De l’influence du concept Industrie 4.0 sur l’avenir de l’industrie électronique

Thomas Brand, ingénieur d’applications terrain, Analog Devices

L’industrie est actuellement en pleine transformation numérique. Des expressions à la mode telles qu’« Internet des objets (industriel) », « smart factory » (usine intelligente) ou « systèmes (de production) cyberphysiques » sont sur toutes les lèvres. Ce nouveau concept porte un nom : Industrie 4.0.

Il semblerait en fait que personne ne sache réellement ce que signifie cette expression à laquelle sont associées de multiples interprétations, aucune n’étant réellement claire. D’aucuns pensent que l’évolution vers le concept Industrie 4.0 est déjà ancrée dans la vie quotidienne, l’habitude induisant une certaine érosion de sa spécificité et de son originalité. En outre, l’utilisation abusive de termes tels que « numérisation » ou « mise en réseau » ne simplifie guère les choses.

En ce qui concerne le concept Industrie 4.0 — notamment en Allemagne où se trouve le siège européen d’Analog Devices —, l’industrie est dans une large mesure façonnée par la politique. D’autres pays ont pour leur part reconnu son influence positive sur leur économie et leur compétitivité, encourageant l’innovation tous azimuts. Dans ce contexte, les responsables politiques promeuvent une double stratégie qui marie le point de vue des fournisseurs et celui des entreprises utilisatrices, principalement dans le secteur de l’automatisation industrielle et dans les domaines de la construction mécanique ou de l’ingénierie industrielle. D’une part, il est important que les entreprises manufacturières appliquent de nouvelles technologies efficaces et intelligentes à leurs propres processus de production. Enfin, elles doivent mettre ces technologies et ces produits sur le marché.

A contrario, tout le monde est d’accord sur un point : le concept Industrie 4.0 est non seulement le moteur de nouvelles technologies et de produits intelligents, mais également la clé du développement du secteur de la production en créant les conditions nécessaires pour maîtriser la dynamique et la complexité sans cesse croissantes des marchés, nouveaux ou existants. Les entreprises capables d’intervenir dans plusieurs domaines ont *a priori* les bonnes cartes en main.

C’est notamment le cas du secteur de la microélectronique. Des fabricants de semiconducteurs comme Analog Devices doivent d’ores et déjà gérer ce concept complexe pour convertir leurs propres lignes de production en usines intelligentes entièrement automatisées. Notre entreprise fournit également des technologies innovantes qui aident les sociétés du secteur manufacturier à transformer leurs installations de fabrication en usines intelligentes. Mais pour amorcer cette mutation, il est important d’en connaître la valeur ajoutée, ce qui implique également un effort élevé qui doit être amorti par une hausse de la productivité assortie d’une baisse des coûts.

Les effets du concept Industrie 4.0 ne se limitent pas à des changements concernant la production et l’expansion des technologies : il implique également la nécessité croissante d’imaginer de nouveaux modèles métier. L’expression « Industrie 4.0 » fait couler beaucoup d’encre et peut être interprétée de façon très large, avec à la clé des résultats que l’on rangera en trois catégories : les nouvelles technologies, les nouvelles offres de produits et les nouveaux modèles métier. Ces trois domaines couvrent l’ensemble de la chaîne de valeur de la production et les produits qui la constituent, du nœud de capteurs aux services déployés en aval en passant par le cloud (Figure 1).

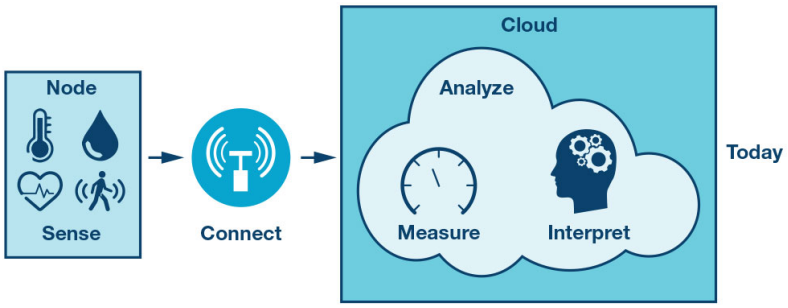


Figure 1 — La chaîne du signal actuelle

En règle générale, un nœud comprenant un capteur ou un actionneur sous une forme quelconque établit le lien avec le monde physique. Les signaux envoyés et reçus par ces appareils sont souvent très faibles et proviennent d'environnements bruyants qui se caractérisent par des conditions de fonctionnement difficiles. Ces signaux doivent par conséquent être traités, convertis, puis transmis au maillon suivant de la chaîne du signal.

Compte tenu des problèmes rencontrés, un changement a dû être apporté à la chaîne du signal. Initialement, lorsque les données brutes étaient transférées vers le cloud, le volume de données traitées au niveau du nœud était très important, comme le montre la figure 2.

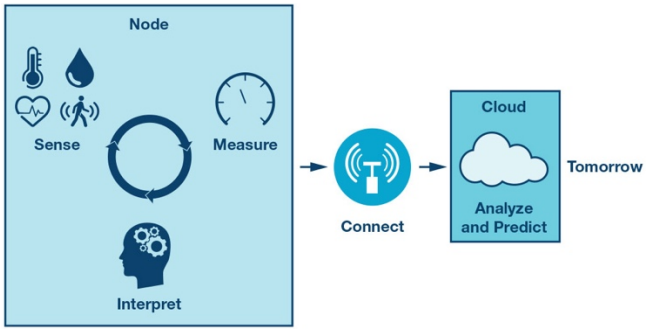


Figure 2 — La chaîne du signal de demain

Ce traitement des données génère davantage de connaissances au niveau du nœud, transformant les données en informations. Cette technologie de détection intelligente réduit la consommation d'énergie globale, limite le gaspillage de bande passante et permet de passer d'un Internet des objets industriel (IIoT) réactif à un Internet des objets industriel prédictif et qui fonctionne en temps réel.

C'est ici que les technologies entrent en jeu. De nombreux fabricants de semiconducteurs les rangent déjà parmi leurs compétences de base et estiment qu'elles doivent être perfectionnées en permanence.

L'efficacité énergétique joue elle aussi un rôle majeur. Les fabricants de semiconducteurs sont invités à utiliser leur expertise pour continuer à développer non seulement leurs produits, mais également leurs propres technologies de conception et de fabrication dans la mesure où la connexion au réseau représente un élément crucial de l'approche globale de l'IIoT. Qu'elles fonctionnent en mode filaire ou sans fil, ces technologies vont susciter une demande croissante et devront être incluses dans leur portefeuille de produits.

En creusant dans le système et en se concentrant sur les segments verticaux, il est possible d'offrir aux clients un système encore plus riche. Le nœud, en tant que plateforme matérielle complète, peut être accompagné des progiciels correspondants — par exemple d'algorithmes chargés d'analyser les données déjà présentes dans le nœud et, à terme, de transmettre au réseau (cloud) les résultats uniquement sous la forme d'informations moins gourmandes en données.

Bien que le concept Industrie 4.0 constitue un enjeu intéressant et important, les fabricants de semiconducteurs doivent faire preuve de prudence dans leur processus de sélection. Le marché au sens large se trouve encore dans une phase où les entreprises doivent réaliser où et comment leurs propres forces et technologies peuvent être appliquées de manière idoine pour répondre aux besoins réels des clients ou des applications.

Quelles sont les nouvelles exigences sur le marché de l'Internet des objets industriel ?

Compte tenu de l'état de la chaîne de valeur industrielle, les exigences du marché vont bientôt changer. C'est pourquoi les fabricants de semiconducteurs doivent notamment adapter leur propre entreprise, ainsi que leurs produits, à la réalité de la *smart factory*. La tendance technologique évolue vers les produits intelligents extrêmement efficients qui intégreront si possible des fonctions de sécurité et de sûreté, ainsi que de récupération d'énergie. La figure 3 montre à quoi ressemblera un tel dispositif — ici un système complet architecturé autour d'un accéléromètre à base de MEMS d'Analog Devices ADXL356.

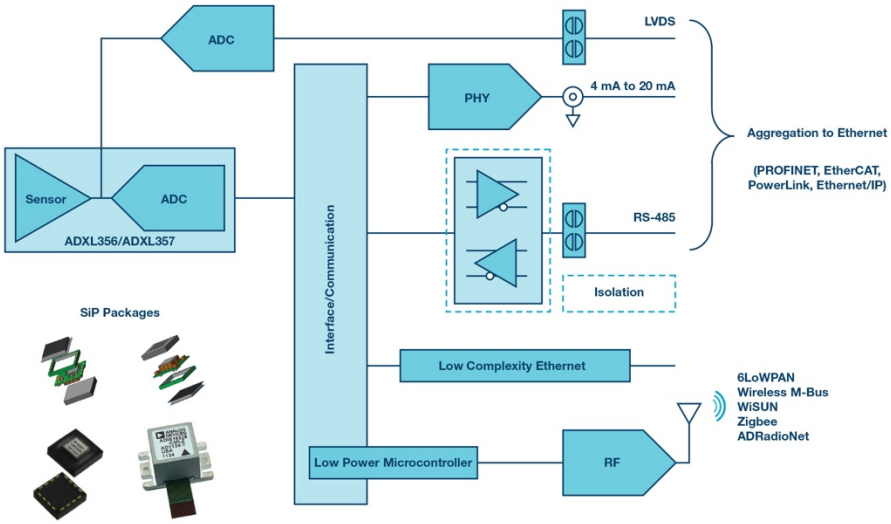


Figure 3 — Détecteur intelligent à base de MEMS.

L'ADXL356 est un accéléromètre triaxial qui conjugue une basse consommation, un niveau de bruit peu élevé et une très faible dérive d'offset. Grâce à son boîtier hermétique, il convient tout particulièrement à la mesure d'inclinaisons de haute précision dans des conditions environnementales difficiles, ainsi qu'aux mesures de haute performance (sur le long terme) dans des réseaux de capteurs sans fil basse consommation ou alimentés par batterie. C'est à ce niveau qu'interviennent la maintenance prédictive et la supervision de l'état des produits, deux opérations étroitement liées au concept Industrie 4.0. Dans le cadre de ces procédures, il est important de déterminer le niveau d'endommagement des éléments d'entraînement — par exemple en réalisant des diagnostics de vibrations, que ce soit de façon permanente ou périodique.

Dans le cas de la solution de détection intelligente représentée à la figure 2, l'accéléromètre constitue le socle du système. Il est complété par d'autres fonctions comme le traitement intégré du signal au moyen de convertisseurs analogiques numériques, de microcontrôleurs et diverses interfaces analogiques et numériques, partiellement isolées ou sans fil. L'interface sans fil est compatible avec des normes de communications telles qu'Ethernet, 6LoWPAN ou WirelessHART, assurant une fiabilité maximale. En ce qui concerne ces deux standards, les réseaux de communications sans fil SmartMesh IP™ et SmartMesh® WirelessHART représentent de très bonnes solutions. Le premier conforme à la norme 6LoWPAN, fournit une fonction de gestion d'adresses IPv6 native à chaque nœud et permet d'accéder facilement aux données des capteurs sur le cloud. Le second, conforme à la norme WirelessHART (CEI 62591), permet aux applications industrielles d'interopérer avec les appareils WirelessHART d'autres fournisseurs. Ces deux

réseaux transmettent les données avec un degré de fiabilité et de sécurité extrêmement élevé grâce au chiffrement de bout en bout AES 128 bits et sont extensibles jusqu'à 50 000 nœuds.

Il convient enfin de ne pas oublier la sécurité fonctionnelle dans le processus de développement de ces systèmes. Pour offrir un haut niveau de sécurité aux utilisateurs de solutions système complètes, les fabricants de semiconducteurs seraient avisés d'investir dans des technologies telles que les solutions de cybersécurité (CSS) et le chiffrement.

En utilisant des systèmes tels que ceux représentés en figure 3, les produits standard disponibles au niveau puce sont moins nombreux. À l'avenir en effet, ils seront intégrés au niveau carte. Déjà, l'intégration de produits standard a lieu directement au niveau du silicium ou dans le boîtier sous forme de système en boîtier (SiP — *System in Package*). En d'autres termes, les fabricants devront disposer de connaissances approfondies au niveau puce, ou tout du moins au niveau carte, tout en se dotant d'un écosystème correspondant. Les clients pourront ainsi se focaliser davantage sur leurs propres applications, ainsi que sur la manière de se différencier vis-à-vis de la concurrence.

Des fabricants comme Analog Devices doivent envisager d'utiliser ou d'intégrer des technologies éprouvées sur d'autres marchés — une approche qui peut contribuer à réduire les coûts élevés et allonger les cycles de vie. Les MEMS représentent un bon exemple d'une filière mise en œuvre avec succès dans d'autres produits. Initialement, cette technologie n'était pas censée être utilisée pour créer d'autres composants que des accéléromètres ; pourtant, elle sert à présent à réaliser des commutateurs extrêmement rapides tels que l'ADGM1304 . Ce commutateur unipolaire à quatre voies (SP4T) avec circuit de commande intégré fonctionne de 0 Hz (continu) à 14 GHz (large bande), ce qui en fait une solution de commutation idéale pour un large éventail d'applications RF ou en remplacement de relais.

Une telle combinaison de technologies permet aux fabricants de répondre aux attentes des particuliers, ainsi que de différents marchés, voire de nouveaux secteurs. Dans nombre de cas, la large gamme de technologies disponibles peut ainsi être combinée pour créer facilement de nouvelles applications à haut rendement.

Il ne suffira toutefois pas aux fabricants de semiconducteurs d'étendre leur gamme de capteurs et autres composants. En effet, pour continuer d'être perçus comme des acteurs de rang mondial sur le marché et exploiter tout le potentiel du concept Industrie 4.0, leur portefeuille devra être étoffé dans le domaine des technologies de communications. En ce qui concerne le secteur de l'automatisation industrielle par exemple, on observe un net glissement vers le protocole Ethernet — ou plutôt l'Ethernet déterministe. C'est pour cette raison qu'Analog Devices a récemment acquis Innovasic, un fabricant de semiconducteurs et de solutions logicielles pour l'Ethernet déterministe. Grâce à cette acquisition, ADI ajoute une solide expertise de la connectivité en temps réel à des réseaux hautement synchronisés, élargissant son offre avec des solutions logicielles uniques. Ainsi, au-delà de l'actuelle tendance favorable à la numérisation, l'objectif de nombreux fabricants de semiconducteurs est de passer de la technologie analogique au système vertical pour offrir des solutions système complètes qui serviront d'interface entre le monde physique et le monde numérique.

Toutefois, afin d'éveiller l'intérêt des clients pour ces systèmes, il convient de tenir compte de plusieurs facteurs. Il ne suffit pas d'utiliser les logiciels appropriés, mais également d'identifier les outils et un écosystème adéquat qui apporteront de la valeur ajoutée au client. Pour cette raison, de nouveaux services et algorithmes d'analyse des données générées seront également indispensables.

Et demain, où sera la « valeur ajoutée » pour les clients ?

Aujourd'hui, les ressources des clients sont de plus en plus orientées vers le logiciel. C'est un véritable défi pour l'ensemble du secteur de la microélectronique et par conséquent, il sera indispensable de proposer aux clients des outils de développement de plus en plus performants,

mais également des possibilités de formation, de la documentation et un haut niveau de support — que ce soit directement par l'intermédiaire d'écosystèmes ou de distributeurs. Bien sûr, il ne rime à rien de développer tous ces produits et systèmes en les dotant de fonctionnalités « Industrie 4.0 » simplement parce que c'est techniquement faisable. L'avantage pour le client doit se matérialiser sous la forme d'une « valeur ajoutée » significative. Il est important que cette valeur ajoutée soit visible et accessible pour le client afin de justifier les surcoûts induits par l'acquisition et l'exploitation de l'application Industrie 4.0. En règle générale, la valeur ajoutée qui intéresse le client répond à l'un des trois critères suivants :

- amélioration de l'efficacité opérationnelle en économisant le temps, les ressources et l'argent utilisés ;
- amélioration du degré de satisfaction et de fidélité des clients en analysant les données d'utilisation ;
- création de sources de recettes supplémentaires grâce à des modèles métier nouveaux ou élargis.

Le succès des produits intelligents est directement lié à la « visualisation » de leur valeur ajoutée. À terme, ils dictent la totalité des paramètres techniques et commerciaux applicables à la mise en œuvre et doivent à ce titre être analysés par le menu. L'analyse peut également aboutir à la conclusion qu'une idée de produit n'est pas économiquement réalisable, du moins à l'instant « t ». Pour rendre les développements davantage « viables », ainsi que pour accélérer l'intégration dans les systèmes et la rendre plus efficace, l'assistance apportée par les fabricants jouera un rôle majeur. En mettant leur expertise au service des processus de développement de leurs clients, ils réduiront les efforts et les surcoûts induits. De plus, les fabricants peuvent continuer à se concentrer sur leur cœur de métier sans consacrer un temps précieux à la maîtrise de nouvelles technologies. Les partenariats et autres initiatives de collaboration peuvent accompagner une croissance continue.

Néanmoins, en raison des nombreux avantages apportés par le concept Industrie 4.0 et ses technologies, il convient de se demander pourquoi les entreprises qui n'ont pas encore investi dans leur propre usine intelligente sont si nombreuses…

Des raisons d'hésiter

L'un des principaux obstacles à l'adoption de la Smart Factory réside dans les avantages minimes de ce concept et aux coûts associés. Par exemple, le calcul du retour sur investissement (ROI) reste actuellement assez difficile compte tenu de l'absence de critères d'évaluation monétaire. Les fabricants de semiconducteurs doivent par conséquent accroître le niveau de sensibilisation de leurs clients et mettre à leur disposition des supports pédagogiques expliquant les avantages de l'usine intelligente, tout en soulignant la valeur liée aux investissements. Des investissements sont nécessaires pour développer les nouvelles technologies et les nouveaux modèles métier, ainsi que pour étoffer les activités de marketing, les mesures de qualification et la gestion des ventes.

Avec la transformation du secteur de la production, des enjeux tels que la sécurité des données et des technologies de l'information jouent un rôle croissant. Ces sujets ne sont pas seulement indispensables au succès du concept Industrie 4.0 — ils doivent être implémentés dans les systèmes numériques en tant que facteurs critiques d'acceptation et de succès.

En outre, il est capital que les entreprises définissent leur orientation stratégique à un stade précoce du déploiement du concept Industrie 4.0 afin d'acquérir l'expérience des technologies correspondantes. Toutefois, ce processus requiert de la patience, car bon nombre des technologies pertinentes risquent de ne pas exprimer leur plein potentiel avant cinq ou dix ans, voire davantage. De plus, en raison de l'absence d'une définition claire, aucune date n'a encore été fixée pour la mise en œuvre effective du concept Industrie 4.0. Au lieu de parler d'une

révolution industrielle, il serait peut-être plus judicieux d'utiliser l'expression « évolution industrielle ».

Avec l'évolution de l'environnement de production, de nouveaux acteurs et concurrents vont également faire leur apparition sur le marché et l'influencer. Des alliances vont se former et façonner l'image de la production de manière significative. L'avenir des entreprises sera de moins en moins déterminé dans les ateliers. En outre, le secteur des logiciels et des services occupera une place prépondérante, car c'est uniquement en reliant et en fusionnant les mondes virtuel et réel que les fabricants atteindront leur potentiel de production maximum.

Quoi qu'il en soit, les fabricants de semiconducteurs ne doivent en aucun cas négliger des activités ou des produits qui ont été couronnés de succès par le passé, ou qui le sont encore aujourd'hui. Ces produits majeurs doivent être perfectionnés et bénéficier d'une assistance continue en conservant des moyens de fabrication appropriés. Si les actuelles architectures des convertisseurs de données sont très stables et demeureront le socle du futur, des améliorations devront être apportées à leur structure de base. À titre d'exemple, des géométries inférieures sont utilisées pour fabriquer ces produits, de sorte qu'il est difficile d'atteindre des performances identiques, voire supérieures.

Une croissance modérée pour les nouvelles tendances du marché

Ces dernières années, les méga-alliances ont conduit à la consolidation du marché des semiconducteurs. Les services Ventes et les réseaux de distributeurs sont en train de passer de la vente de composants à la vente de systèmes. Pour réussir, les entreprises vont devoir se repositionner en reconnaissant le potentiel des technologies de rupture et des nouveaux marchés dans le contexte Industrie 4.0. Les entreprises doivent faire un usage cohérent des rares sources de croissance organique disponibles dans l'industrie des semiconducteurs. Malheureusement, les taux de croissance explosifs que l'industrie des semiconducteurs a connus par le passé avec des ventes en progression annuelle de 30 à 40% ne sont pas près de se reproduire. Entre 2015 et 2020, le taux de croissance annuel moyen devrait être de seulement 3,4%. Les entreprises doivent se poser la question stratégique fondamentale : demain, d'où viendra la croissance ?

Les sources de croissance suivantes peuvent s'avérer cruciales : les semiconducteurs de puissance fabriqués en carbure de silicium (SiC) sont actuellement proposés comme un futur levier de croissance. À la fois plus rapides, plus robustes et plus efficients, ces circuits intégrés sont considérés comme des produits de rupture par rapport aux modèles ordinaires en silicium. Les technologies SiC et GaN (nitrure de gallium) domineront les prochaines années en raison de la demande croissante suscitée par les produits hybrides et l'électromobilité, ainsi que la production d'énergie régénérative et certaines applications industrielles.

Conclusion

Dans le contexte d'un Internet des objets élargi également connu sous l'appellation « Internet of Everything » (IoE), le concept Industrie 4.0 recèle un potentiel exceptionnel. Au cours des prochaines décennies, la valeur de ce marché devrait totaliser plusieurs milliers de milliards de dollars. Tout ce qui contribue à augmenter la productivité à l'aide du concept Industrie 4.0 revêt un intérêt majeur pour les entreprises de toutes tailles.

Pour exploiter pleinement le potentiel commercial de l'Internet des objets, l'aspect matériel ne suffit pas. Il est indispensable de pouvoir s'appuyer sur un écosystème complet englobant matériels, logiciels et services. Dans ce nouvel environnement, les petites sociétés agiles sont encouragées à collaborer avec de plus grandes entreprises et à nouer des partenariats.

Cependant, les fabricants de semiconducteurs ne devraient pas négliger les développements qui se positionnent au-delà des tendances actuelles et du « buzz » généré par le concept

Industrie 4.0. Il existe des technologies qui correspondent traditionnellement à un marché donné et qui finissent par en influencer d'autres ; c'est le cas de la 5G, une technologie de communications pour appareils et infrastructure mobiles. À l'avenir, l'automobile est l'un des marchés qui stimuleront la demande pour la 5G. La communication avec d'autres systèmes est particulièrement importante pour la conduite autonome. Chaque véhicule fait partie d'un écosystème complexe où les communications jouent un rôle-clé. Outre l'échange de données entre véhicules, cet écosystème comprend l'infrastructure routière, le réseau 5G et de grands data centres. De plus, les véhicules sont bardés de capteurs, caméras, lidars et radars qui collectent les informations relatives à leur environnement. Toutes les composantes du système de communications doivent fonctionner ensemble. Au vu de l'énorme quantité de données devant être traitées dans le contexte de la conduite autonome avec un débit plus élevé, des temps de latence inférieurs et une fiabilité ultra élevée, la 5G apparaît comme la norme de communications la plus prometteuse.

En résumé, le concept Industrie 4.0, c'est-à-dire la transformation vers des usines intelligentes et les technologies appropriées, représente un formidable potentiel pour les fabricants de semiconducteurs et le succès de leur entreprise.

À propos de l'auteur

Thomas Brand a débuté sa carrière chez Analog Devices à Munich en octobre 2015 dans le cadre de sa thèse de maîtrise. De mai 2016 à janvier 2017, il a participé à un programme de formation pour les ingénieurs d'application terrain chez Analog Devices. Depuis février 2017, il fait partie de l'équipe d'ingénieurs d'applications terrain. Dans le cadre de ces fonctions, il est principalement responsable des grands comptes industriels. Par ailleurs, Thomas est spécialisé dans l'Ethernet industriel et pilote des sujets connexes en Europe centrale. Il a étudié l'ingénierie électrique à l'Université d'éducation coopérative de Mosbach (Allemagne), avant de poursuivre des études de troisième cycle en ventes internationales et d'obtenir une maîtrise à l'Université des sciences appliquées de Constance (Allemagne).