

► Application Note

Einsatz von Spectrum Digitizern in Ultraschallanwendungen

Die Nutzung von Ultraschallprodukten nimmt dank neuer Technologien und verbesserter Leistung der Messgeräte immer mehr zu. Digitizer von Spectrum sind die idealen Werkzeuge für Ultraschallmessungen und können bei der Entwicklung, beim Testen und beim Betrieb dieser Produkte eine zentrale Rolle spielen. Digitizer und Arbitrary Waveform Generatoren von Spectrum bieten eine große Auswahl an Bandbreiten, Abtastraten und einen großen Dynamikbereich, sodass für sämtliche Messanforderungen im Ultraschallbereich eine Lösung zur Verfügung steht.

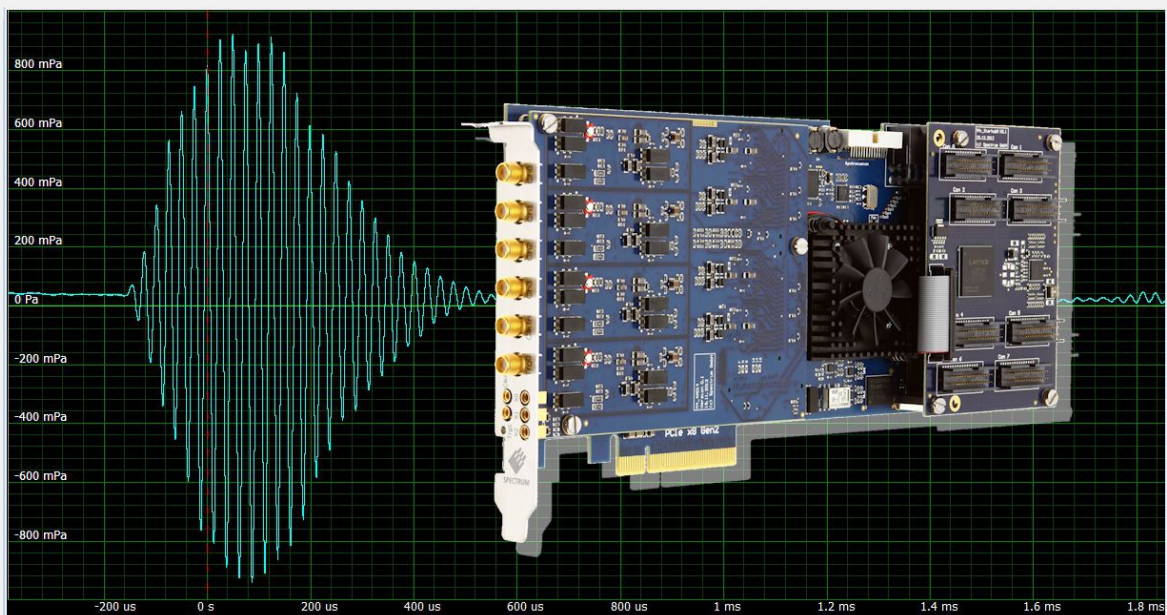


Abbildung 1: Spectrum M4i.4451-x8 – PCIe Digitizer mit 4 Kanälen, 14 Bit und 500 MS/s zur Aufzeichnung von Ultraschallsignalen

Ultraschallanwendungen

Ultraschall ist eine akustische Schalldruckwelle mit einer Frequenz, die oberhalb des oberen Endes des menschlichen Hörbereichs liegt. Ultraschallgeräte arbeiten mit Frequenzen von 20 kHz bis zu mehreren Gigahertz.

In Tabelle 1 sind die Nenndaten einiger gängiger Ultraschallanwendungen aufgeführt.

► **Application Note**

Anwendung	Typischer Frequenzbereich	Simplex oder Duplex	Dynamikbereich	Empfohlener Spectrum Digitizer
Zerstörungsfreie Prüfungen (NDT)	0.1-100 MHz	Duplex	Moderat	M2i.20xx, M2i.49xx, M4i.22xx
Medizinische Bildgebung	1-18 MHz (Bis zu mehreren GHz)	Duplex	Hoch	M2i.49xx, M4i.44xx, M4i.22xx
Ultraschallreinigung	40 kHz	Simplex	Niedrig	M2i.20xx, M2i.47xx
Ultraschallverschweißungen	20-100kHz	Simplex	Niedrig	M2i.20xx, M2.47xx
Entfernungsmessung	40 kHz	Duplex	Moderat	M2i.47xx
Einparkhilfen	40 kHz	Duplex	Moderat	M2i.30xx, M2i.47xx
Scanning Acoustic Microscopy (SAM)	2 MHz – 1 GHz 2- 230 MHz typisch	Duplex	Hoch	M4i.22xx, M4i.44xx
Durchflussmesser	640 kHz – 1 MHz	Duplex	Moderat	M2i.49xx, M4i.22xx, M4i.44xx
Time of Flight Diffraction	1 – 15 MHz	Duplex	Moderat	M2i.49xx, M4i.22xx, M4i.44xx

Tabelle 1: Nenndaten gängiger Ultraschallanwendungen mit Angabe der empfohlenen Digitizer von Spectrum

Die in den einzelnen Anwendungen verwendeten Frequenzbereiche spiegeln einen entwicklungsseitigen Kompromiss wieder. Erhöht man die Signalfrequenz, lassen sich kleinere Artefakte durch eine erhöhte Auflösung besser erkennen, diese hochfrequenten Signale weisen jedoch keine hohe Eindringtiefe auf. Ein Problem, das häufig bei Ultraschallanwendungen auftritt, ist die Signaldämpfung, die umgekehrt proportional zur Signalfrequenz ist. In der Folge werden sehr hohe Frequenzen tendenziell in Anwendungen zur Oberflächenuntersuchung verwendet, während niedrigere Frequenzen häufiger verwendet werden, wenn eine tiefere Durchdringung und eine höhere Leistung gefordert sind. Natürlich ermöglicht die Erhöhung des Dynamikbereichs des Digitizers die Erkennung kleinerer Signale.

Abtastrate

Die Entscheidung für das jeweilige Produkt hängt vorrangig von den in der Anwendung verwendeten Frequenzen ab. Die Abtastrate des Digitizers sollte in der Regel 5 bis 10 Mal so hoch sein wie die Frequenz der Anwendung. Wenn in der Anwendung Dopplerverschiebungen zum Einsatz kommen, muss hier die zeitliche Auflösung deutlich höher sein, da Frequenzverschiebungen, die häufig nur Bruchteile einer Signalperiode betragen, genau gemessen werden müssen. Bei Doppler-Anwendungen muss die Abtastrate des Digitizers möglicherweise deutlich mehr als 10 Mal so hoch sein wie die verwendete Frequenz.

Bandbreite

Die Bandbreite des Digitizers sollte die höchste in der Anwendung verwendete Frequenz mindestens um den Faktor 2 übertreffen. Das Arbeiten mit einer niedrigeren Bandbreite führt zu einer Dämpfung der Signale mit höheren Frequenzen und begrenzt möglicherweise Messauflösung und -genauigkeit.

Dynamikbereich

Durch Erhöhen des Dynamikbereichs des Digitizers (Anzahl an Bits) lassen sich kleinere Signale erkennen. ADCs (Analog-Digital-Wandler) mit höherer Auflösung bieten in der Regel

► Application Note

einen besseren Signal-Rausch-Abstand, was die gleichzeitige Erkennung großer und kleiner Signale während derselben Aufzeichnung ermöglicht. Aus diesem Grund verwenden moderne Systeme häufig ADCs mit höherer Auflösung oder eine Signalverarbeitung (wie Mittlung und Filterung) zur Verbesserung ihrer gesamten Messempfindlichkeit.

Weitere Betrachtungen

Die Eingangsschaltkreise des Digitizers müssen gut auf die Ausgangsimpedanz des Ultraschallsensors und auf die Kopplungsanforderungen abgestimmt sein. Viele der Digitizer von Spectrum bieten verschiedene Eingangspfade, Eingangskonfigurationen und Eingangswiderstände, um eine möglichst gute Abstimmung zu ermöglichen.

Je nach Art des Ultraschallsignals können auch die Aufzeichnungsmodi des Digitizers wichtig sein. Anwendungen mit Impulspaketen oder gepulstem Ultraschall profitieren von der Fähigkeit des Digitizers, mehrere Aufzeichnungen bei minimalen Totzeiten zwischen den Impulspaketen durchzuführen und zu verarbeiten. Multiple Recording (segmentierte), Gated-Sampling- und Streaming-Erfassungsmodi können sicherstellen, dass jedes Ereignis präzise aufgezeichnet und analysiert wird.

Zudem bieten Digitizer von Spectrum Möglichkeiten der Signalverarbeitung wie Mittlung, Spitzenerkennung, Filterung und schnelle Fourier-Transformation (FFT). Unter diesen Möglichkeiten stehen die Mittlung und die Spitzenerkennung als FPGA-basierte, interne Verarbeitungsfunktionen zur Verfügung. Die anderen Signalverarbeitungsfunktionen stehen in der Software SBench 6 von Spektrum oder in Softwareprodukten von Drittherstellern zur Verfügung.

► Application Note

Eine typische Ultraschallanwendung

Die folgende Messung mithilfe eines Ultraschall-Entfernungsmessers veranschaulicht einige der bei Digitizern von Spectrum verfügbaren Funktionen. Das Gerät sendet eine Folge von fünf akustischen Impulsen mit 40 kHz aus. Als Messsensor wurde bei diesem Test ein Messmikrofon mit einer Bandbreite von 100 kHz verwendet. Für das Mikrofon war eine Eingangsterminierung von einem Megaohm mit DC-Kopplung erforderlich. In Abbildung 2 ist die Messung in der Software SBench 6 zu sehen.

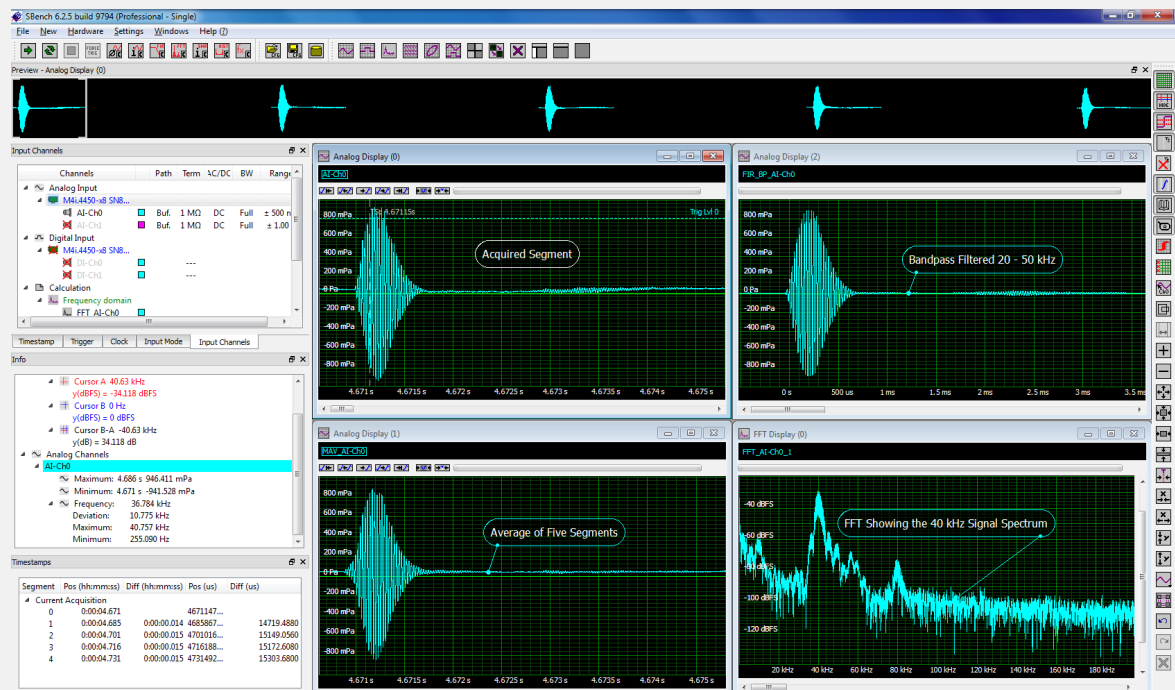


Abbildung 2: Verwendung der Software SBench 6 von Spectrum zur Aufzeichnung und Verarbeitung eines 40 kHz Ultraschallsignals. Die fünf Segmente einer Mehrfachaufzeichnung werden mithilfe eines Bandpassfilters sowie Mittelung und FFT verarbeitet.

Der Digitizer wurde im Multiple Recording Aufzeichnungsmodus eingerichtet. Er zeichnete die fünf Ultraschallimpulse in einer Einzelmessung auf. Im Vorschauenfenster im oberen Bereich der Anzeige werden diese Impulsfolgen dargestellt. Jedes dieser Ereignisse wurde mit einem Zeitstempel versehen. In der Zeitstempeltabelle in der unteren linken Ecke des Bildschirms wird die Ereigniszeit sowohl absolut als auch relativ zu anderen Ereignissen angezeigt. Zeitstempel bieten eine einfache Möglichkeit, die Impulsfolgedauer zu messen. Gleichzeitig vereinfacht der Multiple Recording Aufzeichnungsmodus den Vergleich einzelner Ereignisse und die Durchführung weiterer Messungen wie die Messung der Impulsdauer, der relativen Einschaltdauer, der Impulsdauer im Raum, der Spitzenamplitude und der Zeit.

Eine vergrößerte Anzeige der ersten aufgezeichneten Impulsfolgen einschließlich der abgeschwächten Reflexion durch das Ziel wird in der oben links dargestellten Kurve angezeigt. Zu beachten ist, dass die abfallende Flanke nicht flach ist. In der Anzeige der FFT ist das Spektrum des aufgezeichneten Signals im unteren rechten Quadranten zu sehen. Zusätzlich zur Primärfrequenz von 40 kHz gibt es eine zweite Oberschwingung mit 80 kHz und deutlich erkennbaren niederfrequenten Störanteilen. Der Anstieg der Basislinie des aufgezeichneten Signals wird durch die niederfrequente gestörte Signalaufzeichnung

► **Application Note**

verursacht. Basierend auf dieser Spektralansicht wird ein Bandpassfilter mit Grenzfrequenzen von 20 und 50 kHz auf das Signal angewendet (Diagramm oben rechts). Das Filtern führte zu einer Abflachung der abfallenden Signalfanke. Der Mittelwert der fünf aufgezeichneten Impulsfolgen wird im unteren linken Diagramm angezeigt. Die senkrechte Achse jeder dieser Ansichten ist entsprechend der Empfindlichkeit des Mikrofons skaliert; auf der Achse ist der Schalldruck (in Pascal) aufgetragen. Diese Ansichten bieten umfangreiche quantifizierte Informationen über das aufgezeichnete Signal.

Darüber hinaus werden Messungen von Signalfrequenz und maximaler sowie minimaler Signalamplitude im Info-Fenster angezeigt. Dies ist nur ein kurzes Beispiel der durchführbaren Messungen.

Der Digitizer und die zugehörige Software bieten zahlreiche Mess- und Analysetools zur Unterstützung bei der Entwicklung von Ultraschallanwendungen.