

# DualPath verstehen

## Weshalb ein A/D-Wandler pro Kanal nicht (immer) genügt

Bei Leistungsmessgeräten herkömmlicher Bauart durchläuft ein Signal zunächst eine analoge Aufbereitung, deren Ausgangswerte optional ein Anti-Aliasingfilter (AAF) passieren bevor sie von einem A/D-Wandler digitalisiert und schließlich weiterverarbeitet werden.

Die Entscheidung für oder gegen das AAF muss bereits **vor** der Abtastung getroffen werden, da Aliasing zum Zeitpunkt des Samplings auftritt und nachträglich nicht mehr rückgängig gemacht werden kann. Effektivwerte können aufgrund ihrer statistischen Natur ohne Aliasing-Risiko bestimmt werden, bei allen anderen Messungen muss Vorsicht walten.

Durch die Beschränkung auf einen A/D-Wandler müssen in gängigen Geräten zwangsweise Nachteile in Kauf genommen werden. Sollen sowohl der Effektivwert über die gesamte Bandbreite des Messgerätes als auch Grundswingungsleistung bestimmt werden, so kann zwischen Messungen mit und ohne Filter hin- und hergewechselt werden – zumindest theoretisch. In der Praxis ist es jedoch höchst schwierig, bei zwei Messungen exakt den gleichen Betriebspunkt anzusteuern. Gelingt dies nicht, ist mangels Wiederholbarkeit keine Vergleichsbasis gegeben. Außerdem ist dieses Verfahren äußerst zeitaufwändig. Lässt man jedoch eine

der beiden Messungen weg, um Zeit zu sparen, so schleichen sich unweigerlich Fehler ein. Wird mit aktiviertem Filter gemessen, um Aliasing bei der FFT zu vermeiden, gehen die Breitbandwerte verloren. Bei abgeschaltetem Filter müsste streng genommen komplett auf die FFT verzichtet werden. Wird die FFT ohne Anti-Aliasing-Filter bei Messung über die volle Bandbreite trotzdem durchgeführt, ist die Güte der berechneten Werte fragwürdig. Ein Aliasing-Fehler von z.B. 50 % würde natürlich schnell erkannt, eine Abweichung von 0,5 % könnte jedoch unbemerkt bleiben.

**LMG600**

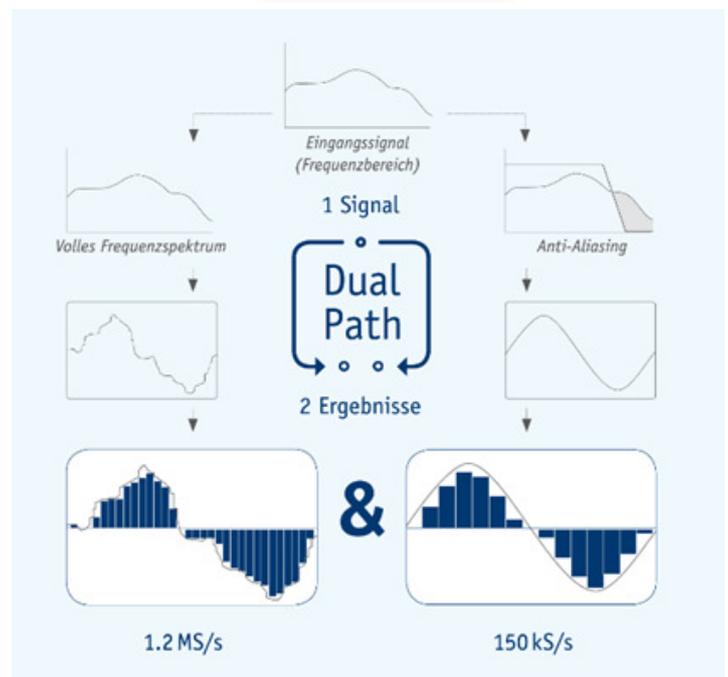
- ✓ Schnelle Messung
- ✓ Vollständige Breitbandwerte
- ✓ Korrekte FFT
- ✓ Präzise Ergebnisse

**Herkömmliche Messgeräte**

- ⊖ Risiko von Aliasing
- ⊖ Verlust von Breitbandwerten
- ⊖ Verzicht auf FFT
- ⊖ Suspekte Werte bei Zeitversatz
- ⊖ Lange Messdauer

Letztlich handelt es sich also bei allen dargestellten Messmethoden um unbefriedigende Kompromisse. Aus diesem Grunde hat ZES ZIMMER die Signalaufbereitung grundlegend neu gestaltet und die DualPath-Architektur entwickelt. Die analoge Seite entspricht dabei der herkömmlicher Messgeräte, die anschließende digitale Weiterverarbeitung wurde jedoch revolutioniert. Nur die Geräte der LMG600-Serie verfügen in jedem Strom- und Spannungskanal über jeweils zwei A/D-Wandler in zwei unabhängigen Signalpfaden. Einen für die filterlose Messung des Breitband-Signales, und einen weiteren für das schmalbandige Signal am Ausgang des Anti-Aliasing-Filters. Durch die parallele Weiterverarbeitung der digitalisierten Abtastwerte erhält der Anwender Zugriff auf beide Messungen desselben Signales, ohne Alias-Effekte zu riskieren.

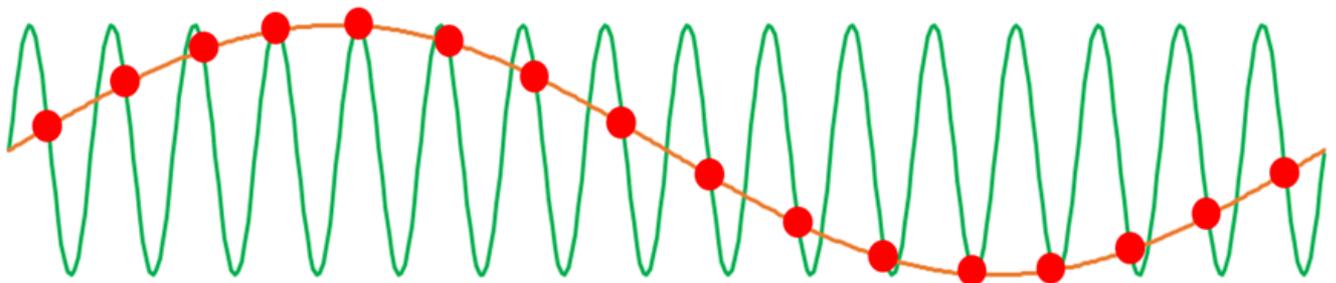
Dieses einzigartige Verfahren vermeidet alle Nachteile vergangener Ansätze und garantiert genaueste Ergebnisse in kürzester Zeit.



## Häufig gestellte Fragen

1. Hersteller X wirbt damit, seine Messgeräte könnten schon seit Jahren Effektivwerte und harmonische Werte parallel darstellen, und dies sei letztlich das Gleiche wie DualPath – stimmt das? Nein, dies bedeutet lediglich, dass der Kunde nicht zwischen zwei Messmodi umschalten muss, um alle gewünschten Werte gleichzeitig anzuzeigen. Die parallele Anzeige ist zwar für den Kunden komfortabel, doch bei näherer Betrachtung stellt sich heraus, dass die dargestellten Effektivwerte wichtige Anteile des Leistungsspektrums unterschlagen. Der Grund dafür liegt im AAF, das zur korrekten harmonischen Analyse vorgeschaltet werden muss. Dieses Filter begrenzt die Bandbreite auf mehrere hundert Kilohertz, wovon auch die angezeigten Effektivwerte betroffen sind. Es handelt sich also nicht, wie im Falle des LMG600, um echte Breitbandeffektivwerte, die alle Leistungsanteile zwischen DC und 10 MHz beinhalten. Gerade bei PWM-Signalen mit einer Taktfrequenz von bis zu 20 kHz, wie sie z.B. an UmrichterAusgängen auftreten können, sollten die Anteile von 300 kHz bis 10 MHz nicht vernachlässigt werden.
2. Die Geräte des Herstellers Y messen zunächst mit maximaler Bandbreite, um hinterher mittels digitaler Filterung die Schmalbandwerte zu errechnen – diese Vorgehensweise liefert die gleichen Ergebnisse wie DualPath, oder? Nein, diese Vorgehensweise zeigt lediglich auf, dass das Abtasttheorem und die Aliasing-Problematik nicht richtig verstanden wurden. Frequenzanteile, für die nach dem Nyquist-Shannon-Theorem die Abtastrate nicht ausreichend ist, müssen vorher weggefiltert werden, da sie nach der Abtastung nicht mehr als hochfrequent erkannt werden können. So würde z.B. ein Signal bei einer Frequenz von 50 Hz unter der Abtastrate nach dem Sampling als 50Hz-Signal erscheinen. Dieses erst durch die Unterabtastung erzeugte Signal kann nicht mehr vom ursprünglich zu messenden Signal unterschieden werden, da ein Teil der ursprünglichen Information mangels ungenügender Abtastrate ausgelöscht wurde.

Folgende Grafik illustriert dies:



Die grüne Schwingung stellt ein hochfrequentes (2 MHz) Signal vor der Abtastung dar, die roten Punkte das Ergebnis einer Unterabtastung – hier mit einer Rate leicht über der Signalfrequenz (2,125 MHz). Durch die fehlerhafte, da nach Nyquist-Shannon zu langsame Abtastung, entsteht eine neue „Phantomschwingung“, die mit  $(2,125 \text{ MHz} - 2 \text{ MHz} = 125 \text{ kHz})$  nur noch  $1/16$  der ursprünglichen Frequenz aufweist und nachträglich nicht mehr von den ursprünglichen Signalanteilen im Bereich von 125 kHz zu trennen ist. Dort können z.B. bei einem Umrichter Harmonische der Taktfrequenz auftauchen, die von der „Phantomschwingung“ verfälscht werden. Die Information, dass die 125kHz-Signale ursprünglich von einem 2MHz-Signal stammen, ist verloren gegangen. Die angeführten Werte sind nur Beispiele, die falschen Frequenzanteile könnten z.B. durchaus auch in Nähe der Grundschwingung des zu vermessenden Prüflings auftauchen. Zu versuchen, diese Anteile hinterher zu identifizieren und zu entfernen, ist ebenso vergeblich, wie alle blauen Farbflächen markieren zu wollen, nachdem man ein Farbfoto in eine Schwarzweißfoto konvertiert hat – die Information „Farbe“ ist unwiederbringlich verloren, die verbleibende Information „Helligkeit“ ist nicht äquivalent.