

## JTAG et instruments embarqués

*par Peter van den Eijnden, directeur général de JTAG Technologies, Eindhoven (Pays-Bas)*

Aujourd'hui, l'électronique fait appel à une technologie de montage en surface toujours plus miniaturisée, combinée à des fonctionnalités et des fréquences système croissantes. Cette miniaturisation rend l'accès aux broches des composants sur les cartes de plus en plus difficile, voire impossible. Les équipements traditionnels de test et de mesure s'en remettent à la connexion de sondes externes. Toutefois, lorsque ce type d'accès n'est pas disponible, il n'est même pas possible de vérifier la connectivité entre deux broches au moyen d'un simple multimètre à « buzzer ». La meilleure illustration en est fournie par les boîtiers BGA dont les broches sont invisibles et, a fortiori, insondables. D'autres applications, telles que le débogage de logiciel via un émulateur in-situ externe, sont gênées non seulement par la miniaturisation mais aussi par l'accroissement des fréquences système.

### **Instruments embarqués**

Depuis le milieu des années 80, un nombre croissant de fonctions spécifiques est embarqué dans le but de remédier à ce problème d'accessibilité des cartes denses et complexes aux fins de test, de programmation des composants, de débogage et de contrôle. Ces fonctions embarquées, pouvant aller de circuits logiques simples à des instruments complets, sont accessibles via l'interface JTAG définie dans la norme IEEE 1149.1. Les entrée et sortie de données série de l'interface JTAG des composants sont connectées en série, formant ainsi une chaîne, tandis que les signaux de commande de l'interface sont reliés en parallèle. Exemples d'instruments embarqués :

- Registres boundary-scan selon les normes IEEE 1149.1, .4, .6
- Logique d'autotest intégré (BIST)
- Logique de programmation
- Logique d'émulation et de débogage de microprocesseur ( $\mu$ P)
- Blocs IP pour test ou programmation (flash)
- Convertisseurs numérique-analogique ou analogique-numérique
- Capteurs
- Etc.

Les registres boundary-scan fournissent la logique permettant de commander et d'observer les broches des composants indépendamment du cœur de ces derniers. Ils facilitent le test structurel des cartes en assurant une couverture des défauts connus et un diagnostic immédiat jusqu'au niveau broche. Concernant les broches de composants numériques, le type de logique nécessaire pour les registres boundary-scan est défini dans la norme IEEE 1149.1 (« Point 1 »). La norme IEEE 1149.4 (« Point 4 »), qui complète la version « Point 1 », décrit la logique requise pour les broches analogiques des composants mixtes. Les broches numériques à haut débit pour les connexions par couplage capacitif demandent une logique supplémentaire (un générateur d'impulsions au niveau du driver et un détecteur de fronts au niveau du capteur), définie dans un autre addendum, IEEE 1149.6 (« Point 6 »). Les registres boundary-scan facilitent des opérations telles que les tests de connectivité, le test structurel d'interconnexion, le test fonctionnel de cluster, le test d'interconnexion mémoire et la programmation de mémoire flash.

Pour la majorité des cartes, les capacités fournies par les registres boundary-scan suivant les normes Point 1, 4 et 6 sont suffisantes pour tester l'ensemble des connexions à la recherche de défauts de fabrication (circuits ouverts, courts-circuits, ponts de soudure). Les connexions spéciales à haut débit, par exemple les canaux sérialiseurs/désérialiseurs à grande vitesse, peuvent nécessiter un test de fréquence pour la détection des problèmes potentiels de haute fréquence typiques de ce genre de connexions. Celles-ci sont testées par la logique d'autotest intégré des composants qui les pilotent. Cette logique BIST comprend un moteur de test assurant la génération des vecteurs, la compression des résultats, la collecte des données et un signal d'horloge de précision. L'autotest est effectué de manière autonome par la logique des éléments BIST. A la fin du test, les résultats peuvent être simplement lus dans le ou les registres de ces éléments. Les convertisseurs numérique-analogique ou analogique-numérique présents sur une carte peuvent eux aussi être utilisés pour mesurer ou commander des tensions analogiques et, à ce titre, être considérés comme des instruments embarqués. En combinaison avec les capteurs placés sur la carte, cela permet de mesurer tout type de valeur analogique, par exemple une température, via l'interface JTAG.

Aujourd'hui, les composants programmables, FPGA, PLD et certains autres composants spéciaux peuvent être programmés via l'interface JTAG. Grâce à la logique de programmation intégrée, ils peuvent être programmés sur la carte (in-situ) sans qu'un programmeur spécial soit nécessaire. De même, la logique d'émulation embarquée dans les processeurs modernes facilite leur débogage logiciel en évitant le recours à de complexes émulateurs in-situ externes.

La capacité de programmation in-situ et la logique embarquée d'émulation et de débogage peuvent toutes deux être mises à profit pour compléter le test et la programmation de mémoire flash de la carte si nécessaire, par exemple dans le cas où un processeur est dépourvu de registre boundary-scan. Des blocs IP spéciaux offrant une logique dédiée de génération et d'acquisition de données, des compteurs de fréquence, des générateurs d'impulsions, etc. peuvent être ainsi chargés temporairement dans les composants programmables. Une fois le test terminé, il est facile de remplacer le bloc IP par le code normal nécessaire au bon fonctionnement du système.

### **Logiciel pour instruments embarqués**

Un logiciel est nécessaire pour exploiter et maîtriser pleinement les capacités des instruments embarqués. Il existe par exemple des outils autonomes pour le débogage du matériel ou du logiciel des microprocesseurs. Les outils de test et de programmation peuvent être mis en œuvre de manière autonome ou bien intégrés aux testeurs traditionnels (in-situ, notamment) ou à des testeurs fonctionnels pour la présélection et la programmation des composants. Les applications peuvent être générées automatiquement à partir de la netlist de la carte et de bibliothèques de composants, ce qui se traduit par un gain de temps considérable dans leur développement.

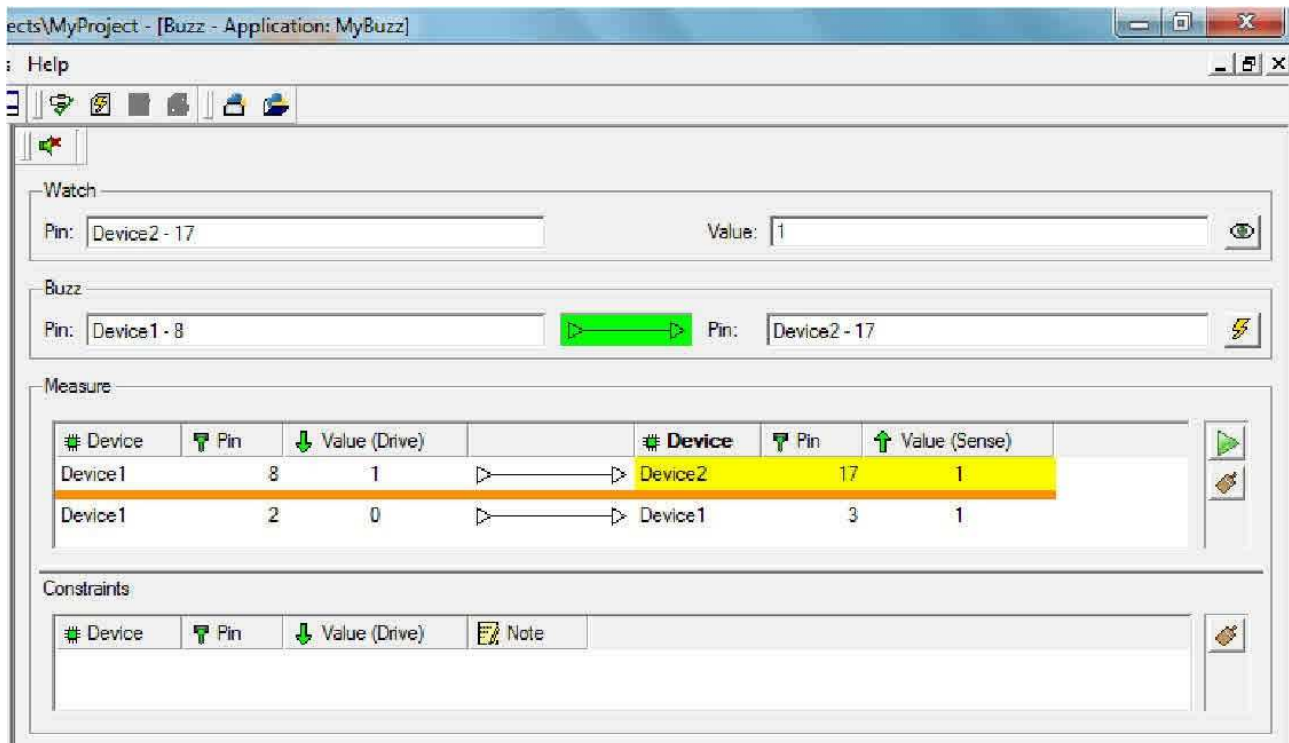
Ces outils autonomes ou intégrés sont chacun spécialisés dans une tâche donnée. À l'inverse, des outils de programmation ou de scripts plus génériques offrent toute liberté à l'utilisateur pour créer des solutions spécifiques, par exemple de test fonctionnel, notamment des équipements de test et de mesure hors carte si nécessaire. Ces outils de programmation ou de scripts peuvent prendre en charge tout type d'application, y compris les tâches spécifiques dévolues aux outils autonomes mais, à la différence de ces derniers, les applications sont créées manuellement, ce qui nécessite plus de travail. Comme c'est aussi le cas le plus souvent pour les logiciels de commande des instruments embarqués, il faut trouver un compromis entre l'investissement dans l'équipement ou la main-d'œuvre.

JTAG Technologies propose une gamme étendue d'outils pour exploiter les instruments embarqués sur vos cartes. Cette gamme comprend des outils autonomes et intégrés dotés de capacités avancées de génération et de diagnostic automatiques, de fonctions d'exécution performantes et de scripts. Ces derniers, reposant sur le puissant langage Python, peuvent manipuler tout registre accessible via l'interface JTAG. Si vous utilisez déjà la programmation JTAG mais êtes novice en matière d'autres applications des instruments embarqués, vous pouvez commencer à explorer et mettre à profit les capacités de test des instruments embarqués sur vos cartes, gratuitement, au moyen de l'outil Buzz de JTAG Technologies destiné aux vérifications de connectivité. Bienvenue dans le monde fantastique des instruments embarqués !



L'interface JTAG (norme IEEE 1149.1), également connue sous le nom de TAP (Test Access Port), offre une interface série haut débit aux instruments logiques embarqués sur un circuit intégré, une carte ou un système. Cette interface comporte deux signaux de données série : TDI (Test Data In) en entrée et TDO (Test Data Out) en sortie. La sortie TDO d'un composant est reliée à l'entrée TDI du composant suivant, et ainsi de suite de façon à former une chaîne. L'entrée TDI du premier composant et la sortie TDO du dernier composant de la chaîne sont connectées à un instrument externe qui injecte les données de test en entrée et lit les résultats en sortie.

Les signaux de commande de l'interface sont reliés en parallèle à tous les composants dotés de l'interface JTAG. Les deux signaux TCK (Test Clock) pour l'horloge et TMS (Test Mode Select) pour l'activation du mode test sont obligatoires. Un troisième signal de commande (non représenté ici), appelé TRST (Test logic ReSeT), est facultatif et peut servir à réinitialiser la logique de test. De futurs composants pourront intégrer l'interface « Point 7 ».



L'outil gratuit Buzz de JTAG Technologies facilite les tests de connectivité. Pour vérifier si une connexion est présente, il suffit de sélectionner un « driver » dans la liste de gauche et de le glisser-déposer dans la zone Buzz sur la gauche. De même, la broche de lecture est sélectionnée puis placée dans la zone Buzz sur la droite. Lorsque le test Buzz est exécuté, un signal sonore (« buzzer ») indique si la connexion a bien été détectée ou non. Le résultat est également indiqué sous forme visuelle par la couleur de la zone entre la broche de stimulation et la broche de lecture. Buzz permet aussi de contrôler l'activité d'une broche (dans la fenêtre Watch en haut) ou encore de mesurer la réponse aux broches d'entrée lorsque diverses broches sont stimulées (fenêtre Measure en bas).