausgeregelt werden, was einen integralen Anteil im Regler voraussetzt und eine weitere Phasendrehung mit sich bringt. Zur Stabilität des Regelkreises sowie zur Beschleunigung des Einschwingens ist daher ein differentieller Anteil im Regler unerlässlich. Die angegebene standardisierte Reglerübertragungsfunktion realisiert die Synchronisation digitaler Mikrophone nach dem Wechsel der Samplefrequenz im Bereich weniger Sekunden.

Verfügbarkeit digitaler Mikrophontechnik

Abbildung 4 zeigt die bisher von der Firma Neumann verfügbare digitale Mikrophontechnik.

Abbildung 4: Digitale Neumann Mikrophontechnik

Dabei handelt es sich um ein digitales Großmembranmikrophon (D-01), eine Kleinmikrophonserie (KM D) mit 6 kapselabhängigen Richtcharakteristiken sowie den zweikanaligen AES42-Empfänger (DMI).

Zusammenfassung

Das patentierte Zweiwegeverfahren der Georg Neumann GmbH zur Analog-Digital-Wandlung transformiert das Signal der Mikrophonkapsel in die digitale Ebene. Völlig neue Bearbeitungsmöglichkeiten durch digitale Signalverarbeitung in Verbindung mit hoher Betriebssicherheit durch den integrierten Schutz vor Übersteuerung sowie die Synchronisierbarkeit der Mikrophone runden die Leistungsfähigkeit von digitalen Neumann-Mikrophonen ab. Eine graphische Benutzeroberfläche ermöglicht die schnelle Parametrierung eines kompletten Mikrophon-Setups durch das Laden von Voreinstellungen sowie durch die manuelle intuitive Einstellung aller Mikrophonparameter. Eine Minderung der Qualität des Audiosignals durch Störeinflüsse auf Übertragungsleitungen gehört dank der digitalen Signalübertragung der Vergangenheit an. Weiterhin können digitale Audiosignale mittels Multikanal-Audionetzwerken gebündelt auf Ethernet-Kabeln transportiert werden, die schwere Multicore-Kabel ersetzen.

Literatur

[1] Audio Engineering Society: AES standard for acoustics – Digital interface for microphones. Audio Engineering Society, AES42-2006, June 2006

[2] Audio Engineering Society: AES standard for digital audio – Digital input-output inferfacing – Serial transmission format for two-channel linearly represented digital audio data. Audio Engineering Society, AES3-2003, September 2003