

Die perfekte Welle

Funktionsgenerator versus Wellenform-Generator

Weil arbiträre Wellenform-Generatoren jede reale Wellenform erzeugen, gelten sie oft als das „ideale“, Messgerät. Dabei übersieht man gerne, dass diese Geräte keine Standard-Wellenformen und -Modulationen kreieren können. Außerdem sind sie relativ teuer. Setzt der Anwender dagegen die klassischen Arbiträr-/Funktionsgeneratoren ein, um dieses Manko zu umgehen, kämpft er bald mit der begrenzten Auflösung und Genauigkeit dieser Instrumente. Ein spezielles Generatorkonzept nutzt jetzt die Vorteile aus beiden Generatorwelten und bietet eine Lösung, die auf hohe Speicherkapazität setzt und gleichzeitig alle Standard-Modulationsformate und Frequenzen generieren kann.

Werner Bach*

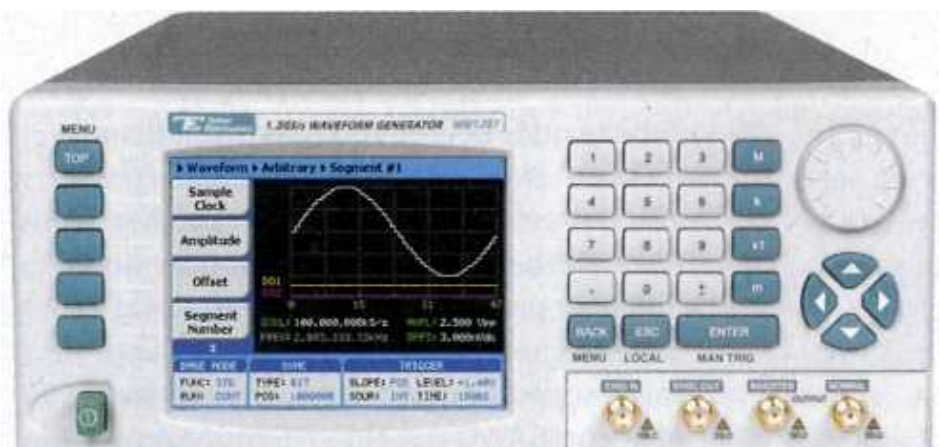
Arbiträre Wellenform-Generatoren (AWG) eignen sich für lange Sequenzen von komplexen Signalen oder für Signale mit hoher Bandbreite. Anwender, die mit weniger komplexen Signalen arbeiten, setzen typischerweise Arbiträr-/Funktionsgeneratoren (AFG) ein. Allerdings zeigen sich die Anwender dabei oft unzufrieden mit diesen Geräten, weil sich diese nur eingeschränkt nutzen lassen. So muss man mitunter mehrere Generatoren für eine Applikation einsetzen, um eine annähernd perfekte Lösung zu erhalten. Generell sind folgende Generator-Typen erhältlich: **Traditionelle Funktionsgeneratoren** (FG oder SFG) sind analoge Generatoren. Sie stützen sich auf spannungsgesteuerte analoge Dreieckswellen-Oszillatoren, die in begrenzter Weise Wellenformen liefern. Durch Modifizierung des Basis-Dreiecks lassen sich zusätzliche Wellenformen generieren. Eine Rechteckwellenform wird z.B. erzeugt, indem das analoge Dreieckssignal durch einen Komparator fließt, der an die Mittelpunkte des Dreiecks geschaltet ist. Wird die Dreieckswellenform durch ein diodenverformendes Kanalnetz verzerrt, kann eine relativ reine Sinuswellenform generiert werden. Analoge Generatoren können zwar die

*Werner Bach ist Marketingleiter und Prokurist bei der CompuMess Elektronik GmbH in Unterschleißheim bei München. Der Distributor vertreibt die arbiträren Wellenform-Generatoren des israelischen Messtechnikherstellers Tabor Electronics.

Standardwellenformen in allen Frequenzbereichen liefern, sie weisen jedoch einige Schwächen auf wie geringe Auflösung und Genauigkeit. Zudem kann der Anwender weder komplexe noch individuelle Wellenformen erzeugen.

Auslassen von Adressen reduziert die Abtastungen

Arbiträr/Funktionsgeneratoren sind digitale Generatoren. Sie basieren auf einem System mit direkter digitaler Synthese (Direct Digital Synthesis, DDS), welches sich durch eine feste Abtast-Taktfrequenz und eine definierte Länge der Lookup Tabelle auszeichnet. Das in diesem System benutzte Adressierungs-Schema bezeichnet man als Phasen-Akkumulator. Eine Frequenzerhöhung wird durch das Auslassen von Adressen in der Lookup Tabelle erreicht. So werden die Abtastungen reduziert und der Zyklus früher abgeschlossen, da weniger Adressen benutzt werden. Nochfolgende Scans in der Lookup-Tabelle duplizieren nur selten das gleiche präzise Adressmuster, wodurch es am Ausgangssignal zu Effekten der Amplituden Modulation sowie zu Problemen hinsichtlich Jitter und Phasenrauschen kommen kann. Außerdem besitzen AFG bedingt durch ihre Architektur nur einen kleinen Speicher und keine Speicher-Partitionierung, um wirklich lange reale Wellenformen oder Sequenzen sich wiederholender Signalmuster zu erzeugen.



Messgerätespezialist Tabor Electronics liefert eine breite Palette an Funktions-, Impuls- und Arbiträrgeneratoren. Bei der jüngst vorgestellten Modellserie Wonder Wave handelt es sich um Funktions-/Arbiträr-generatoren in Tischgeräteversion mit halber 19"-Breite und Abtastraten bis 1,2 GS/s.

Mit anderen Worten: Es wird keinen 20-MHz-AFG geben, der eine Dreieckswellenform mit 20 MHz spezifiziert, weil es sich um ein digitales Gerät handelt, das die Frequenz über eine feststehende Abtastrate dividiert durch die Anzahl der Speicherpunkte berechnen muss.

Arbiträre Wellenform-Generatoren sind digitale, speicherbasierte Generatoren, die über den D/A-Wandler jede Art von Wellenformen ausgeben können. Mit ihren umfangreichen Funktionen und Möglichkeiten können AWG Amplituden oder Frequenzen erhöhen oder verringern sowie Signale beliebig oft wiederholen und Wellenformen komplex modifizieren. Ein AWG bietet verschiedene Abtastraten, mit denen sich reproduzierbare Wellenformen für komplexe periodische Signale generieren lassen. Abtast-Taktfrequenz und die Anzahl der Tastpunkte in der Lookup-Tabelle bestimmen die Frequenz der Wellenform. Dabei ist die Frequenz der Quotient von Abtastrate/Speicherpunkte. Um die gewünschte Ausgangsfrequenz zu erhalten, muss der Anwender die Abtastrate oder die Länge der Lookup-Tabelle oder beides verändern. Mit einem „echten“ AWG wird jede Wellenform präzise reproduziert. Da ein AWG speicherbasiert arbeitet, kann der Anwender den Speicher programmieren, indem er ihn in Datensegmente gliedert und jedes Segment separat nutzen kann. Außerdem ist ein echter AWG mit einem Sequenzer ausgerüstet, mit dem sich die Segmente beliebig verknüpfen bzw. in Schleifen einbinden lassen. Für die Signalausgabe sind die Betriebsarten kontinuierlicher Modus, Stufen- sowie Single- oder Mixed-Modus verfügbar. Anders als bei AFG lassen sich mehrere AWG für Mehrkanal-Lösungen synchronisieren. Der israelische

Messtechnikspezialist Tabor Electronics hat mit der Serie Wonder Wave sieben Generatormodelle vorgestellt, deren Gerätedesign die Techniken beider Generatorwelten kombiniert. Laut Hersteller unterstützen diese Modelle somit einfache Standardfunktionen wie anspruchsvolle, lange und komplexe Wellenformen zu einem Preis, der im Bereich von günstigen Arbiträr-/Funktionsgeneratoren liegt. Ihre herausstechenden Eigenschaften: höhere Taktraten, großer Speicher und eine ausgefeilte Menüsteuerung. So ist einerseits ein echter Arbiträr-Wellenformgenerator integriert, der speicherbasiert alle erforderlichen Speicher-Managementfunktionen für die Erzeugung komplexer Wellenformen bietet, andererseits ist eine DDS implementiert, damit der Anwender alle Standard-Modulationsformate und Frequenzen generieren kann. Zu den Generator-Applikationen, die der Anwender mit nur einem Gerät bedienen kann, zählen u.a. Signal-, Funktions-, Puls-, Pattern-, Modulations-, Sweep-, Noise- oder sogar spezielle Video-Generatoren.

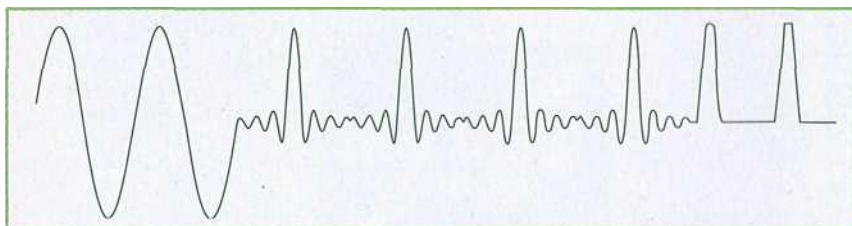
Die Sequenz bestimmt den Ablauf

Der Wellenformspeicher der Tabor-Modelle ist in einzelne Segmente aufgeteilt. Aufgabe des Sequenzgenerators ist es, diese Segmente in einer programmierten Abfolge automatisch auszugeben. Eine Sequenz ist somit eine Ablaufanweisung bzw. eine Folge von n Schritten, wobei in jedem Schritt definiert wird, welches Segment an dieser Stelle wie oft ausgegeben werden soll. Wesentlicher Bestandteil dieser Anweisung ist die Zahl der

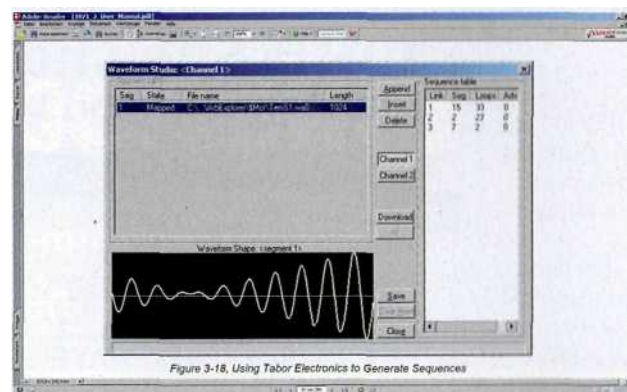
Wiederholungen („Loops“) eines Segments, bevor zum nächsten Segment gesprungen wird. Das Prinzip ist vergleichbar mit der Synchronisation von Bild und Zeilen innerhalb eines Videosignals: Hier entstehen zunächst Hunderte von Zeilen-Sync Pulsen, gefolgt von einem Bildsynchro-nisationssignal, das sich seinerseits aus periodischen Signalen zusammensetzt. Programmiert der Anwender dieses Szenario mit einem Wonder-Wave-Modell, muss er all jene Vorgänge, die im gesamten Signalablauf mehr als einmal auftreten, nur ein einziges Mal programmieren. So beansprucht ein derartiges Signalteil nur ein kleines Segment im Speicher - selbst wenn dieses im gesamten Signalablauf Tausende Male an unterschiedlichen Stellen auftaucht. Weil der Speicher entsprechend „geschont“ wird, entscheidet je nach Aufgabenstellung das Vorhandensein eines Sequenzgenerators über das „Geht“ oder „Geht-Nicht“ bei der Generierung eines bestimmten Signals.

Augen auf beim Generatorkauf

Viele Hersteller von Arbiträr-/Funktionsgeneratoren (AFG) stellen die Technik der direkten digitalen Synthese (DDS), auf die sich diese Messgeräte im Allgemeinen stützen, in Kombination mit hohen Abtastraten als die beste Alternative für einen Generator dar. Dabei weisen diese Geräte lediglich feststehende Abtastraten auf. Auch führt ihre Architektur selten zur präzisen Duplizierung eines Adressmusters. Der Grund: Bei einem AFG handelt es sich weder um einen traditionellen Funktionsgenerator, noch um einen „echten“ arbiträren Wellenform-Generator (AWG). Vielmehr kann dieses Gerät als „digitale Ausführung“ eines echten Funktionsgenerators gelten, berücksichtigt man, dass die Wellenformen von analogen Schaltungen ausgegeben und über den gesamten Frequenzbereich generiert werden können. Dagegen ist in einem echten AWG der Speicher so getaktet, dass jeder Speicherpunkt abgetastet wird. So wird die Wellenform in jedem Zyklus auf die gleiche Weise wieder erzeugt. Da keine Wellenpunkte ausgelassen oder wiederholt werden, sind Jitter und Phasenrauschen minimal. Der Nachteil eines AWGs: Die verfügbare Aufzeichnungslänge limitiert oft die Fähigkeit, ein reales Signal nachzubilden, denn nicht jedes Messgerät dieser Art bietet die benötigte hohe Speicherkapazität mit entsprechendem Speicher-Management.



■ Bei dieser Signalabfolge aus Sinus, $\sin(x)|x$ und Pulsen wird je eine Periode dieser drei Funktionen in drei Speichersegmenten abgespeichert. Die Sequenz definiert, wie oft das jeweilige Segment ausgegeben werden soll und welches Segment als nächstes drankommt.



■ Jeder Schritt ist in der Sequenztabelle (rechts im Bild) festgelegt. Eine solche (Einzel-)Sequenz kann bis zu 4096 Schritte lang sein. Darüber hinaus lässt sich eine Makrosequenz definieren, die die Abfolge von bis zu 16 dieser Einzelsequenzen bestimmt.