

TEST DE CARTES ÉLECTRONIQUES

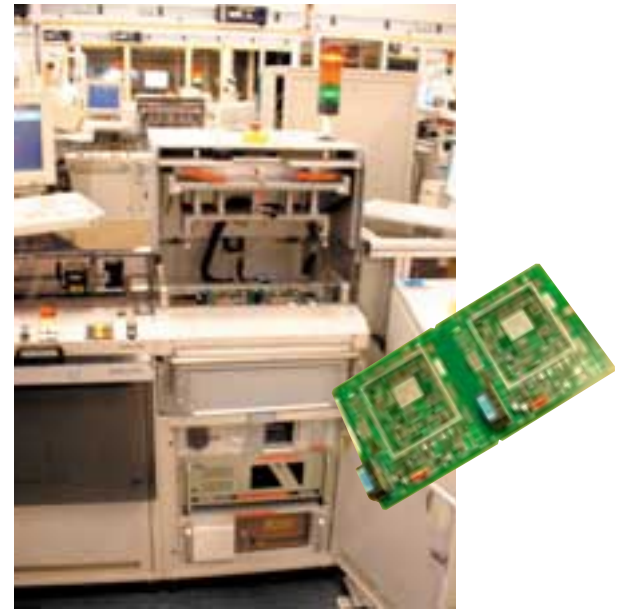
Boundary scan et test in situ s'unissent pour contrôler les autoradios et les navigateurs GPS

▼ Les techniques de test électrique in situ et fonctionnel ont fait leurs preuves pour le contrôle en production des cartes électroniques. Elles assurent une couverture très élevée, un diagnostic précis et supportent des forts volumes de production. Mais les cartes électroniques, de plus en plus complexes, de plus en plus denses, etc., poussent les techniques traditionnelles dans leurs derniers retranchements. Des méthodes alternatives, telles que l'inspection optique ou les testeurs à sondes mobiles, ont fait leur apparition pour pallier les limitations de leurs aînées... avec plus ou moins de réussite. A l'usine de Siemens VDO à Rambouillet, l'intégration du boundary scan est un franc succès. Intégré à des testeurs in situ en ligne, il est devenu un complément indispensable aux tests électriques des dernières générations d'autoradios et de navigateurs GPS...

Trois millions d'autoradios, trois millions et demi de tuners et 500 000 systèmes de navigation GPS. Ce n'est pas le nombre d'appareils vendus par une chaîne commerciale en un an, mais bien la production annuelle du site de Rambouillet de Siemens VDO Automotive (Division Infotainment Solutions). Une petite partie de ces autoradios et navigateurs seront commercialisés par des réseaux de grossistes, l'essentiel de la production rejoindra les chaînes d'assemblage de la majorité des constructeurs automobiles français, européens et mondiaux. Malgré les cadences et les volumes de production très importants (de plusieurs dizaines de références différentes), Siemens VDO Rambouillet doit garantir un niveau de qualité très élevé. Le taux de défaut des produits livrés chez le client est en effet inférieur à 40 ppm, soit 1 appareil défectueux pour 25 000 appareils fabriqués ! Ce niveau de qualité n'est pas simple à

conserver au fil des références, surtout que celles-ci se renouvellent à un rythme très élevé. L'électronique embarquée dans les véhicules est désormais partout, de la gestion des fonctions vitales, comme par exemple le contrôle de l'injection d'essence, à la sécurité, avec l'ABS, l'ESP, les airbags, le détecteur de proximité à l'arrière, etc., en passant par le confort (lève-vitres électriques, sièges avec mémorisation des réglages, navigateur GPS, etc.). Les nouveaux produits profitent de l'intégration des Composants Montés en Surface (CMS), des performances des Asic, des mémoires, notamment, pour embarquer des fonctionnalités évoluées dans un encombrement limité.

Pour atteindre leurs objectifs de production et de qualité, les responsables de l'usine de Siemens VDO à Rambouillet s'appuient sur des lignes d'assemblage automatisées, aussi bien au niveau des cartes électroniques que du montage des produits finis. Toutes ces lignes sont



Pour tester les composants boundary scan présents sur certaines des cartes qu'elle fabrique, Siemens VDO a fait appel à un PC dédié au test boundary scan. Celui-ci est intégré dans le châssis du testeur in situ (également basé sur un PC, mais utilisant un autre système d'exploitation).

“universelles”, c'est-à-dire qu'elles sont capables de supporter l'assemblage de toutes les références fabriquées à Rambouillet. En matière de stratégie de test, c'est un contrôle à 100 % qui est mis en œuvre, le plus en amont possible dans la ligne d'assemblage, dès la pose des CMS pour la refusion. Des tests par prélèvement (environ 5 %) sont également effectués sur les produits finis dans le cadre du système de management de la qualité.

Tests optiques et in situ pour un contrôle à 100 %

Pour l'assemblage des cartes électroniques, on retrouve six lignes à Insertion Automatique (IA) qui se décomposent de la façon suivante. Après la sérigraphie, une première machine de pose place les composants CMS sur l'une des deux faces de la carte nue. Un point de colle est préalablement déposé à l'emplacement des composants afin de les maintenir car la carte sera retournée par la suite pour recevoir les composants sur l'autre face. Dès cette étape, des contrôles optiques sont effectués, non pas par des opérateurs, mais par un système de vision en ligne. Cette dernière véri-

L'essentiel

- ▶ La production sur le site de Siemens VDO à Rambouillet atteint plus de 7 millions d'autoradios, de tuners et de navigateurs GPS par an.
- ▶ La production sur le site de Siemens VDO à Rambouillet atteint plus de 7 millions d'autoradios, de tuners et de navigateurs GPS par an.
- ▶ La production sur le site de Siemens VDO à Rambouillet atteint plus de 7 millions d'autoradios, de tuners et de navigateurs GPS par an.
- ▶ Le boundary scan a non seulement suivi la cadence, mais il est devenu un complément indispensable au test in situ.



Dans l'industrie automobile, les tolérances sur les pièces défectueuses sont très serrées. Pour les "tenir", SiemensVDO pratique des tests sur l'intégralité des matériels fabriqués, le plus en amont possible de la chaîne d'assemblage.

ficie principalement la présence des composants et l'épaisseur de la soudure. « L'inspection optique automatique est une technique complémentaire au test électrique in situ, constate Patrick Lion, chef de Service Équipements Électriques chez SiemensVDO Rambouillet. Même s'il y a 80 % des contrôles qui sont redondants (vérification de la valeur d'un composant, détection de défauts de contacts électriques, par exemple), les 20 % restants nous permettent de valider la fiabilité des soudures, de repérer une soudure faible, etc. ». Pour aller plus loin, on sait qu'il existe une autre technique de contrôle sans contact, l'inspection par rayons X. Celle-ci permet notamment de "voir" les bulles au sein même des soudures. « Mais elle présente encore des limites rédhibitoires : les machines restent chères, elles sont trop lourdes (elles peuvent atteindre plusieurs tonnes) », observe M. Lion. En terme de performances, les temps de test autorisés par les machines d'inspection par rayons X sont bien trop longs comparés aux temps de cycle requis sur des lignes d'assemblage de forts volumes. Les temps de cycle doivent en effet être inférieurs à 30 s. Et en analyse 2D, la précision des diagnostics peut être entachée par l'existence de zones d'ombre. L'assemblage continue avec une seconde machine de pick & place. La carte à moitié montée est retournée pour permettre la pose des composants sur la seconde face. Une fois les derniers composants CMS implantés, la carte passe par un four de refusion puis par une étape d'insertion manuelle (IM) pour le montage des composants "exotiques" comme les connecteurs, des modules, etc. Sur cette partie

de la chaîne d'assemblage, le contrôle des composants et des fonctions de la carte est assuré par des testeurs électriques et comporte trois étapes. Des contrôles sont d'abord effectués juste après le four de refusion, auxquels succède une autre série de tests, après l'insertion manuelle. Ces deux étapes sont réalisées par des testeurs in situ en ligne avec chargeur automatique.

Le parc est composé au total de quatorze testeurs in situ fabriqués par AOT en collaboration avec l'équipe de test de Rambouillet, il y a une dizaine d'années. AOT est un ancien département de Philips racheté par IPTe. Une fois les tests in situ validés, les cartes sont prises en main par six testeurs fonctionnels, une machine par ligne, développés en interne sur une plate-forme PC Windows NT, des instruments GPIB et des programmes en C.

Un bus propriétaire pour compléter les testeurs in situ

Disposer des compétences en interne est une nécessité pour les responsables de l'usine, que ce soit pour les testeurs in situ ou fonctionnel. Lors de la fabrication d'un nouveau produit ou en cas de modification d'une référence, il est en effet impératif que les programmes et les interfaces de test soient prêts le plus rapidement possible. L'équipe Service "Test Engineering", qui est en charge de la conception et de la définition des équipements de test électrique et des programmes de test, comprend seize personnes.

Même si SiemensVDO sous-traite le développement de certaines interfaces et de certains programmes de test, elle préfère conserver sa propre équipe de test, gage d'une meilleure réactivité.

Il existe une autre raison de disposer des compétences en interne pour les tests électriques. SiemensVDO a développé un outil spécifique pour le contrôle, qui se dénomme GESRS (Generic Engineering Software Requirement Specifications). « Intégré dans tous les produits fabriqués à Rambouillet, le GESRS permet de commander (sans relais) la carte électronique par l'intermédiaire d'un bus propriétaire et du connecteur bloc. Il assure ainsi une automatisation de tous les tests, ne requiert pas l'intervention d'un opérateur, ce qui apporte un gain de la productivité. Cet outil gère également les auto-tests, permettant aux testeurs in situ de réaliser d'autres mesures, par exemple les commandes de pilotage des autoradios, l'écriture des informations de traçabilité dans l'EEPROM du produit (100 octets regroupant la date, le testeur, les résultats des tests, etc.) », explique Yvon David, ingénieur "Test Engineering" chez SiemensVDO Rambouillet.

Après la ligne d'assemblage des cartes, les cartes électroniques sont acheminées vers l'une des six lignes de montage des autoradios et navigateurs GPS. Deux d'entre elles sont des lignes grand volume où un autoradio est fabriqué toutes les 13 s. L'ensemble des tests finaux doit bien entendu répondre à cette exigence de cadence. La conformité des produits finis, c'est-à-dire la vérification de la présence du capot, des boutons, des broches, savoir si une broche n'est pas tordue, notamment, est assurée par un test optique automatique en fin de chaîne. Il s'agit du système OSIS (Optical Set Inspection System) dont la réalisation a été sous-traitée aux sociétés Courbon et Cognex.

Après les vérifications des spécifications par le connecteur bloc, des opératrices mettent la dernière touche au produit avant son conditionnement et son expédition chez le client. Elles réalisent le contrôle esthétique (présence de rayures ou de chocs), le "clic feeling", c'est-à-dire la sensation humaine de l'enfoncement des boutons, l'écoute radio et du lecteur CD, le "shacker" pour voir si une vis ne traîne pas à l'intérieur.

La technique boundary scan a été imposée...

Sur ces chaînes d'assemblage et de montage déjà contrôlées à chaque étape, l'intégration d'une technique supplémentaire, comme le boundary scan, semble un peu superflue. La raison en est simple : le boundary scan a été imposé. Revenons quelques années en arrière. En 1999, les ingénieurs

du centre de recherche d'Eindhoven développent une nouvelle génération de systèmes de navigation en intégrant la technique boundary scan dans leurs pré-développements. Ils se tournent vers JTAG Technologies, une société hollandaise, pour les aider à mettre en œuvre cette technologie. Un peu plus tard, les responsables du site de SiemensVDO à Wetzlar (Allemagne) reprennent les bibliothèques des premiers développements effectués à Eindhoven pour la mise en route de la fabrication de ces nouveaux navigateurs.

Cette plate-forme a ensuite servi de base pour la conception des calculateurs intégrés dans le système de navigation GPS dénommé MK3 de Renault et PSA. Le boundary scan n'est pas utilisé dans les autres produits fabriqués à Rambouillet, même pas pour la programmation en ligne des mémoires. Il faut en effet 6 à 7 minutes pour réaliser cette étape, alors que les durées de cycle de production ne doivent pas dépasser 30 s (du coup, SiemensVDO s'approvisionne directement en mémoires flash programmées). « C'est comme cela que nous nous sommes retrouvés avec des cartes électroniques intégrant la technologie boundary scan à tester. Comme nous ne disposons pas des compétences pour développer en interne tous les fichiers boundary scan, nous nous sommes tournés vers JTAG Technologies, en fait son représentant français MB Électronique, pour concevoir les outils de test nécessaires », se souvient M. Lion.

Pour les responsables de test de Rambouillet, l'implémentation de la technique boundary scan ne coulait pas de source. Il fallait que cette fonctionnalité soit intégrée à chaque testeur in situ (après la refusion et à la fin de l'insertion manuelle). Les machines anciennes n'étant pas "ouvertes", il était impossible d'ajouter directement les ressources Boundary scan dans le PC du testeur in situ. Un second PC a dû être intégré dans le système de manipulation des cartes pour assurer la fonction boundary Scan. Le système final se compose d'un contrôleur boundary scan,

La technique boundary scan ou JTAG

Depuis une vingtaine d'années, les composants intégrés spécifiques (ou ASIC) et les mémoires programmables fleurissent sur les cartes électroniques. Ils permettent d'intégrer toujours plus de ressources sur des cartes toujours plus petites, au détriment de la facilité et du coût des tests. Dès 1985, des sociétés telles qu'IBM, AT & T, Texas Instruments, Philips Electronics, Siemens, Alcatel, Ericsson... fondèrent le Joint Test Action Group (JTAG) pour définir une solution pour programmer et tester ces nouveaux composants. Il en résulta une nouvelle méthode, le boundary scan, qui fut adoptée par l'IEEE en 1990 sous la référence IEEE 1149.1.

Pour être mis en œuvre, le boundary scan impose que le composant comporte un bus série présent à sa péri-

phérie. Avec cette technologie, les différentes broches des composants d'une carte peuvent être raccordées sur ce bus série. Il est ainsi possible de lire ou d'activer (pour la programmation *in situ*, par exemple), depuis le connecteur de la carte, ces différentes entrées/sorties. Le boundary scan ne peut être mis en œuvre qu'avec des composants spéciaux et des cartes conçues pour cela. Mais des normes à venir pourraient permettre de contrôler indirectement des composants non boundary scan entourés de composants boundary scan. C'est ce que l'on appelle les *clusters*.

JTAG Technologies

Représenté par MB Électronique

BP 31

78533 BUC Cedex

Tél. : 01 39 67 67 67 - Fax : 01 39 56 53 44

avec PC et écran, et de quatre chaînes boundary scan. Il y a en effet deux composants boundary scan par carte et deux cartes par substrat.

... mais elle connaît un franc succès

Une autre (mauvaise) surprise attendait les responsables de test. « La fabrication des navigateurs MK3, les premiers produits utilisant le boundary scan, n'avait pas posé de difficultés en terme de temps de cycle. Lorsque la génération suivante est apparue, avec les navigateurs Roadrunner (intégrés sur deux cartes), on est passé d'un temps de test inférieur à 30 s à un temps de test atteignant 50 s. Cette durée n'était plus compatible avec les temps de cycle imposés par les lignes d'assemblage », explique M. David.

Les ingénieurs de MB Électronique, secondés par ceux de JTAG Technologies, ont réussi à réduire la durée de test à moins de 30 s grâce à une astuce qui consiste à concaté-

ner les huit tests formant la séquence totale. Un seul test du type Go/NoGo est réalisé : s'il est bon, la carte poursuit son chemin, sinon, la carte en défaut subit la séquence non concaténée sur la même machine pour affiner le diagnostic. Au bout de trois échecs au niveau de ce contrôle, la carte est mise au rebut, comme pour toutes les autres étapes de test. Grâce à cette subtilité, le test concaténé ne prend plus que 2,3 s contre 15 s pour la séquence entière d'un produit et le temps total de test est descendu à 24 s. Malgré ces quelques difficultés, les responsables de test de SiemensVDO reconnaissent qu'une fois les *a priori* de départ dépassés et une fois le système en fonctionnement, il leur serait maintenant impossible de faire marche arrière et d'abandonner le boundary scan. Grâce à cette technique, ils peuvent alléger le test électrique *in situ* en supprimant des points de test et simplifier certains auto-tests du GESRS, surtout lorsque le micro-contrôleur ne démarre pas. Le boundary scan offre également une aide précise au diagnostic. Un bémol, toutefois. Il y a encore certains points à améliorer au niveau de l'automatisation. Cet outil de développement n'est pas tout à fait un outil "industriel". Il ne présente pas de protection des lignes DIOS sur le test *in situ*, par exemple, afin de pouvoir vérifier les courts-circuits. Mais c'est une technique encore jeune, qui n'a pas dit son dernier mot...

Cédric Lardière

Siemens VDO Rambouillet en quelques mots...

Le site de Rambouillet existe depuis le 13 décembre 1954. Il a plusieurs fois changé de mains. D'abord Philips, puis Mannesmann VDO en 1998, l'usine a été rachetée en avril 2001 par le groupe Siemens. Elle appartient maintenant à la branche Infotainment Solutions (IS). 1 200 personnes y travaillent. Quel que soit le "propriétaire", le type de produits fabriqués a

peu varié. A l'origine, le site fabriquait des radiorécepteurs à tubes, puis des autoradios, des radios-cassettes, et actuellement des tuners, des autoradios et des systèmes de navigation. Siemens VDO a enregistré un chiffre d'affaires d'un montant de 8,515 milliards d'euros et un EBIT de 65 millions d'euros sur l'exercice 2002, clos le 30 septembre.