

Test stimuli-réponse à l'aide de générateurs de signaux et de numériseurs combinés en un seul instrument

Auteurs :

Oliver Rovini - Directeur technique, Spectrum Instrumentation, Arthur Pini - Consultant Spectrum

Dans le monde du test électronique, il existe deux catégories de tests. Les dispositifs électroniques auto-stimulés tels que les alimentations électriques, les oscillateurs, les émetteurs et les générateurs de signaux sont testés à l'aide d'instruments d'acquisition de données comme des numériseurs, des oscilloscopes ou des analyseurs de spectre. La deuxième catégorie de tests consiste à tester des dispositifs tels que des amplificateurs, des filtres, des récepteurs ou des interfaces numériques qui doivent être stimulés extérieurement par une source de signal avant que les instruments d'acquisition de signal ne puissent être utilisés. Cette catégorie de test est appelée test de réponse aux stimuli ou « stimuli-réponse »

L'hybridNETBOX de Spectrum Instrumentation combine plusieurs numériseurs multicanaux et plusieurs générateurs de signaux (AWG ou Arbitrary Waveform Generator) en un même instrument universel conforme LXI, capable de mesurer les stimuli et les réponses. Il s'agit vraiment d'un système de test tenant dans un boîtier. La Figure 1 montre une hybridNETBOX type.

Six configurations différentes d'hybridNETBOX sont disponibles avec différentes fréquences d'échantillonnage et



Figure 1 : Un modèle DN2.806-08 équipé de huit canaux équipés chacun d'un générateur de signaux et d'un numériseur 16 bits, regroupés dans un boîtier d'instrument conforme LXI.

d'horloge de sortie, pour 40, 80 ou 125 méga-échantillons par seconde (Méch./s) sur 2, 4 ou 8 canaux pour la génération et pour l'acquisition de signaux. Chaque canal offre 16 bits de résolution avec des bandes passantes allant jusqu'à 60 MHz, proportionnelles à la fréquence d'échantillonnage, ce qui permet d'assurer que le numériseur et les canaux AWG assurent une précision et une exactitude exceptionnelles.

Le générateur de signaux peut comporter de 2 à 8 canaux totalement synchronisés à l'aide d'une horloge commune et se déclenchant soit en interne, soit en externe. Les niveaux de sortie AWG peuvent aller jusqu'à ± 6 Volts dans 50 Ohms ou ± 12 V en haute impédance pour les versions à 2 et 4 canaux, ou jusqu'à ± 3 V dans

50 Ohms ou ± 6 V en haute impédance pour la version 8 canaux. Les capacités AWG sont complétées par quatre lignes d'entrée/sortie (E/S) numériques pour des impulsions de marquage programmables par l'utilisateur, ainsi que par des entrées horloge et déclenchement externes.

2 à 8 canaux de numérisation permettent de traiter une large gamme de signaux d'entrée de ± 200 mV à ± 10 V avec un offset CC réglable et une impédance d'entrée de 50 Ohms ou de 1 MOhm sélectionnable par l'utilisateur. Les numériseurs disposent d'entrées simples et différentielles. Le numériseur possède également une horloge externe et une entrée de déclenchement, ainsi que 2 lignes d'E/S numériques à usage général définies par l'utilisateur.

L'hybridNETBOX est totalement conforme à la norme LXI. Connectez simplement la ou les unités à votre ordinateur ou à votre réseau via le port Ethernet Gbit en face arrière, et vous êtes prêt à travailler !

L'hybridNETBOX est aussi totalement programmable et elle est fournie avec des drivers pour les systèmes d'exploitation Windows et Linux.

Spectrum Instrumentation fournit également son outil logiciel SBench 6 pour le contrôle, l'affichage, la mesure et le traitement du signal, avec toute sa gamme de produits. Le logiciel dispose même d'un générateur de rapports intégré. En outre, pour permettre la programmation des unités pour des applications personnalisées, des exemples sont fournis pour C++, LabVIEW, MATLAB, Visual Basic .NET, Python et d'autres langages de programmation courants.

Test stimuli-réponse

Avec jusqu'à 8 canaux de génération et d'acquisition de signaux disponibles, l'hybridNETBOX est idéalement configurée pour les systèmes de mesure de type stimuli-réponse. Étant donné qu'une seule hybridNETBOX peut produire plusieurs signaux d'émission et de réception, c'est l'outil parfait pour tester ou évaluer des systèmes MIMO ou des systèmes à base de bus. L'hybridNETBOX s'intègre aux applications ATE pour le test automatique de composants et de sous-ensembles, pour vérifier la fonctionnalité et l'étalonnage des dispositifs testés.

Prenons un exemple simple de mesure stimuli-réponse où l'on mesure le gain CA en boucle ouverte d'un amplificateur opérationnel à l'aide d'un AWG et d'un numériseur. Le circuit de test est illustré en Figure 2.

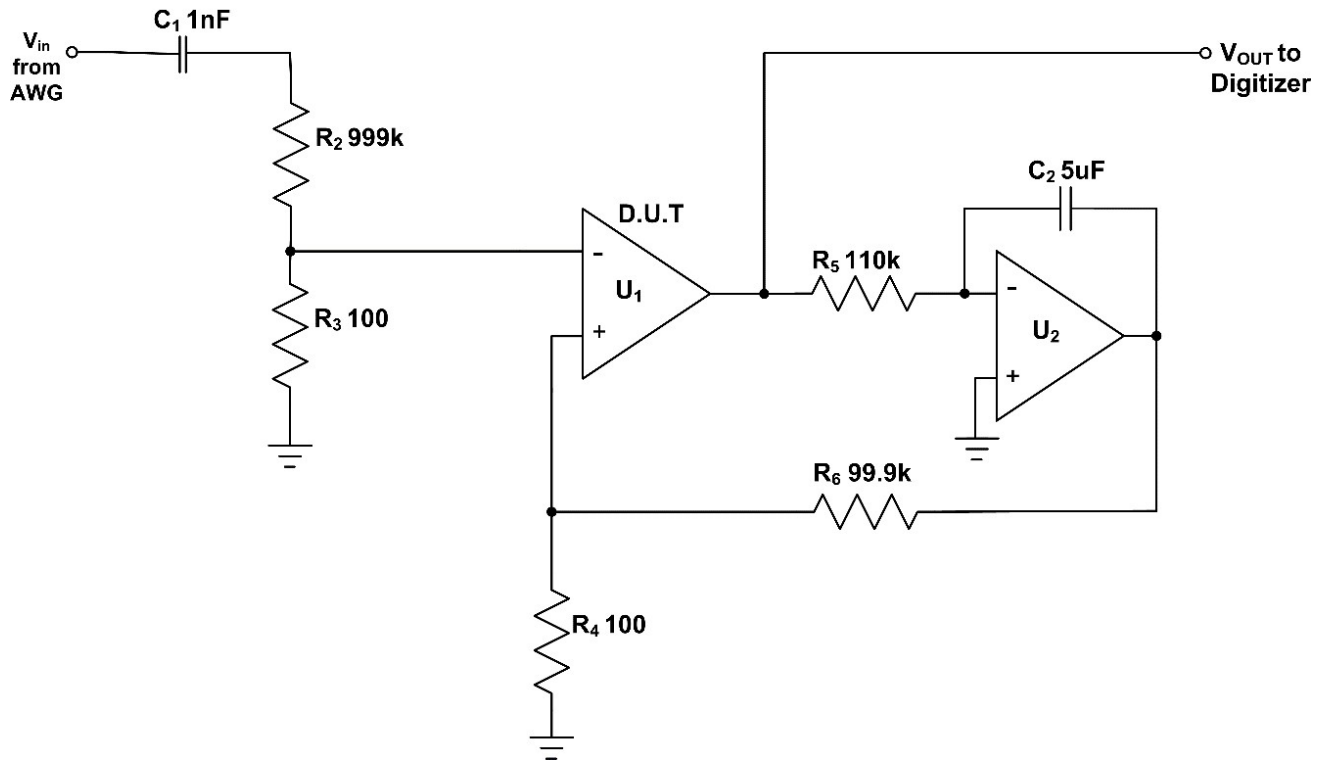
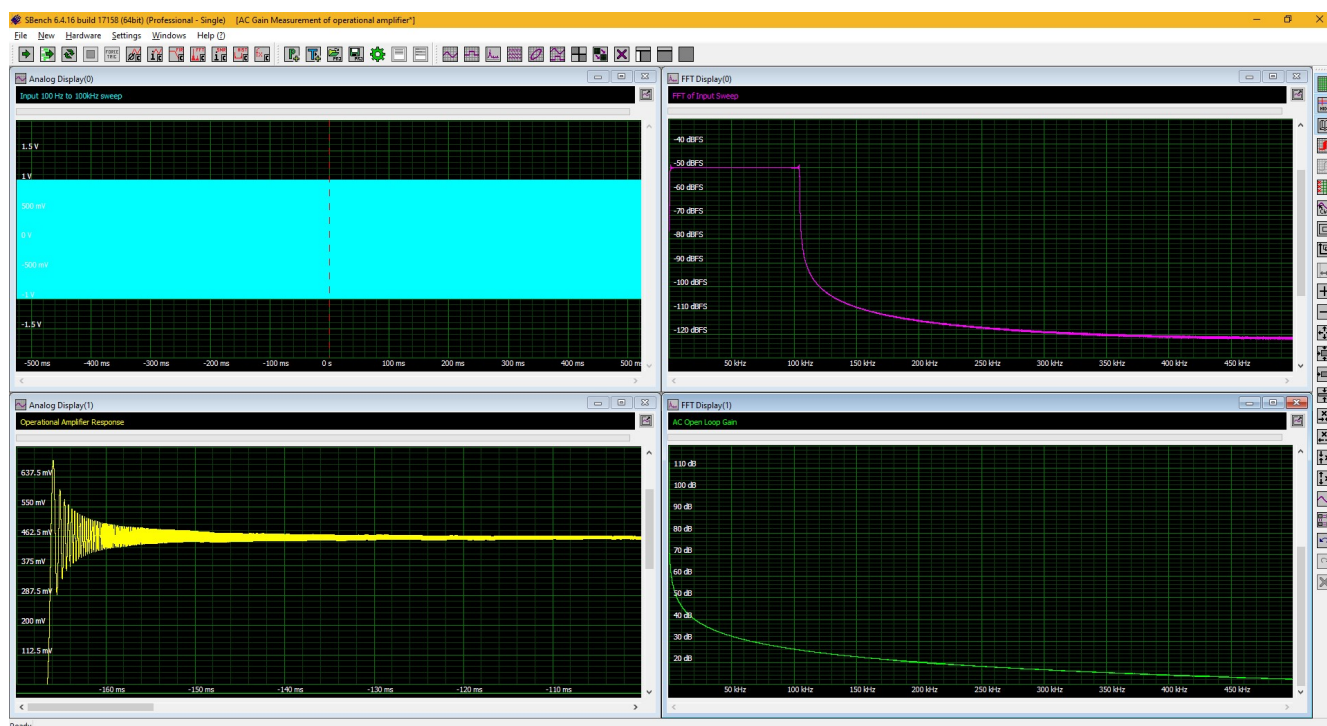


Figure 2 : Circuit de test pour la mesure du gain CA en boucle ouverte d'un amplificateur opérationnel, en utilisant un générateur de signal comme source et un numériseur pour mesurer la réponse.

Ce test consiste à appliquer un signal CA de faible intensité, généré par un AWG, à l'entrée de l'amplificateur opérationnel testé. Comme le gain de l'amplificateur est assez élevé, le signal d'entrée doit être atténué. Un atténuateur résistif avec un rapport 10 000 à 1 (R_1 et R_2) atténue l'entrée de 80 dB. L'amplificateur U_1 est le dispositif objet du test (DUT pour Device Under Test). U_2 est un amplificateur auxiliaire qui stabilise le niveau moyen de courant CC en sortie du DUT.

Le gain CA en boucle ouverte est spécifié en fonction de la fréquence. Le signal d'entrée doit avoir une réponse en fréquence plate sur la gamme de fréquences de test souhaitée. Le signal qui satisfait à cette exigence peut être à balayage de fréquence linéaire ou, à défaut, une fonction impulsion. On peut facilement programmer le générateur pour produire l'un ou l'autre de ces signaux en utilisant le logiciel de contrôle et de traitement de signaux SBench6 de Spectrum. SBench 6 permet de créer des formes d'onde à l'aide de fonctions standard, d'équations mathématiques, ou d'en importer depuis un numériseur ou un oscilloscope. Dans ce cas, un balayage sinusoïdal allant de 100 Hz à 100 kHz est créé à l'aide d'équations avec une durée de balayage d'une seconde. Le balayage sinusoïdal est choisi parce qu'il offre une plage dynamique plus large qu'une fonction impulsion. Le signal de balayage est appliqué au circuit de test et un numériseur mesure la sortie du circuit pendant toute la durée du balayage. Les résultats sont résumés en Figure 3.



Le graphique en haut à gauche montre le signal d'entrée sinusoïdal balayé pendant toute sa durée (1 seconde) pour confirmer la planéité de son amplitude dans le temps. La capacité de traitement du signal de SBench 6 comprend le calcul de la transformée de Fourier rapide ou FFT. La FFT affiche la puissance des signaux en fonction de leur fréquence, comme un analyseur de spectre. Le graphique en haut à droite contient la FFT du signal d'entrée, qui confirme une réponse en fréquence plate de 100 Hz à 100 kHz. La réponse de l'amplificateur opérationnel au signal d'entrée atténué est représentée dans le graphique en bas à gauche. Le spectre du signal de sortie est affiché dans le graphique en bas à droite, avec la correction d'amplitude correspondant à l'atténuateur 80 dB. Cette vue spectrale est le gain CA en boucle ouverte. Elle montre le gain CA de 100 Hz à 100 kHz avec un niveau maximum à 112 dB. L'amplitude décroît avec la fréquence à raison de -6 dB par octave, ou -20 dB par décade, conformément à ce que l'on attend d'un ampli op.

L'hybridNETBOX, qui contient à la fois la source du signal et son matériel d'acquisition, facilite le test. N'oubliez pas qu'avec jusqu'à 8 canaux sources de signaux et autant de numériseurs disponibles, il est possible d'effectuer jusqu'à 8 tests en parallèle.

Application d'enregistrement et de replay

Figure 3 : Les quatre principales étapes de la mesure de gain CA en boucle ouverte. Génération du signal (en haut à gauche), vérification de la plage de fréquence du signal d'entrée (en haut à droite), acquisition du signal de sortie (en bas à gauche) et extraction de la réponse en fréquence du signal de sortie (en bas à droite) qui est le gain CA en boucle ouverte.

Une autre capacité intéressante de l'hybridNETBOX est la possibilité d'acquérir un ou plusieurs signaux puis de les rejouer à la demande à des fins de simulation ou pour remplacer un sous-ensemble manquant. À titre d'exemple, pensez à l'acquisition et au replay des signaux d'électrocardiogramme d'un enregistreur Holter à trois fils. Cela peut permettre de développer des circuits sans qu'un patient ne porte l'appareil. Une bibliothèque de signaux pré-enregistrés élargit cette capacité de simulation. La Figure 4 fournit un exemple.



Figure 4 : Exemple de stratégie de test basée sur l'enregistrement et le replay utilisant un enregistreur Holter ECG à trois fils. Les trois traces du haut sont acquises à partir des fils 1 à 3. Les signaux sont copiés et rejoués sur trois canaux AWG.

Les trois premières traces montrent le signal acquis à partir des fils 1 à 3 de l'enregistreur. Ces traces sont copiées vers les canaux AWG désignés par « Function », « Function_01 » et « Function_02 ». Les signaux acquis peuvent aussi être améliorés grâce aux capacités de filtrage et de traitement de signal de SBench 6, avant d'être « rejoués » par les AWG.

De la même manière, des « anomalies » peuvent être introduites dans ces signaux avant qu'ils ne soient transférés vers les canaux AWG pour être générés à la demande. La figure 5 illustre l'ajout d'une anomalie 50 Hz au signal du fil 1.

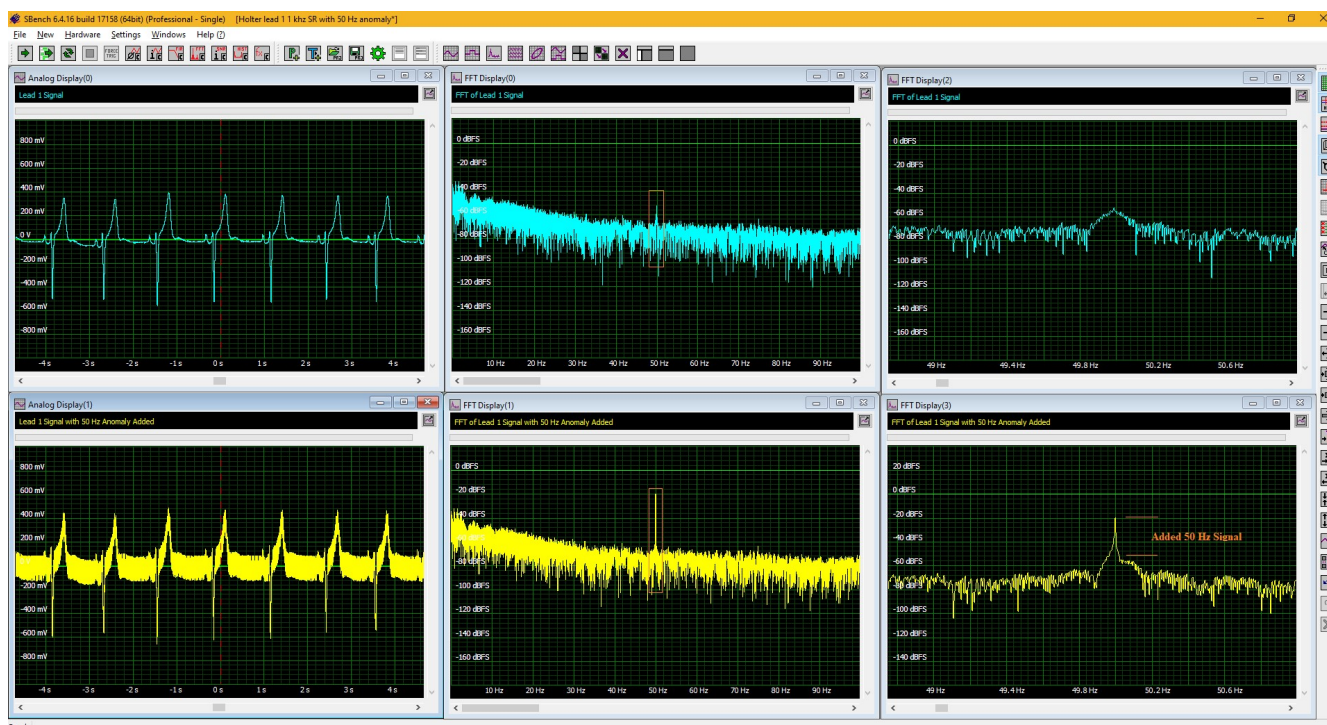


Figure 5 : Ajout d'un signal 50 Hz pour brouiller le signal du fil 1 du Holter

Le signal original du fil 1 apparaît dans le graphique en haut à gauche, qui a été dilaté horizontalement pour faire apparaître les cycles cardiaques individuels. La FFT de l'ensemble du signal apparaît dans le graphique en haut au milieu. La grille en haut à droite montre une vue dilatée horizontalement de cette FFT autour de 50 Hz. Notez que le signal original possède une petite composante 50 Hz. Le graphique en bas à gauche montre le même signal de fil 1 avec l'ajout d'une anomalie de 0,1 V à 50 Hz. La FFT du signal avec l'anomalie 50 Hz apparaît dans le graphique du milieu à droite. Un cadre orange indique le 50 Hz, qui montre maintenant une amplitude accrue à cause de l'anomalie ajoutée. Le graphique en bas à droite présente la FFT dilatée horizontalement autour de 50 Hz. L'amplitude plus importante de l'interférence à 50 Hz est marquée et notée. La possibilité de modifier le signal acquis avant replay permet d'évaluer l'efficacité des circuits de filtrage et de correction d'erreurs à la demande.

Repérage et localisation de l'écho

Les applications qui utilisent des signaux « d'écho » pour la localisation et la télémétrie, comme dans le cas des radars, sonars, lidars et systèmes à ultrasons, sont bien adaptés aux capacités de l'hybridNETBOX. La source AWG permet de générer ces signaux complexes et les numériseurs 16 bits offrent la dynamique nécessaire pour détecter les signaux d'écho, comme le montre la Figure 6.

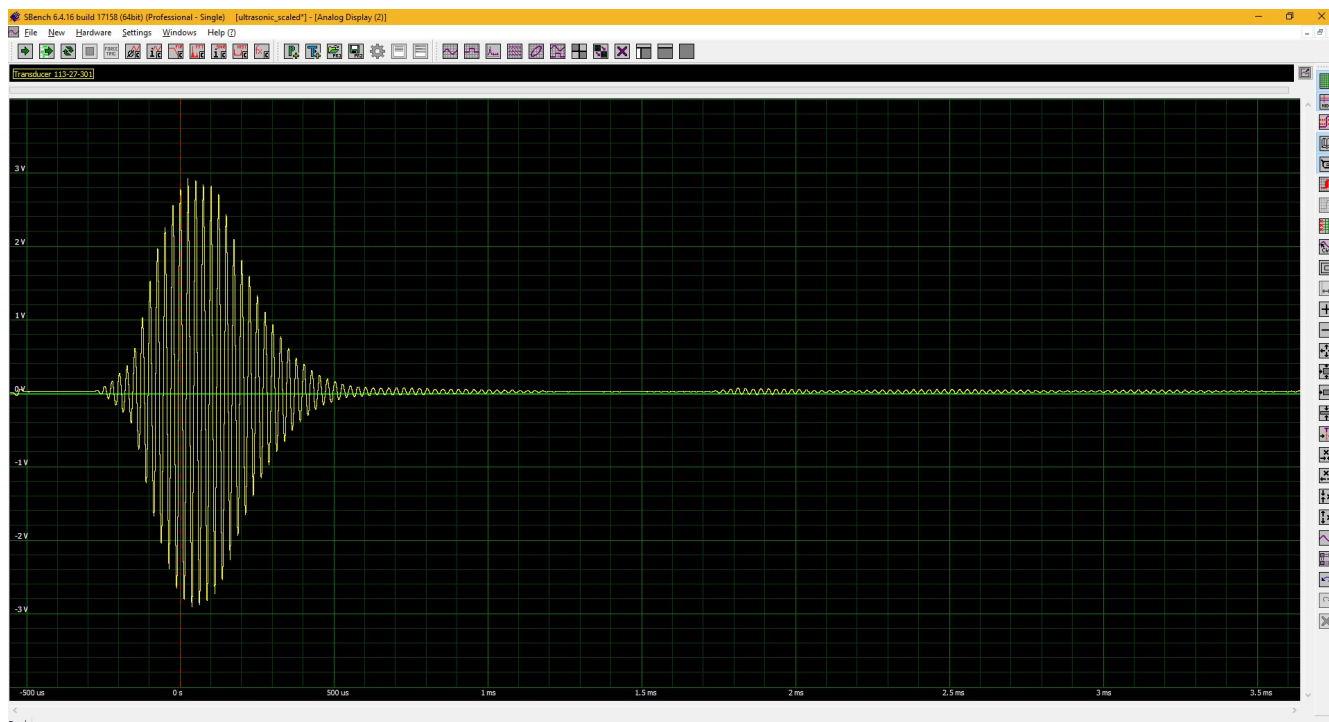


Figure 6 : Impulsion ultrasonore transmise et échos réfléchis multiples.

Il s'agit d'une impulsion ultrasonore à 40 kHz acquise à partir d'un télémètre, et de ses échos ultérieurs. L'amplitude des impulsions d'écho est environ 36 dB en dessous de l'impulsion transmise, ce qui permet de les discerner visuellement sur le graphique. En pratique, elles sont en général beaucoup plus faibles ! Les 16 bits de résolution d'amplitude de l'hybridNETBOX sont importants dans le cas d'applications comme celle-ci, où les signaux d'écho sont beaucoup plus faibles que le signal transmis et où la gamme dynamique est nécessaire pour générer ou détecter les échos de faible amplitude.

Les multiples échos sont dus à la mauvaise directivité du transducteur à ultrasons. Toutes les applications de localisation et de télémétrie par écho connaissent ce problème et s'efforcent d'améliorer la directivité et le gain en utilisant des matrices de transducteurs ou d'antennes à déphasage. Étant donné que l'hybridNETBOX est capable de produire plusieurs signaux d'émission et de recevoir plusieurs canaux, elle est idéale pour tester et évaluer ce type de système matriciel.

Imaginez un système d'imagerie par ultrasons dans lequel plusieurs signaux sont générés et envoyés vers une matrice de transducteurs. Le réglage du retard et de l'atténuation des différents signaux permet de contrôler le signal de sortie de la matrice de transducteurs. Les systèmes matriciels à déphasage, qu'il s'agisse d'antennes pour signaux RF ou de transducteurs à ultrasons, sont une forme courante de système MIMO (Multiple Input Multiple Output, ou entrées multiples sorties multiples). Les AWG multicanaux peuvent générer les signaux nécessaires au pilotage de ces systèmes, et ainsi de diriger le signal émis. De même, un numériseur multicanal permet de recevoir les signaux transmis. Les composantes de base du signal d'un système de transmission par ultrasons à huit éléments à déphasage sont illustrées en Figure 7.

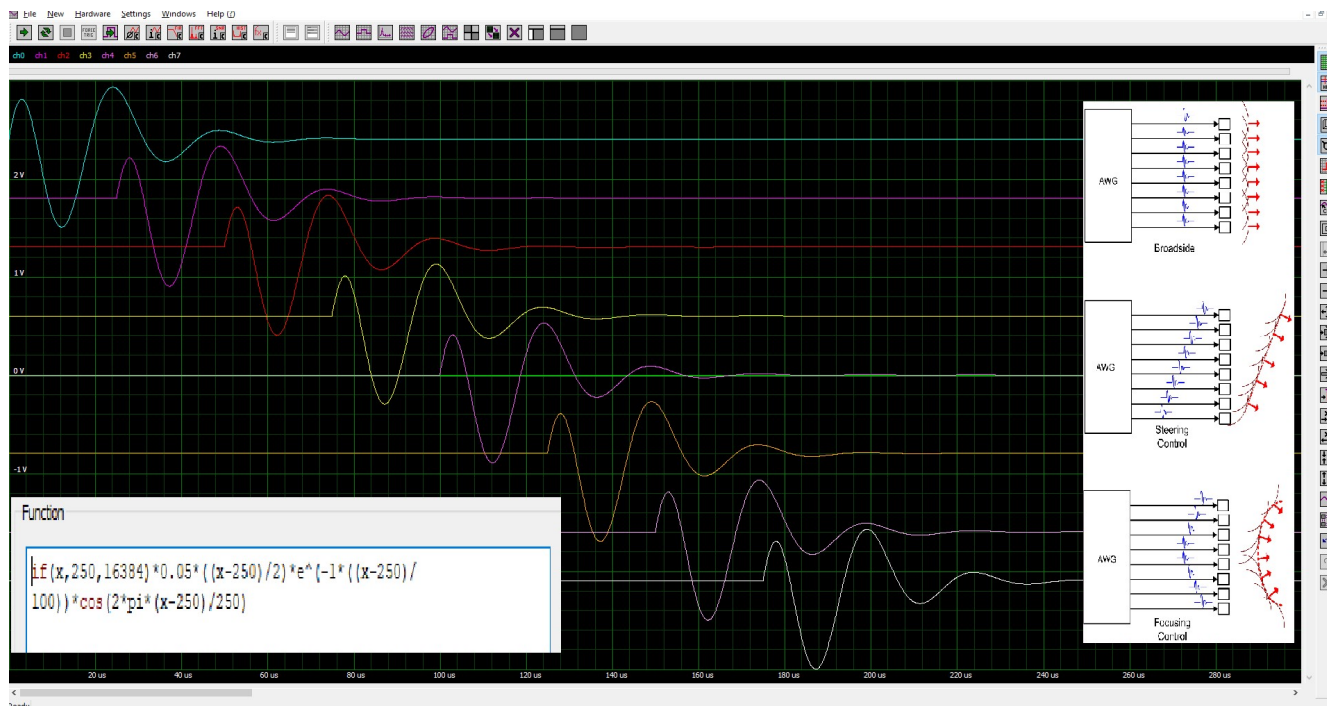


Figure 7 : Huit signaux ultrasons, chacun avec un retard de 25 µs par rapport au précédent, sont générés à l'aide de huit équations, dont l'une est présentée dans l'encart en bas à gauche de la Figure 7. L'autre encart montre les possibilités d'orientation ou de focalisation en fonction du retard associé à chaque signal.

La création d'un grand nombre de signaux se fait facilement en utilisant l'éditeur d'équations du programme S Bench 6, comme le montre l'encart en bas à gauche de la figure 7. Les différents signaux sont des ondes cosinusoïdales 40 kHz, modulées en amplitude. Chacun des huit signaux est retardé de 25 µs par rapport au précédent. L'enveloppe de modulation est composée d'une rampe sommée qui contrôle le temps d'attaque, et d'une composante exponentielle qui détermine le temps de décroissance. Tous les signaux sont cadencés à 10 MHz, et chaque signal utilise 16 kéch de la mémoire 512 Méch de l'AWG. Cette grande capacité de mémoire signal est importante car, pour un taux d'échantillonnage donné, elle détermine la durée du signal analogique en sortie.

Si les huit signaux sont en phase pour atteindre les transducteurs en même temps, alors un front d'onde uniforme se propage comme indiqué dans l'encart à droite de la Figure 7. Le signal transmis par une matrice de transducteurs acoustiques à ultrasons peut être dirigé en retardant séquentiellement les différents signaux de commande. Les fronts d'onde sphériques générés par les transducteurs sont spatialement retardés, ce qui provoque l'orientation du signal composite vers le bas dans cet exemple. De même, si les signaux de commande sont retardés de l'extérieur de la matrice vers l'intérieur de la matrice, comme le montre le dessin du bas dans l'insert, le faisceau est focalisé vers le milieu. Ces matrices à déphasage permettent de diriger les faisceaux rayonnés de manière non mécanique. Les signaux de l'exemple permettent de mettre en œuvre la fonction d'orientation du faisceau. L'ajustement de l'amplitude des signaux de commande en plus du retard permet d'obtenir d'autres effets. Les utilisateurs du générateur de signaux ont un contrôle total des caractéristiques et du timing du signal, ce qui offre une grande souplesse dans le contrôle du front d'onde émis.

Conclusion

Ces exemples donnent un aperçu de la capacité de l'hybridNETBOX à fournir à la fois la source de signal et l'instrument de mesure en un seul appareil, que l'on peut utiliser de manière autonome ou comme instrument programmable au sein d'un système de test tout intégré.