Instruments de terrain connectés — La voie royale vers l'Industrie 4.0

Grâce aux progrès de la technologie et de l'industrie, l'humanité est en permanence amenée à atteindre et franchir de nouveaux sommets, un parcours jalonné d'avancées qui ont marqué l'histoire des technologies et portent le nom de « révolutions industrielles ». Aujourd'hui, nous vivons la quatrième de ces étapes, l'Industrie 4.0.

Les trois précédentes révolutions industrielles ont successivement introduit l'utilisation de la vapeur et de la puissance hydraulique dans les opérations manufacturières, puis la production de masse grâce à l'électricité et, enfin, l'informatique. La quatrième révolution porte pour sa part sur l'automatisation numérique des usines. Cette automatisation numérique est mise en œuvre à tous les niveaux de l'entreprise pour augmenter l'efficacité au moyen de commandes automatiques qui rendent la maintenance préventive possible tout en augmentant les niveaux de production et de disponibilité. La mise en réseau intégrale des opérations permet de mieux planifier les itinéraires d'approvisionnement, d'éliminer les coûts de stockage et de garantir une utilisation optimale. À une époque où la demande ne cesse d'augmenter, l'immobilisation des machines coûte cher aux entreprises. Une « usine connectée » simplifie la planification et permet d'éviter l'interruption de la production.

Mais l'Industrie 4.0 ne se contente pas de mettre l'accent sur les nouveaux développements. L'utilisation continue et l'expansion permanente des infrastructures existantes en vue d'accélérer l'amortissement des usines numériques forment un critère important qui tient compte du facteur « coût ». Pour l'exploitant d'une usine connectée, les coûts d'acquisition (qui devraient être réduits) et la nécessité de procéder à des modifications structurelles majeures (qui devraient être inexistantes) sont des éléments importants qu'il convient d'évaluer dans le cadre d'une analyse coûts-avantages. Parmi les paramètres essentiels de la réalisation d'une usine intelligente, citons l'utilisation d'instruments de terrain connectés — les « émetteurs intelligents » — qui ont pour mission de gérer les tâches de mesure et de diagnostic de l'usine, ainsi que la connexion à d'autres instruments de terrain. Ces émetteurs intelligents peuvent être répartis dans l'ensemble de l'usine et différents capteurs être raccordés, de sorte que des entités jusqu'alors déconnectées peuvent désormais être surveillées.

Les instruments de terrain forment le socle universel et intelligent de l'Industrie 4.0. Nous allons à présent examiner ces unités dans le détail en prenant l'exemple d'un instrument utilisé avec divers capteurs, tels que des thermomètres à résistance, des thermocouples ou des capteurs de pression.

Développés sur la base d'instruments de terrain utilisés à grande échelle, les « émetteurs intelligents » sont des instruments de terrain connectés qui sont alimentés soit de façon exclusive par une boucle de courant, soit par une source d'énergie auxiliaire. Entre autres composants, un émetteur intelligent utilise un microprocesseur où réside le logiciel nécessaire pour le rendre « intelligent ». Cependant, l'intelligence d'un instrument de terrain n'a pas besoin d'être exclusivement stockée dans le logiciel du microcontrôleur. Les fonctions de diagnostic et de sécurité peuvent également être intégrées dans d'autres modules semiconducteurs, tels que des convertisseurs analogique-numérique, de sorte que le microcontrôleur peut accueillir des logiciels de traitement supplémentaires. Les émetteurs intelligents utilisent généralement la boucle de courant standard 4-20 mA, ce qui limite leur consommation d'énergie maximale. La consommation des différents composants doit donc être fortement limitée. En cas d'utilisation d'un courant d'alarme peu élevé de 3,2 mA, cette limite est de 3,2 mA. Parmi les tendances concernant les émetteurs intelligents figurent une faible consommation d'énergie, un encombrement réduit, des fonctionnalités étendues, de meilleures performances, des fonctions de sécurité et une capacité de maintenance préventive (figure 1).

La figure 2 représente la chaîne de signal typique d'un émetteur intelligent. L'instrument se compose d'un capteur et d'un convertisseur analogique/numérique, lequel est généralement composé d'un

circuit frontal analogique (AFE) et d'une unité de prétraitement analogique. À partir du convertisseur analogique/numérique, le signal numérique est injecté dans un microprocesseur à travers une barrière d'isolation, puis dans un circuit d'interface. Aujourd'hui, des solutions bifilaires, via l'interface 4-20 mA, sont souvent utilisées dans les environnements d'automatisation industrielle, ce qui implique le recours à un convertisseur numérique-analogique. Un protocole HART (*Highway Addressable Remote Transducer*) facilite l'utilisation bidirectionnelle de cette interface. Si la salle de commande est également compatible, des processus plus complexes peuvent être transmis via le protocole HART, ce qui permet de tirer pleinement parti des instruments de terrain.

Le rôle de chaque composant est décrit ci-dessous de façon complète ; la figure 2 représente un circuit conçu pour être efficace dans un encombrement réduit. Il est composé de modules créés par Analog Devices conformément aux exigences de l'Industrie 4.0 et qui associent un haut niveau de précision à une faible consommation d'énergie. La figure 3 représente le synoptique d'un circuit (partie supérieure et un cliché du circuit vu de haut (partie inférieure).

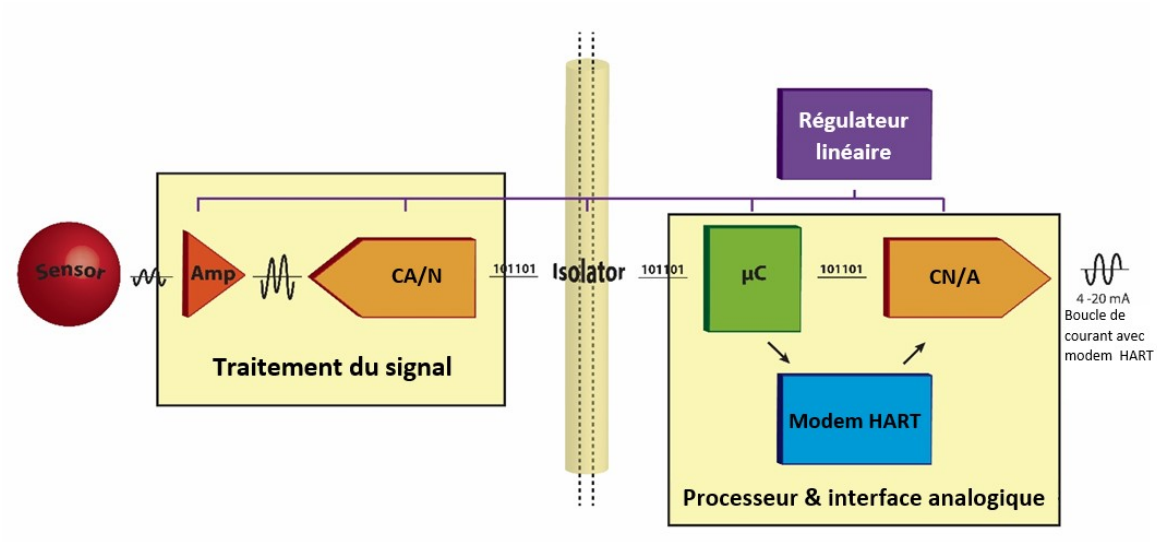


Figure 2 : Synoptique d'un émetteur intelligent

Le capteur est connecté à un convertisseur analogique-numérique, dans ce cas, un convertisseur analogique/numérique sigma-delta 24 bits à haut niveau d'intégration portant la référence AD7124. Il intègre un circuit frontal analogique de faible encombrement qui fonctionne sans amplificateur d'instrumentation externe, ni amplificateur opérationnel. Hautement flexible, le convertisseur AD7124 peut être conçu avec quatre ou huit entrées différentielles et utilisé avec différents capteurs. En outre, le convertisseur analogique/numérique dispose d'une source d'alimentation programmable, ce qui est essentiel pour les capteurs de température passifs, ainsi que de trois modes de puissance différents qui autorisent une conception très flexible de la consommation d'énergie.

La précision et le débit de données en sortie sont déterminés par le mode d'alimentation choisi. Ainsi, il est également possible de faire fonctionner l'instrument de terrain jusqu'à un plafond de 3,2 mA afin de connecter des microprocesseurs plus puissants ou des capteurs supplémentaires pour procéder à des mesures en parallèle. Le convertisseur AD7124 dispose également de plusieurs fonctions de diagnostic :

- lecture/écriture sans exception dans les registres valides ;
- seules les données valides sont lues dans le registre ;
- validation du découplage propre du régulateur de tension à faible tension de déchet (LDO) ;
- validation des performances du modulateur et du filtre du convertisseur analogique/numérique selon les spécifications ;
- validation de surtension ou sous-tension.

Ces précautions facilitent la mise en conformité aux normes de sécurité ; de plus, les informations peuvent être transmises via le protocole HART pour planifier en amont les interventions de maintenance sur les appareils de terrain. En raison de la disponibilité accrue et de la diminution des exigences de maintenance qui en résultent, l'Industrie 4.0 apporte de formidables gains d'efficacité.

L'isolation des instruments de terrain revêt également une grande importance. Une mauvaise isolation peut entraîner des boucles de masse et des surtensions, risquant d'endommager non seulement l'instrument, mais également un automate programmable industriel (PLC) connecté en cas de transmission sur la liaison bifilaire. Si une bonne isolation se heurte souvent à la limite de courant des appareils de terrain alimentés par boucle, notre exemple utilise l'isolateur numérique ADUM1441. Aux débits de transmission peu élevés, sa consommation d'énergie est nettement inférieure à celle des solutions précédentes, ce qui assure une isolation adéquate dans les limites de consommation indiquées.

Outre le convertisseur AD7124 et l'isolateur numérique ADUM1441, notre instrument de terrain comporte un microcontrôleur. Des microcontrôleurs à base de processeur ARM-M3 tels que l'ADuCM3027/3029 sont généralement utilisés. Leur consommation active inférieure à 38 µA/MHz en fait une solution idéale pour les émetteurs intelligents. Les microcontrôleurs ARM3 sont largement employés dans l'industrie et ils conviennent également aux applications importantes pour la sécurité. Les microcontrôleurs ADuCM3027/3029 disposent également d'une fonction de chiffrement AES-128/256 qui permet de prendre en charge des fonctions de sécurité supplémentaires. C'est sur ces microcontrôleurs qu'un logiciel intelligent pourra être programmé pour exécuter des diagnostics — par exemple, pour étalonner l'AD7124 afin de vérifier la précision des mesures effectuées par l'instrument de terrain.

Le protocole HART assure une conception intelligente des instruments de terrain sans exigences majeures en matière d'infrastructure. Il peut être utilisé sur une boucle de courant de 4-20 mA, bien que cette solution nécessite un esclave et un maître HART. Ce protocole permet à l'utilisateur d'établir une connexion numérique entre l'appareil de terrain et l'automate programmable, et par conséquent entre la salle de commande et l'instrument de terrain. Pour l'implémentation du protocole HART, on utilisera un modem HART connecté à un convertisseur numérique/analogique compatible. Ces appareils doivent afficher un haut niveau d'intégration et une faible consommation d'énergie, deux facteurs qui constituent les piliers du concept Industrie 4.0. Le protocole HART rend possibles les communications numériques sur la boucle de courant existante, mais un modem HART est indispensable pour moduler ce signal en un signal de courant propre. Le modem HART ultra-basse consommation AD5700 a été conçu dans cette optique.

Dernier pilier d'un instrument de terrain moderne, le convertisseur numérique-analogique. Dans le cas du scénario Industrie 4.0, il importe de préserver une faible consommation d'énergie et un haut niveau d'intégration. Le convertisseur numérique/analogique est un composant-clé pour l'ensemble du circuit — au lieu d'occuper de l'espace sur la carte électronique, le maximum de fonctions sera, dans la mesure du possible, intégré au convertisseur. Prenons l'exemple d'un régulateur linéaire qui alimente également la totalité de l'instrument de terrain. Il est également utilisé pour les communications avec l'automate programmable et prend en charge les tâches de commande et de surveillance de l'unité. Compatible avec le modem HART, le convertisseur analogique/numérique AD5421 est une option intéressante.

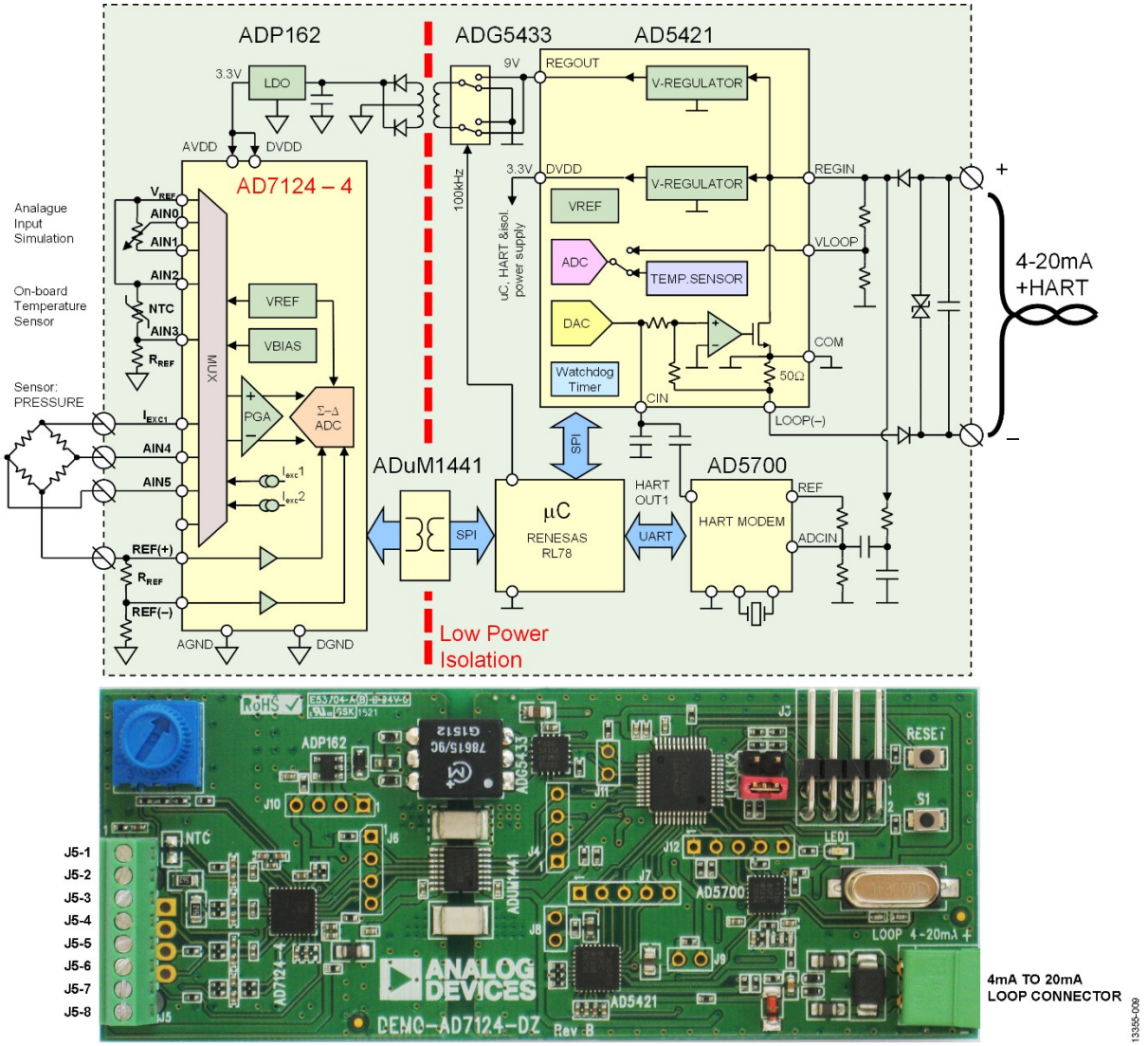


Figure 3 : Synoptique d'un circuit de référence et cliché du circuit vu de haut

Synthèse

La chaîne de signal décrite représente un instrument de terrain avec alimentation par boucle compatible avec le concept Industrie 4.0 pouvant être utilisé pour mesurer la pression ou la température. Cet émetteur intelligent qui convient aux tâches de mesure, de contrôle et de rétroaction a été spécialement conçu pour répondre aux exigences de faible encombrement et de basse consommation d'énergie. Les composants proposés par Analog Devices réunissent tous les atouts pour relever ces nouveaux défis, aujourd'hui comme demain.