

Guide du conditionnement du signal pour les ingénieurs

Aperçu

De nombreuses applications reposent sur des mesures environnementales ou structurelles (de température et de vibrations, par exemple) effectuées par le biais de capteurs. Afin qu'un matériel d'acquisition de données puisse mesurer un signal efficacement et précisément, ces capteurs nécessitent un conditionnement du signal. Si les signaux réels ne sont pas mis en forme pour le numériseur utilisé, rien ne permet de garantir la précision des mesures ; c'est pourquoi le conditionnement du signal constitue l'un des éléments les plus importants d'un système d'acquisition de données.

Selon les capteurs utilisés, les besoins en termes de fonctionnalités du conditionnement du signal varient énormément, or aucun instrument n'est capable de répondre aux besoins de conditionnement de tous les capteurs. Les thermocouples, par exemple, génèrent des signaux très basse tension qui doivent être linéarisés, amplifiés et filtrés, tandis que ceux des jauges de déformation et des accéléromètres nécessitent de l'excitation. D'autres signaux ne nécessitent aucun conditionnement, mais reposent principalement sur l'isolation contre les tensions élevées. Pour garantir l'efficacité d'un système de conditionnement du signal, il est important de connaître les circuits adaptés pour effectuer une mesure précise quelle que soit votre combinaison de voies.

Ce document indique les spécifications de conditionnement du signal relatives aux types de capteurs les plus courants, et présente les principaux éléments à prendre en considération pour développer et maintenir un système de mesure conditionné.

- ▷ Principes fondamentaux du conditionnement du signal
- ▷ Conditionnement du signal spécifique aux capteurs
- ▷ Critères de construction d'un système de conditionnement du signal
- ▷ Implémenter un système de conditionnement du signal

Principes fondamentaux du conditionnement du signal

La plupart des signaux requièrent une certaine préparation avant de pouvoir être numérisés. Les signaux de thermocouples ont des niveaux de tension très faibles qui nécessitent notamment une amplification. D'autres capteurs tels que les détecteurs de température à résistance (RTD), les thermistances, les jauges de déformation et les accéléromètres doivent être excités pour fonctionner. Toutes ces technologies de préparation sont des formes de conditionnement du signal.

La liste suivante contient les types de conditionnement du signal, leurs fonctionnalités et des exemples de cas d'utilisation, afin que vous puissiez examiner les différentes options qui s'offrent à vous.

Amplification

Les amplificateurs augmentent le niveau de tension pour s'adapter à la gamme du convertisseur analogique/numérique (C A/N), ce qui augmente la résolution et la sensibilité de la mesure. De plus, il est possible d'améliorer le rapport signal/bruit en rapprochant les conditionneurs de la source du signal – ou transducteur –, ce qui amplifie le niveau de tension avant qu'il ne soit affecté par le bruit ambiant. Les capteurs qui nécessitent une amplification sont typiquement les thermocouples et les jauges de déformation.

Atténuation

L'atténuation s'oppose à l'amplification et s'avère essentielle lorsque les tensions à numériser sont supérieures à la gamme du C A/N. Cette forme de conditionnement du signal diminue l'amplitude du signal d'entrée afin de l'adapter à la gamme du C A/N. L'atténuation est généralement indispensable lors de mesure de tensions supérieures à 10 V.

Filtrage

Les filtres rejettent les bruits parasites dans une certaine gamme de fréquences. Souvent, on utilise des filtres passe-bas pour rejeter le bruit dans des mesures électriques sous 50/60 Hz. Le filtrage peut également être utilisé pour éviter le repliement de spectre de signaux hautes fréquences. Cela est possible en utilisant un filtre anti-repliement pour atténuer les signaux supérieurs à la fréquence de Nyquist. Il s'agit d'une forme de filtre passe-bas qui se caractérise par une largeur de bande plate et une pente raide. Étant donné que les mesures d'accéléromètres et de microphones sont généralement analysées dans le domaine fréquentiel, les filtres anti-repliement sont idéaux pour les applications de son et de vibrations.

Isolation

Les signaux de tension qui se situent hors de la gamme du numériseur peuvent endommager le système de mesure et porter atteinte à la sécurité de l'opérateur. C'est la raison pour laquelle l'isolation est généralement indissociable de l'atténuation, afin de protéger le système et l'utilisateur des tensions dangereuses ou des hausses brusques de tension. L'isolation peut également s'avérer utile lorsque le capteur est placé sur un plan de masse différent du capteur de mesure, tel qu'un thermocouple monté sur un moteur.

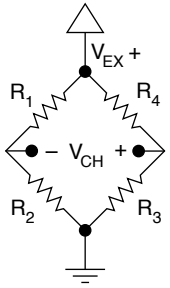


Figure 1.
Excitation appliquée à
un pont de Wheatstone.

Excitation

Plusieurs types de transducteurs nécessitent de l'excitation. Les jauges de déformation, les accéléromètres, les thermistances et les détecteurs de température à résistance (RTD), notamment, requièrent une tension externe ou un courant d'excitation. Les mesures par RTD et par thermistances sont effectuées avec une source de courant qui convertit la variation de la résistance en une tension mesurable. Les accéléromètres ont souvent un amplificateur intégré, qui nécessite un courant d'excitation fourni par le matériel de mesure. Les jauges de déformation, qui sont des matériels très basse tension, sont généralement utilisées dans une configuration en pont de Wheatstone avec une source de tension d'excitation.

Linéarisation

La linéarisation est nécessaire lorsque les capteurs génèrent des signaux de tension qui n'ont pas de rapport linéaire avec les mesures physiques. Ce processus d'interprétation du signal à partir du capteur peut être implémenté soit par le conditionnement du signal, soit par voie logicielle. L'exemple classique de capteur requérant une linéarisation est le thermocouple.

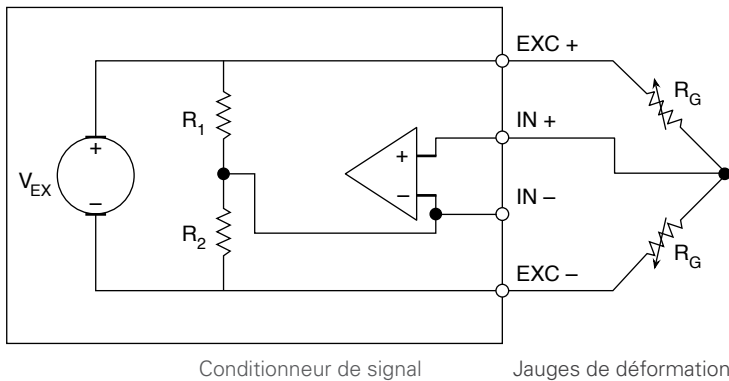


Figure 2.
Connexion d'un circuit de jauge de déformation en demi-pont.

Compensation de soudure froide

La compensation de soudure froide (CSF) est indispensable pour garantir l'exactitude des mesures par thermocouple. Le principe des thermocouples est de mesurer une température à partir de la différence de tension entre deux métaux différents. À cause de cela, une autre tension est générée au niveau de la connexion entre le thermocouple et le terminal du matériel d'acquisition de données. La CSF améliore la précision de la mesure en informant de la température au niveau de cette jonction et en apportant une correction appropriée.

Complément de pont

Le complément de pont est indispensable pour que les capteurs en demi-pont et en quart-de-pont forment un pont de Wheatstone à quatre résistances. Les conditionneurs de signaux de jauge de déformation fournissent généralement des montages en demi-pont composés de résistances haute précision. Les résistances de complément constituent une référence fixe pour détecter les légères variations de tension au niveau des différents capteurs actifs.

Méthode d'échantillonnage

En règle générale, le numériseur constitue l'élément le plus onéreux d'un système d'acquisition de données. Le multiplexage peut acheminer de manière séquentielle plusieurs signaux vers un unique numériseur, ce qui s'avère être une méthode rentable pour augmenter significativement le nombre de signaux d'un système. S'il est essentiel de mesurer deux signaux ou plus au même instant, comme pour la caractérisation de structure, l'échantillonnage simultané est recommandé.

Conditionnement du signal spécifique aux capteurs

Pour effectuer des mesures optimales, il est indispensable de comprendre les besoins de chaque type de mesure en termes de conditionnement du signal. En fonction des capteurs requis pour le fonctionnement de votre application, vous devez prendre en compte certains types de conditionnement de signal pour garantir la meilleure mesure possible. Le tableau ci-dessous contient un résumé des types de conditionnement de signal correspondant aux différents capteurs et mesures.

	Amplification	Atténuation	Isolation	Filtrage	Excitation	Linéarisation	CSF	Complément de pont
Thermocouple	✓	–	✓	✓		✓	✓	–
Thermistance	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	–
RTD	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	–
Jauge de déformation	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	✓
Charge, pression, couple	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	–
Accéléromètre	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	–
Microphone	✓	–		✓	✓	✓	–	–
LVDT/RVDT	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	–
Haute tension	–	✓	✓	–	–	–	–	–

Tableau 1.
Spécifications propres aux mesures par capteurs.

Capteurs de température

Les capteurs les plus couramment utilisés pour mesurer des températures sont les thermocouples, les RTD et les thermistances. Ils génèrent une faible tension de sortie qui se mesure dans la gamme des millivolts. La sortie de ces capteurs est trop petite pour les matériels d'acquisition de données qui offrent une vaste plage de tension d'entrée et sont capable de

garantir la précision des mesures. Par exemple, la gamme typique du signal de thermocouple est ± 80 mV. Si vous disposez d'un numériseur 16 bits avec une gamme de ± 10 V, vous ne pouvez utiliser que 0,8 % de la gamme du C A/N.



Figure 3.
La mise à zéro automatique compense les erreurs d'offset au niveau du matériel de mesure.

Comme cela a été évoqué plus haut, les signaux de sortie des thermistances, des RTD et des thermocouples se situent souvent aux alentours de 0 V ; c'est pourquoi les erreurs d'offset générées par le matériel de mesure peuvent avoir un impact important sur la précision globale. Une erreur d'offset correspond à une déviation de la température mesurée par rapport à celle de référence. Plusieurs matériels intègrent une fonction de mise à zéro automatique qui mesure automatiquement l'erreur d'offset interne avant que les données de température ne soient acquises, et qui corrige l'erreur au niveau du matériel de mesure. Si ce dernier ne supporte pas la mise à zéro automatique, assurez-vous qu'il

soit régulièrement étalonné et utilisez les documents de spécifications pour identifier dans quelle mesure l'erreur d'offset affecte la précision globale.

Étant donné que la fréquence d'échantillonnage des mesures de température est généralement basse, celles-ci sont sensibles aux bruits hautes-fréquences. Pour pallier à cela, on utilise des filtres passe-bas, qui éliminent les bruits hautes-fréquences ainsi que ceux générés par les lignes électriques de 50 et 60 Hz, comme c'est le cas dans la plupart des laboratoires et des environnements industriels.

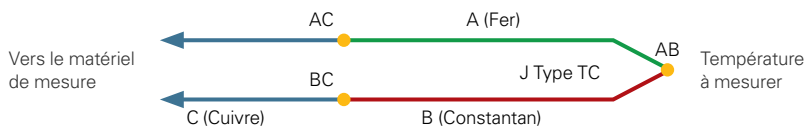


Figure 4.
L'erreur liée à la soudure froide ajoute des tensions supplémentaires à la mesure de thermocouple.

Thermocouples

Les thermocouples ont des spécifications de conditionnement du signal particulières. Étant donné que des soudures froides sont formées par la connexion de thermocouples aux câbles ou aux terminaux du matériel d'acquisition de données, ils génèrent des tensions qui s'ajoutent à votre mesure souhaitée.

Dans le système présenté à la Figure 4,

par exemple, au lieu de mesurer AB comme souhaité, la mesure réellement effectuée correspond à $AB + AC + BC$. Les tensions supplémentaires générées par les jonctions sont des erreurs liées aux soudures froides. Pour les éliminer, les températures d'AC et BC sont soustraites de la mesure totale pour obtenir la température réelle. Cet ajustement est appelé « compensation de soudure froide » (CSF). La plupart des matériels de mesure de thermocouple intègrent la CSF et la mise à l'échelle automatique par logiciel. Si le matériel d'acquisition de données ne dispose pas de la CSF, la température doit être mesurée en externe pour que le logiciel prenne en compte cette différence.

Bien que la CSF permette de pallier aux erreurs générées par les soudures froides, la fonction elle-même ainsi que la façon dont elle est implémentée peuvent également causer des erreurs. L'erreur totale liée à la CSF comprend l'erreur au niveau du capteur de CSF, celle

au niveau du matériel qui le mesure, et le gradient de température entre la soudure froide et le capteur de CSF. Ce dernier facteur est le plus préjudiciable. Le risque de ce type d'erreurs peut être réduit en plaçant les capteurs de CSF aussi près que possible des terminaux du thermocouple. Pour diminuer les erreurs au niveau du capteur CSF, utilisez un capteur de température précis tel qu'une RTD, une thermistance ou un capteur de température à circuit intégré conçu pour la gamme de température à laquelle les soudures froides seront soumises. Pour réduire les erreurs

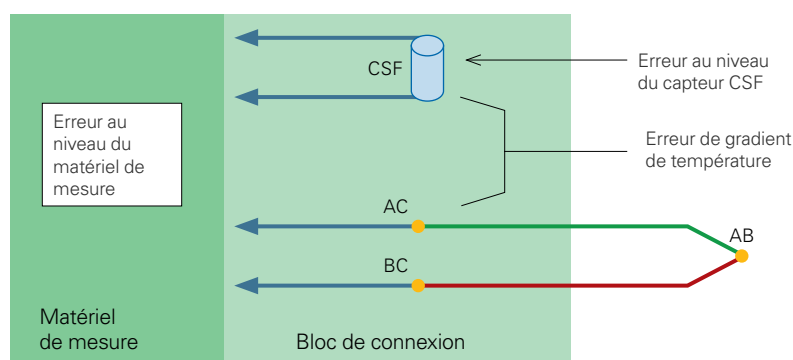


Figure 5.
Système de mesure par thermocouple.

au niveau du matériel de mesure, investissez dans un matériel présentant les critères de précision qui correspondent aux besoins de votre application, étalonnez-le en conséquence et respectez les conditions d'utilisation spécifiées par le fabricant.

Le fait de monter ou de souder des thermocouples à des matériaux conducteurs ou de les immerger peut également représenter une source de bruit préjudiciable. Lorsqu'un thermocouple est connecté à un matériau conducteur, il devient sensible aux tensions de mode commun et aux boucles de masse. L'isolation permet d'éviter les boucles de masse et peut améliorer significativement le rejet de la tension de mode commun. Les matériaux conducteurs présentant de fortes tensions de mode commun nécessitent une isolation pour que la mesure soit exacte.

Thermistances et RTD

Les thermistances et les RTD sont des capteurs de température actifs qui nécessitent une tension ou un courant d'excitation. Il est important de noter que l'injection d'un fort courant d'excitation provoque un auto-échauffement, qui affecte l'exactitude des mesures. Si vous ne pouvez pas dissiper cette chaleur superflue, essayez d'atténuer le courant d'excitation. Lorsque vous utilisez des RTD, assurez-vous d'implémenter l'amplification et les filtres passe-bas comme mentionné plus haut afin d'éliminer l'effet du bruit.

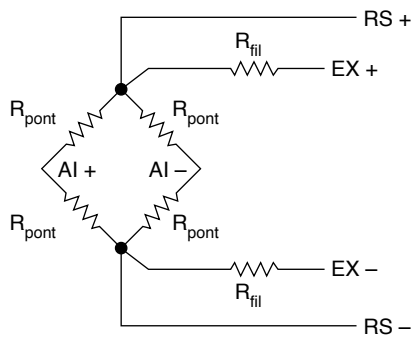


Figure 6.
La détection à distance permet de mesurer le niveau d'excitation réellement injecté dans le capteur.

Jauges de déformation

Les mesures par jauges de déformation impliquent de capter de très légères variations de la résistance. Pour obtenir des mesures fiables, il est essentiel de choisir judicieusement et d'utiliser correctement le pont et le conditionnement de signal. Les jauges de déformation se divisent en trois types : quart-de-pont, demi-pont et pont complet. Ces appellations correspondent au nombre de branches qui composent le pont de Wheatstone et qui mesurent activement les jauges de déformation. Aussi, des circuits de complément de pont sont nécessaires pour les jauges en quart-de-pont et en demi-pont. Généralement, les circuits de conditionnement pour les jauges de déformation sont conçus pour des montages en demi-pont. Si vous utilisez un capteur en quart-de-pont, vous devez utiliser une troisième résistance, communément appelée résistance de complément quart-de-pont. Comme les capteurs de température, la plupart des jauges de déformation nécessitent une amplification, puisque leurs tensions de sortie sont faibles (inférieures à 100 mV), ce qui les rend sensibles au bruit. L'utilisation de filtres passe-bas permet d'éliminer le bruit parasite des composants hautes- fréquences.

Les jauges de déformation nécessitent des niveaux de tension d'excitation situés entre 2,5 V et 10 V. La variation de la tension de sortie pour un certain niveau de déformation augmente proportionnellement à la tension d'excitation. Bien qu'une tension d'excitation plus élevée génère donc une tension de sortie plus élevée – et améliore par là-même le rapport signal/ bruit –, cela peut également provoquer des erreurs liées à l'auto-échauffement. Ce phénomène modifie la résistance et la sensibilité des jauges de déformation, affecte la capacité de la colle

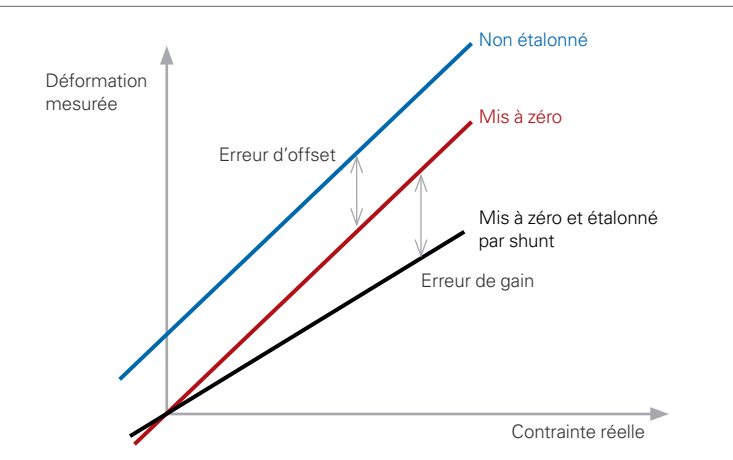


Figure 7.
La mise à zéro et l'étalonnage par shunt permettent d'ajuster l'erreur d'offset et de gain du matériel de mesure.

à transférer la déformation mécanique, et introduit des effets thermiques entre les fils conducteurs et le support de la jauge. Cela a une grande incidence sur les mesures lorsque le matériau du support ne permet pas une bonne dissipation de la chaleur, comme le plastique. Vous pouvez réduire l'échauffement soit en sélectionnant une jauge avec une surface plus grande pour augmenter la dissipation thermique, soit en réduisant le niveau d'excitation.

Si le circuit de jauge de déformation est éloigné des circuits de conditionnement du signal et de la source d'excitation, la résistance des fils conducteurs longs ajoutés à ceux de la jauge, plus petits, peut faire chuter la tension d'excitation apportée sur le pont. Il est possible d'éviter cette erreur en utilisant une détection à distance. Celle-ci permet de mesurer la quantité

d'excitation réellement appliquée sur le capteur et de la réguler par le biais d'une contre-réaction pour compenser les pertes liées aux fils et fournir une tension adéquate au pont.

Lorsqu'une jauge de déformation est installée et connectée à un pont de Wheatstone, il est peu probable de lire 0 volts lorsqu'aucune déformation n'est exercée. Les imperfections liées aux jauges, la résistance des fils conducteurs et les conditions d'installation « précontraintes » génèrent un offset de tension initial différent de zéro. Dans ce cas, effectuez une annulation d'offset ou une remise à zéro de l'étalonnage au niveau matériel ou logiciel pour corriger le déséquilibre inhérent au pont. Au niveau logiciel, effectuez une première mesure avant d'exercer une quelconque contrainte et utilisez cette tension initiale pour calculer l'offset de déformation. Simple et efficace, cette méthode ne nécessite aucun ajustement manuel. En revanche, dans le cadre de mesures traditionnelles, elle a l'inconvénient de limiter la gamme de mesure en fonction de l'ampleur des offsets. La solution alternative consiste à utiliser du matériel pour équilibrer le pont. Mesurez la déformation initiale, puis ajustez la sortie du pont à zéro. En faisant varier la résistance d'un potentiomètre interne, vous pouvez contrôler le niveau de sortie du pont et définir la sortie initiale à 0 V. déformation, affecte la capacité de la colle à transférer la déformation mécanique, et introduit des effets thermiques entre les fils conducteurs et le support de la jauge. Cela a une grande incidence sur les mesures lorsque le matériau du support ne permet pas une bonne dissipation de la chaleur, comme le plastique. Vous pouvez réduire l'échauffement soit en sélectionnant une jauge avec une surface plus grande pour augmenter la dissipation thermique, soit en réduisant le niveau d'excitation.

Si le circuit de jauge de déformation est éloigné des circuits de conditionnement du signal et de la source d'excitation, la résistance des fils conducteurs longs ajoutés à ceux de la jauge, plus petits, peut faire chuter la tension d'excitation apportée sur le pont. Il est possible d'éviter cette erreur en utilisant une détection à distance. Celle-ci permet de mesurer la quantité d'excitation réellement appliquée sur le capteur et de la réguler par le biais d'une contre-réaction pour compenser les pertes liées aux fils et fournir une tension adéquate au pont.

Lorsqu'une jauge de déformation est installée et connectée à un pont de Wheatstone, il est peu probable de lire 0 volts lorsqu'aucune déformation n'est exercée. Les imperfections liées aux jauges, la résistance des fils conducteurs et les conditions d'installation « précontraintes » génèrent un offset de tension initial différent de zéro. Dans ce cas, effectuez une annulation d'offset ou une remise à zéro de l'étalonnage au niveau matériel ou logiciel pour corriger le déséquilibre inhérent au pont. Au niveau logiciel, effectuez une première mesure avant d'exercer une quelconque contrainte et utilisez cette tension initiale pour calculer l'offset de déformation. Simple et efficace, cette méthode ne nécessite aucun ajustement manuel. En revanche, dans le cadre de mesures traditionnelles, elle a l'inconvénient de limiter la gamme de mesure en fonction de l'ampleur des offsets. La solution alternative consiste à utiliser du matériel pour équilibrer le pont. Mesurez la déformation initiale, puis ajustez la sortie du pont à zéro. En faisant varier la résistance d'un potentiomètre interne, vous pouvez contrôler le niveau de sortie du pont et définir la sortie initiale à 0 V.

Charge, pression et couple

L'outil le plus courant pour mesurer une charge, une pression ou un couple est un capteur basé sur une jauge de déformation en pont complet. Dans une configuration en pont complet, les quatre branches du pont de Wheatstone sont des jauges de déformation ; ainsi, aucun circuit de complément de pont ni aucune résistance supplémentaire n'est nécessaire. Les capteurs de charge, de pression et de couple peuvent générer des tensions faibles comme élevées, selon les critères d'excitation du capteur. Généralement alimentés par un matériel de mesure, les capteurs à faible niveau d'excitation génèrent des signaux de l'ordre du millivolt ou du volt, tandis que ceux à haut niveau d'excitation nécessitent des sources d'alimentation externes pour fonctionner, et génèrent des signaux de ± 5 V, ± 10 V, ou entre 4 et 20 mA. Étant donné qu'il est ici question de mesure de déformation en pont complet, le conditionnement de signal mentionné plus haut (détection à distance et étalonnage par shunt) est également applicable.

Accéléromètres et microphones

Les mesures de sons et de vibrations sont étroitement liées. Les accéléromètres et les microphones mesurent tous les deux des oscillations, mais par des moyens différents ; ainsi, la théorie de la mesure de sons et de vibrations et leurs techniques de conditionnement du signal sont similaires. Le type de conditionnement du signal implémenté pour les accéléromètres et les microphones dépend de la présence ou non d'amplificateurs intégrés.

Étant donné que la charge produite par un accéléromètre est très faible, le signal électrique généré par le capteur est sensible au bruit ; vous devez donc utiliser des composants électroniques sensibles pour amplifier et conditionner le signal.

Les capteurs électroniques piézo-électriques intégrés (IEPE) intègrent l'amplificateur de charge ou de tension à courte distance du capteur afin de garantir une meilleure protection contre le bruit et une

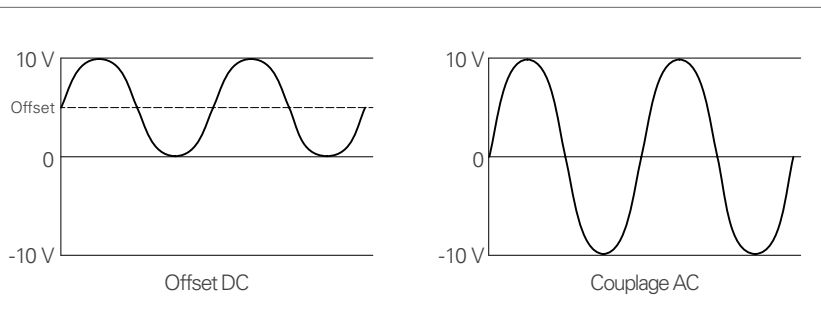


Figure 8.
Le couplage AC filtre le composant DC d'un signal pour augmenter la résolution de la mesure.

encapsulation plus pratique. Ce conditionnement du signal fournit une source de courant constant qui alimente les circuits à l'intérieur des capteurs. Étant donné que les accéléromètres piézo-électriques sont des sources à haute impédance, vous devez concevoir un amplificateur sensible à la charge avec un faible bruit, et une impédance élevée en entrée mais faible en sortie. Comme les accéléromètres, les microphones peuvent être alimentés de manière externe ou interne. Les microphones à condensateur à polarisation externe nécessitent 200 V en alimentation externe. De leur côté, les microphones à condensateur pré-polarisés sont alimentés par des préamplificateurs IEPE qui requièrent une source de courant constant.

Lorsque le conditionnement du signal IEPE est activé, un offset de tension DC est généré en proportion égale au produit du courant d'excitation et de l'impédance du capteur. Le signal acquis à partir du capteur comprend des composantes AC et DC, et la composante DC décale la composante AC du zéro. Cela peut diminuer la résolution de la mesure, car l'amplification du signal est limitée par la gamme du C A/N. Vous pouvez résoudre ce problème en implémentant un couplage AC. Également appelé couplage capacitif, le couplage AC utilise un condensateur monté en série avec le signal pour filtrer la composante DC d'un signal.

Transmetteurs LVDT

Les transformateurs différentiels à variations linéaires (LVDT) et les transducteurs différentiels à variations circulaires (RVDT) sont des capteurs de mesure de position couramment utilisés. Les transmetteurs LVDT fonctionnent comme des transformateurs et sont constitués d'un assemblage de bobines fixes et d'un noyau mobile. Ils permettent de mesurer des déplacements en associant une valeur de signal spécifique à une position donnée du noyau. Le circuit de conditionnement de signal est essentiel pour le bon fonctionnement d'un LVDT.

Vous devez générer un signal sinusoïdal pour fournir une excitation à la bobine principale. Ce signal est généralement compris entre 400 Hz et 10 kHz, et sa fréquence doit être au moins 10 fois supérieure à la fréquence maximale prévue pour les déplacements du noyau. Pour démoduler le signal de sortie secondaire, vous devez appliquer la même onde sinusoïdale utilisée pour l'excitation, et ajouter un filtre passe-bas pour éliminer les signaux hautes fréquences. Le résultat obtenu est une tension DC proportionnelle au déplacement du noyau.

Critères de construction d'un système de conditionnement du signal

Lorsque vous concevez un nouveau système de mesure conditionné, gardez à l'esprit que certaines variables utiles sont directement reliées au circuit de conditionnement – comme expliqué à la section précédente –, tandis que d'autres sont plus pratiques et concernent l'implémentation, l'intégration du système et la maintenance de votre conception. Négliger ces dernières peut avoir un impact négatif sur le temps, l'argent et les ressources que vous consacrez à l'ensemble de votre projet.

Intégration

La capacité d'un système de conditionnement de signal à s'intégrer facilement avec le reste du système est primordiale. Comprendre les interactions entre les différents composants de la chaîne de mesure permet de caractériser les résultats attendus et de chercher la cause des imprévus. Depuis le capteur jusqu'à chaque étape de conditionnement (C A/N, bus de communications) tous les liens de la chaîne ajoutent une source d'erreur et peuvent dégrader les spécifications du système. Il est parfois possible de réduire le risque d'erreur en combinant des chaînes de mesure dans un unique système, en intégrant par exemple le conditionnement et le C A/N dans un seul et même module.

Connectivité

La connexion de signaux à un système de conditionnement de signal peut présenter une véritable difficulté si la question n'est pas soigneusement étudiée à l'avance. Un système de conditionnement de signal de pointe doit offrir une large gamme d'options de connectivité, y compris des fiches de thermocouples, des borniers à vis et des connecteurs BNC. À mesure que l'application évolue, les besoins en termes de connectivité changent également (D -SUB, RJ45 / 50, mini- XLR et LEMO, par exemple). Étant donné que les besoins technologiques évoluent rapidement, créer de nouveaux matériels de connectivité adaptés aux nouveaux besoins de test peut rapidement devenir ingérable. Appliquer une méthode qui présente des options de connectivité permet de limiter les préoccupations liées à la connexion et à l'entretien.

Évolutivité

En architecturant votre système de façon modulaire, vous disposez de davantage de souplesse pour modifier et augmenter à la fois le nombre de voies et la diversité des signaux. Une architecture présentant des niveaux élevés de dépendance inter-fonctionnelle peut nécessiter une refonte majeure dès qu'il s'agit d'y apporter la moindre modification. Imaginons que vous souhaitez enregistrer des données de température pour évaluer les limites spécifiées d'un moteur dans une cellule d'essai. Vous implémentez tout d'abord un thermocouple en raison de sa grande plage de fonctionnement, mais vous constatez que vous avez besoin d'un capteur plus précis comme une RTD pour cibler plus exactement la température qui provoque la défaillance d'un composant. Comme les RTD sont des capteurs actifs, vous devez maintenant inclure un courant d'excitation dans votre système. Si vous avez conçu un système modulaire, vous pouvez échanger votre module de thermocouple relativement facilement. Mais si vous avez combiné ce dernier avec d'autres modules de thermocouples sur une carte de circuits imprimés, vous devrez soit travailler avec des mesures potentiellement moins précises en continuant à travailler avec le thermocouple, soit investir dans une refonte complète du système.

Isolation

Lorsque le signal mesuré présente soit une tension élevée, soit une tension soumise à de brusques variations, vous devez l'isoler du reste du système. Une isolation insuffisante peut compromettre la sécurité de l'opérateur, ainsi que l'intégrité de l'ensemble du système d'acquisition de données. Vous devez vous assurer que les spécifications d'isolation du système sont définies de manière fiable et précise, et qu'elles mentionnent notamment une tension nominale de sécurité en fonctionnement. Les fournisseurs s'appuient généralement sur des spécifications d'isolation et des certifications pour garantir un produit conforme aux normes de l'industrie. Une connaissance approfondie et une bonne compréhension de ces exigences peuvent vous permettre de créer un système correctement isolé.

Bande passante

Lors de la conception et de la définition des spécifications d'un système d'acquisition de données, assurez-vous que la bande passante du système est suffisamment large pour traiter le débit de données dont vous avez besoin et pour supporter une éventuelle augmentation du nombre de voies. La bande passante du système est généralement exprimée en échantillons par seconde (Hertz). Pour déterminer la bande passante minimale nécessaire, multipliez le nombre total de voies prévu par la fréquence d'échantillonnage maximale par voie.

Lorsque vous concevez ou spécifiez des produits avec du conditionnement de signal, il est important de prendre en compte les facteurs externes qui pourraient affecter la bande passante du système. Par exemple, de nombreux capteurs de pression présentent des valeurs de sortie élevées qui n'ont donc pas besoin d'être amplifiées. Cependant, l'impédance de sortie élevée de ces capteurs entraîne l'augmentation du temps d'établissement des voies dans les matériels d'acquisition de données à balayage ou multiplexage. Cela peut provoquer des effets fantômes si la fréquence d'échantillonnage est trop élevée, car le condensateur n'a pas le temps de se charger ou de se décharger à la tension correcte. Si vous n'avez pas conçu d'étage suiveur de tension ni de circuit tampon dans votre conditionneur de signal, alors vous devez imposer une limite de fréquence d'échantillonnage maximale.

Logiciel

Une grande partie du coût total des systèmes de test et de mesure est imputable au développement de l'application, lorsque l'on prend en compte les ressources techniques et le temps nécessaires au paramétrage, au développement et au test. Vous pouvez réduire ce coût en développant dans un environnement spécialement conçu pour ce type d'applications. Par exemple, même s'il est possible d'utiliser du matériel pour effectuer une mise à zéro pour une jauge de déformation, peut-être ne souhaitez-vous pas confier cette tâche à un opérateur ou à un technicien. Vous pouvez alors corriger l'offset de déformation initial par logiciel pour vous assurer que l'étalonnage est correctement effectué avant toute acquisition. Les environnements de développement tels que LabVIEW sont parfaitement adaptés à ce type d'opérations, et sont conçus pour vous permettre d'être plus productif et de vous consacrer à d'autres types de tâches.

Configuration et installation

Un système de conditionnement du signal doit être simple à utiliser. Personne ne peut se permettre de perdre du temps à cause d'une installation ou d'une configuration trop complexe. Le système de conditionnement de signal idéal interroge le matériel, fait un rapport de présence de l'équipement et fournit une interface logicielle pour attribuer tous les paramètres. Vous devez être en mesure d'utiliser votre environnement logiciel pour configurer et modifier au besoin le nombre de voies.

Étalonnage

Pour effectuer les mesures les plus précises possibles, vous devez régulièrement étalonner l'ensemble du système d'acquisition de données. La plupart des matériels de mesure sont étalonnés à l'usine, mais ils perdent en précision au fil du temps. Un grand nombre de systèmes « sur étagère » ont des tensions de référence internes pour la précision qui permettent au système de mesure d'être ajusté pour compenser les variations de température. Cette méthode est idéale dans le cas de changements environnementaux à court terme, c'est pourquoi elle est souvent utilisée pour vérifier les performances d'un système et confirmer son bon fonctionnement avant d'effectuer des séquences de test. Gardez cependant à l'esprit que ces valeurs de références intégrées peuvent elle aussi s'altérer – cela ne remplace donc pas un service d'étalonnage externe qui garantira la stabilité des performances de votre système année après année.

Si vous avez accès à un laboratoire de métrologie, vous pouvez facilement suivre les procédures d'étalonnage établies. Cependant, si celles-ci sont obsolètes, que n'avez pas accès à ce type de laboratoire ou que l'ingénieur qui a implémenté le système n'est pas disponible, maintenir les normes d'étalonnage peut rapidement devenir coûteux et laborieux. Un bon système de conditionnement du signal « sur étagère » s'accompagne de spécifications à jour et publiées, et de services d'étalonnage pouvant atténuer ces difficultés.

Maintenance

Une fois que vous avez finalisé votre conception de conditionnement de signal, vous devez compiler toutes les informations du système dans un document formel. Détecter les défaillances du système, y ajouter de nouvelles fonctionnalités ou le dupliquer peut relever de l'impossible sans documentation détaillée. Vous devez pouvoir pallier à toute éventualité, notamment si l'ingénieur qui a conçu le système change d'entreprise ou de projet. Il peut être utile de prendre le temps de noter et de garder une trace écrite détaillée des procédures suivies pour réduire la durée et le coût d'éventuelles réparations ou modifications. Bon nombre de fournisseurs de solutions « sur étagère » dédiées au conditionnement intégré ou au matériel C A/N procurent ce type de documentation, mais cela ne dispense pas de vérifier et de décrire précisément les schémas de câblage et de connectivité.

Implémenter un système de conditionnement du signal

Si vous hésitez entre construire votre propre système de conditionnement du signal personnalisé et acheter une solution intégrée, il est important de connaître les besoins de votre application, les ressources disponibles, et les éléments-clés à prendre en compte pour faire le bon choix. Vous pouvez utiliser le tableau ci-dessous pour vous guider dans le choix de la méthode la mieux adaptée à votre application.

Cas d'utilisation de conditionnement du signal intégré et « sur mesure » :

Conditionnement du signal intégré	Conditionnement du signal « sur mesure »
Optimal pour : ▪ Systèmes de mesure de signaux mixtes ▪ Systèmes souples ou susceptibles d'être étendus ▪ Projets à délais très courts ▪ Systèmes susceptibles d'être reproduits ▪ Systèmes devant être maintenus sur le long terme	Optimal pour : ▪ Systèmes de petite taille, à fonctionnalités fixes ou à nombre de voie fixe ▪ Projets à petit budget matériel, avec équipe compétente en conception analogique ▪ Projets à délais longs ▪ Spécialisation poussée en entrée de signaux

Vous devez considérer le système de conditionnement du signal comme une plate-forme qui définit les capacités de mesure d'un système d'acquisition de données. Étant donné la vaste gamme de matériels de conditionnement « sur étagère » disponible, il est inutile d'investir du temps dans un système personnalisé.



NI propose deux plates-formes disposant de systèmes d'acquisition de données avec conditionnement du signal : le CompactDAQ et le PXI. Ces systèmes comprennent des modules de conditionnement du signal multivoies qui présentent des entrées et des sorties analogiques, des E/S numériques, un compteur/timer et des commutations sur un ou plusieurs châssis.

Les plates-formes CompactDAQ et PXI sont conçues pour garantir l'exactitude de vos mesures quels que soient vos besoins en termes de conditionnement. L'association d'un circuit de conditionnement, d'un C A/N haute résolution et de bus de communications réduit les risques d'erreur liées à la diversité des composants et diminue radicalement l'investissement nécessaire en conception matérielle, en comparaison avec un circuit personnalisé.

Auteurs :

David Ashlock, *Data Acquisition Product Manager*, NI

Anjelica Warren, *Data Acquisition Product Manager*, NI