

Mémoire : le composant critique pour les applications IIoT

Par Arthur Sainio, directeur du Marketing produit, SMART Modular Technologies



Usines intelligentes, installations automatisées, bâtiments intelligents, équipements agricoles automatisés, transports connectés et applications de santé, tous font partie de la grande famille de l'Internet des Objets Industriels (IIoT, *Industrial Internet of Things*). Au cours de la prochaine décennie, l'Internet des Objets dédié à l'industrie va entraîner des changements significatifs dans tous les secteurs industriels de l'économie mondiale, qui représente près des deux tiers du PIB (Produit Intérieur Brut) mondial, d'après un rapport de 2015 du Forum économique mondial*. L'adoption massive de méthodes de fabrication connectées plus productives par les applications IIoT va réorganiser la façon dont les personnes travaillent grâce aux nouvelles interactions entre humains et machines. Les changements pourront se traduire par un fonctionnement des équipements 7j/7 24h/24 sur les sites, ou par des économies d'énergie significatives dans les bâtiments commerciaux, ou encore par des rendements agricoles accrus sur des champs avec des productions jusqu'alors irrégulières.

Aujourd'hui, le volume des données généré par les applications IIoT connaît une augmentation exponentielle. Alimentées par les innovations matérielles et les services logiciels, les données issues du monde de l'Internet des Objets industriels s'avèrent critiques pour enregistrer et analyser différentes conditions de fonctionnement. De précieux aperçus sont ainsi dressés à partir des données IIoT collectées, offrant la possibilité aux entreprises de prendre des décisions de manière automatisée et de

réagir en temps réel. Les entreprises peuvent également utiliser ces données pour améliorer le travail des employés, en le rendant plus sûr, plus productif ou plus intéressant. L'énorme quantité d'espace de stockage des données requis pour les systèmes IIoT transforme la mémoire en une pièce maîtresse des usines IIoT. Cependant, la mémoire utilisée pour les objets connectés industriels nécessite un éventail de caractéristiques unique pour garantir qu'elle est fiable et qu'elle possède les performances requises quelles que soient les conditions de fonctionnement. La mémoire, pour tous les systèmes IIoT, doit être fiable et résistant, évolutive et fonctionnelle, tout en offrant un niveau de performances maximal avec une faible latence.

Exposition à l'environnement et importance des tests

Les applications IIoT sont souvent soumises à des conditions ambiantes extrêmes, qui peuvent avoir un impact sur la fonctionnalité et la longévité de la mémoire. Par exemple, la mémoire utilisée sur les équipements de communication IIoT en extérieur peut être endommagée et tomber en panne en cas d'exposition à des conditions ambiantes extrêmes. Plus particulièrement, les résistances utilisées sur les modules de mémoire peuvent s'endommager si elles sont exposées à un environnement dont l'air est chargé en substances chimiques agressives. Les pannes provoquées par du sulfure d'argent, en milieu de fonctionnement contenant du soufre, ont été identifiées comme la cause première de corrosion des résistances, ce qui entraîne subséquemment une panne des applications IIoT stockées sur ces modules de mémoire. La sulfuration se produit quand les molécules de soufre passent entre le film protecteur et l'électrode externe et atteignent l'électrode interne, où elles réagissent pour former de l'argent. Les résistances anti-soufre (ASR) sont désormais utilisées sur les modules de mémoire pour pallier ce problème. Les résistances ASR utilisent une électrode interne argent palladium (AgPd), à la place d'une électrode en argent (Ag), pour prévenir la corrosion de la résistance.

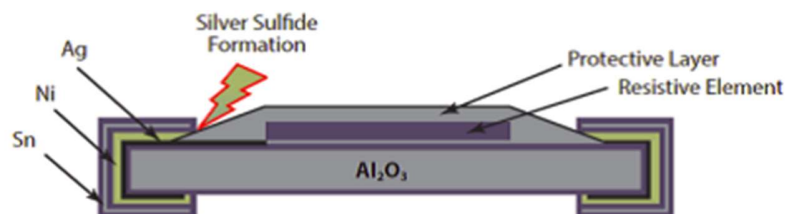


Figure 1. Les pannes provoquées par la présence de sulfure d'argent en milieu de fonctionnement contenant du soufre sont la première cause de la corrosion des résistances.

Pour déterminer si les modules de mémoire renvoyés pour analyse de la cause d'une panne sont concernés par les problèmes de sulfure d'argent, leur fonctionnalité doit être testée. De plus, les bornes des résistances doivent être testées et inspectées visuellement à un rapport de grossissement élevé, afin de vérifier qu'elles fonctionnent également correctement.

Il faut souligner que tous les modules de mémoire n'intègrent pas nécessairement des résistances de type ASR. Pour décider si une ASR doit être utilisée dans un module de mémoire, il convient d'évaluer de manière stricte les conditions de fonctionnement du site auxquelles sera exposée l'application.

Cependant, au cours des dernières années, la pollution au soufre s'est largement répandue, d'où l'utilisation accrue des ASR.

Matériau de remplissage et vernis de protection

Autre élément critique relatif à la protection des modules de mémoire utilisés dans les IIoT en milieux de fonctionnement difficiles : l'utilisation d'un matériau de remplissage et d'un vernis de protection, appliqué en fin de processus de fabrication du module de mémoire. Le remplissage et le vernis de protection visent à offrir une protection contre les chocs, les vibrations, l'humidité, la moisissure et les produits chimiques agressifs présents dans l'air. Le matériau de remplissage est injecté sous la matrice de billes de tous les composants encapsulés en boîtiers BGA (*Ball Grid Array*) sur le module (DRAM, registre, etc.) Loctite 3593™ constitue un matériau de remplissage couramment utilisé à cet effet. Il s'agit d'une résine epoxy liquide à prise rapide conçue pour être utilisée comme matériau de remplissage extrêmement fluide pour les boîtiers de la taille d'une puce, offrant une fiabilité maximale.

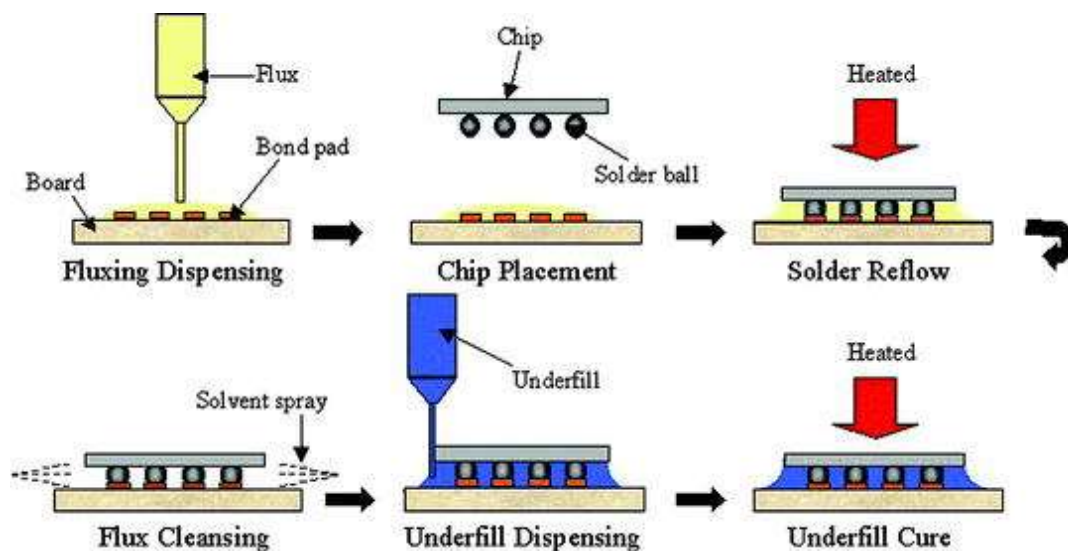


Figure 2. Vernis de protection et remplissage.

L'application du vernis de protection (également connue sous le nom de « gravure plasma ») protège les modules des manques et des fuites des composants critiques causés par la moisissure, les champignons, la poussière, les brouillards salins et par d'autres contaminants. Cette étape consiste à appliquer un revêtement par pulvérisation sur chaque module. Le matériau de protection est composé d'un film en polymère épais d'une épaisseur de 25 à 75 μm , qui adhère à la topologie de la carte électronique. Les zones de contact critiques du module, telles que les pattes de contact en or, sont masquées avant d'appliquer le revêtement. Les modules sont ensuite inspectés visuellement à la lumière ultraviolette, puis subissent un processus de durcissement pendant 30 heures dans un four de cuisson.



Figure 3. Vernis de protection sur un module de mémoire.

Ce film polymère permet une isolation optimale de la surface sur le long terme et garantit l'intégrité opérationnelle du module. Le remplissage et le vernis de protection sont des solutions de protection qui améliorent grandement la fiabilité et garantissent une durée de vie du produit maximale et sans défaut quand ils sont employés sur les modules de mémoire IIoT. Ces techniques permettent également de limiter l'envoi de techniciens sur site pour remplacer les modules de mémoire utilisés sur les équipements IIoT, ce qui peut s'avérer très coûteux et perturbant pour le fonctionnement du site.

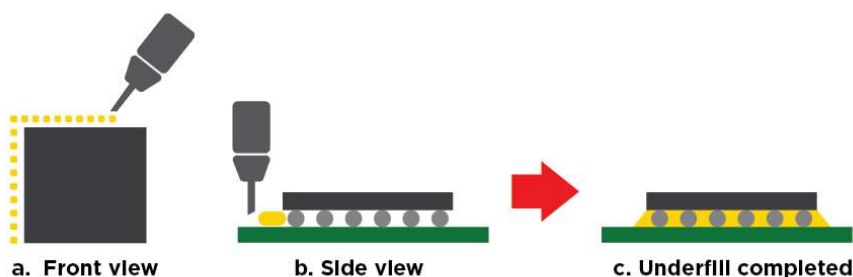


Figure 4. Processus typique de remplissage.

La température : un facteur clé pour la mémoire des IIoT

La température constitue un autre élément clé qui doit être pris en compte au moment de choisir les modules de mémoire pour les applications IIoT. L'objet connecté industriel peut en effet avoir besoin de démarrer et fonctionner en environnement exposé à des températures inférieures à zéro degrés, ou bien être installé en milieu chaud très peu ventilé. Il s'agit d'une exigence courante pour l'industrie du transport et les équipements agricoles qui sont sur le terrain 7j/7 24h/24, les 365 jours de l'année, et qui peuvent se retrouver déployés n'importe où dans le monde. La mémoire utilisée dans ce type d'environnement doit subir un processus de sélection rigoureux relatif à la température afin d'éliminer tous les éventuels maillons faibles susceptibles de tomber en panne à l'avenir.

Un processus rigoureux de test de module de mémoire de qualité industrielle doit comprendre un démarrage à froid à -40°C , avec une augmentation progressive jusqu'à la température du milieu de fonctionnement de $+85^{\circ}\text{C}$. Les modules doivent être testés à un taux d'utilisation élevé (par exemple à 99 %), tout en étant soumis à des températures de qualité industrielle allant de -40°C à $+85^{\circ}\text{C}$. Des

cartes de test personnalisées doivent donc être utilisées, qui exposent les modules de mémoire à des variations de températures tout en fonctionnant à une vitesse élevée. Le logiciel de test à un taux d'utilisation élevé garantit que toutes les cellules dans les DRAM sont entièrement soumises à la totalité du cycle de températures. Au fur et à mesure que les données sont collectées pendant le cycle de test de 10 heures, les modules faibles peuvent être retirés.

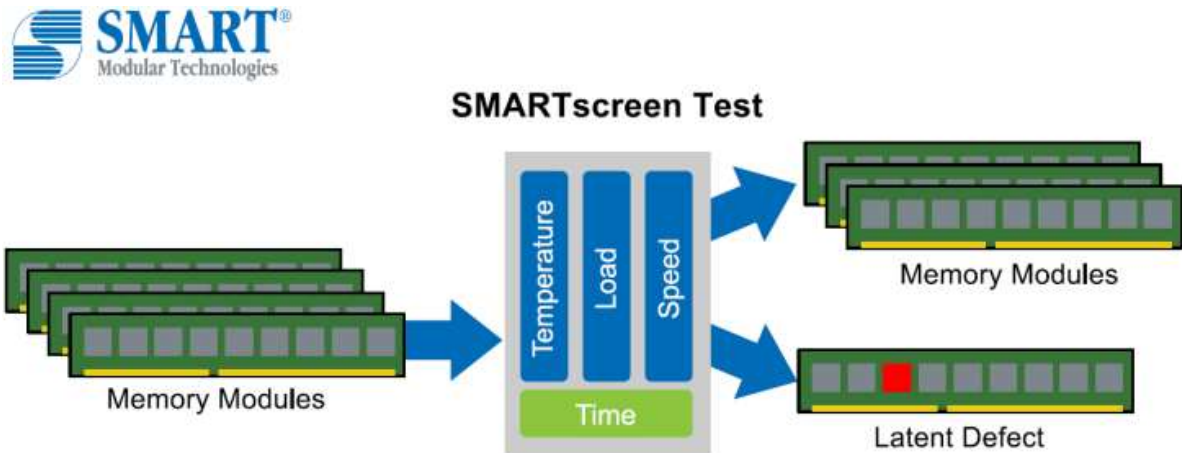


Figure 5. Aperçu du processus de test rigoureux des modules de mémoire de qualité industrielle opéré par SMART Modular Technologies.

Différences entre les mémoires de qualité industrielle

Il convient de souligner une différence importante qui existe entre les modules de mémoire de qualité industrielle, qui intègrent des DRAM I-temp, et ceux qui intègrent des pièces détachées de qualité commerciale, qui sont ensuite soumis à des batteries de tests rigoureux. Au lieu d'utiliser des composants I-temps testés séparément au préalable, il est préférable que les composants passifs et actifs (tels que les EEPROM, registres et PLL) soient testés en même temps. Il sera ainsi absolument sûr que l'interaction et l'intégrité du signal des composants de mémoire seront totales, de sorte que tous les problèmes de SPD, blocages, panique du noyau et problèmes de non-démarrage soient identifiés et supprimés. Le gain général résulte en un indice PPM très faible (nombre de pièces défectueuses par million). Au cours des tests à chaud et à froid, une seule occurrence ECC peut provoquer une panne du module de mémoire. Les informations cumulées, assemblées et basées sur les DRAM et révisions de puce de différents fournisseurs, peuvent être utilisées pour évaluer de façon statistique l'indice PPM et les performances I-temp.

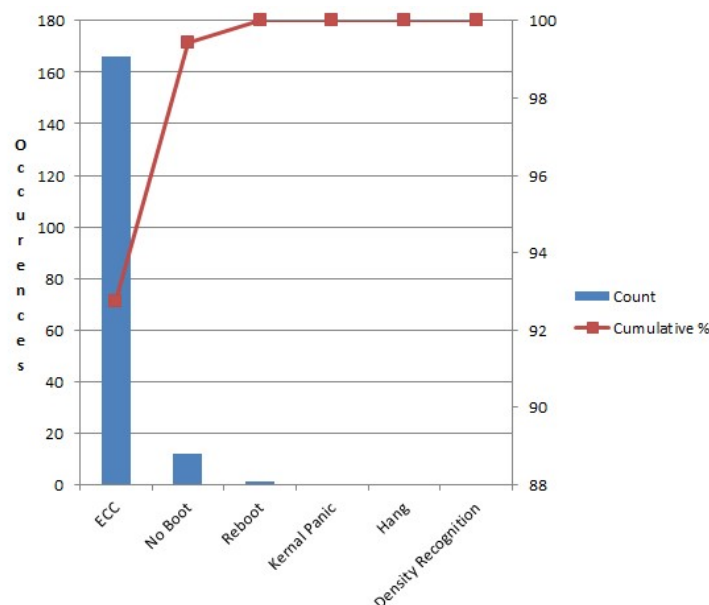


Figure 6. Le graphique ci-dessus montre les types de pannes courantes et leur occurrence.

Évolutivité et faible latence

Outre une excellente fiabilité, les modules de mémoire pour objets connectés industriels doivent également être évolutifs, fonctionnels, offrir des performances élevées et une faible latence. À mesure que la quantité de données produites et collectées par les applications IIoT augmente, la capacité mémoire du système et ses performances doivent évoluer au même rythme. L'intégration de la flexibilité dans la conception du système IIoT permet d'améliorer la mémoire et les performances sans avoir besoin de remplacer la totalité du système. Grâce à la mémoire DDR4, les migrations de vitesse de module depuis DDR4-2133 vers 2400 et 2666 permettent des performances accrues. Parallèlement, les systèmes peuvent être améliorés en ajoutant des plus grandes capacités mémoire. L'utilisation typique

de la mémoire pour les systèmes embarqués IIoT était auparavant de 8 Go pour des DDR4-2133 ECC SO-DIMM, qui a migré vers des DDR4-2666 16 Go, puis dorénavant SO-DIMM 32 Go. Les systèmes IIoT peuvent être configurés pour l'entrée de gamme, le milieu de gamme et la gamme industrielle, tout en utilisant la même conception de base du système.

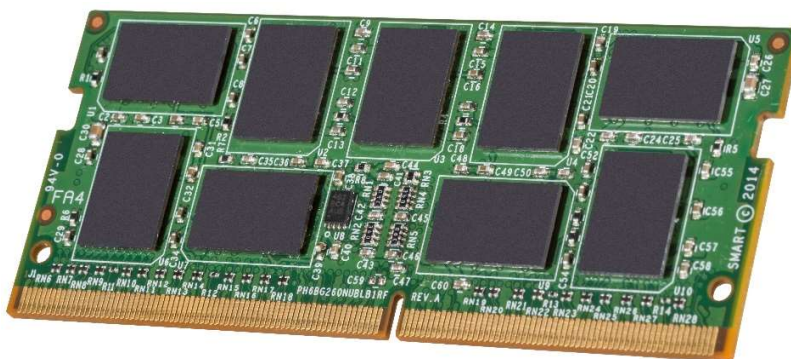


Figure 7. Exemple d'une carte mémoire DDR4 utilisées dans les systèmes embarqués IIoT.

Au lieu de remplacer un équipement IIoT complexe en plein fonctionnement, il peut être mis à niveau avec une plus grande capacité mémoire et des modules mémoire plus rapides, associés à des CPU supérieurs. De plus, si les équipements IIoT commencent à rencontrer des problèmes inattendus sur le terrain, il est important de pouvoir améliorer la mémoire en s'alignant le plus possible sur les conditions de fonctionnement. Retrouvez ci-dessous des exemples de systèmes IIoT embarqués.

Pour résumer

Pour les applications d'objets connectés industriels, le besoin en mémoire fiable ne doit pas être minimisé. Plus le volume de données collecté pour améliorer le fonctionnement et augmenter l'efficacité sur les grosses installations commerciales va augmenter, plus ce besoin augmentera également. Pour garantir la fiabilité des applications IIoT, les modules de mémoire doivent subir un processus de test complet, couvrant des éléments clés tels que la température, la vitesse, la charge et la durée. Les conditions ambiantes extrêmes doivent également être prises en compte lors de la conception des applications IIoT, afin de prévenir ou limiter les risques de pannes système sur le terrain. Le remplissage et le vernis de protection offrent une protection maximale contre les agressions extérieures pour les modules de mémoire utilisés dans les applications IIoT. La mémoire pour les IIoT doit également être évolutive, tout en offrant d'excellentes performances. Les modules DDR4 à faible latence possèdent les caractéristiques requises pour les applications exigeantes. Plus les applications IIoT gagneront du terrain dans les principaux secteurs industriels, comme l'agriculture, la santé, la production industrielle, la construction et le transport, plus la mémoire deviendra un élément central des applications IIoT.

Références :

*Forum économique mondial (2015) '*Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services*', rapport préparé par Industry Agenda en collaboration avec Accenture (Suisse) :

http://reports.weforum.org/industrial-internet-of-things/?doing_wp_cron=1553516642.1010808944702148437500