Convertir un signal de 1V à 5V en sortie de 4mA à 20mA

Auteur : Thomas Mosteller, Ingénieur Applications de terrain
Linear Technology Corp

Bien que la disparition de la boucle de courant 4-20mA ait été prédite depuis longtemps, cette interface analogique est encore la méthode la plus répandue pour connecter des sources à boucle de courant à un circuit de détection. Cette interface nécessite la conversion d'un signal de tension, typiquement de 1V à 5V, en une sortie de 4mA à 20mA. Des exigences de précision strictes imposent l'utilisation de résistances de précision coûteuses ou d'un potentiomètre réglable pour calibrer l'erreur de départ de dispositifs moins précis afin de satisfaire aux objectifs de la conception. Il n'existe aucune technique optimale pour l'environnement de production d'aujourd'hui, basé sur du matériel de test automatique monté en surface. Il est difficile de trouver des résistances de précision dans les ensembles montés en surface, et les potentiomètres réglables nécessitent une intervention humaine, incompatible avec les objectifs de production.

Le réseau de quatre résistances appariées LT5400 de Linear Technology, qui contribue à la résolution de ces problèmes, se présente sous forme d'un simple circuit qui ne nécessite aucun réglage de compensation tout en présentant une erreur totale inférieure à 0,2% (Figure 1). Le circuit emploie deux étages amplificateurs pour exploiter les caractéristiques d'appariement uniques du LT5400. Le premier étage applique une tension de sortie de 1V à 5V (normalement, à partir d'un CNA) à l'entrée non-inverseuse de l'ampli op IC_{1A}. Cette tension impose la valeur du courant par l'intermédiaire de R_1 à V_{IN}/R_1 exactement à travers le FET Q_2. Le même courant circule dans R_2, et la tension en bas de R_2 est la tension d'alimentation de la boucle de 24V moins la tension d'entrée.

Cette partie du circuit présente trois sources principales d'erreur : l'appariement de R_1 et R_2, la tension de décalage d'IC1A, et les fuites dans Q_2. Les valeurs exactes de R_1 et R_2 ne sont pas critiques, mais elles doivent être exactement les mêmes. La classe du LT5400A permet d'atteindre cet objectif avec une erreur de ±0,01%. Le LT1490A présente une tension de décalage inférieure à 700 µV entre 0°C et 70°C. La contribution de cette tension est une erreur de 0,07% à une tension d'entrée de 1V. Le NDS7002A présente un courant de fuite de 10nA, bien qu'il soit habituellement bien en dessous de cette valeur. Ce courant de fuite représente une erreur de 0,001%.

Le deuxième étage maintient la tension aux bornes de R_3 égale à la tension aux bornes de R_2 en faisant circuler le courant dans Q_1. Puisque la tension aux bornes de R_2 est égale à la tension d'entrée, le courant circulant dans Q_1, est exactement égal à la tension d'entrée divisée par R_3.

En utilisant un shunt de courant de précision de 250Ω pour R_3, le courant suit exactement la tension d'entrée.

Les sources d'erreur dans le deuxième étage sont la valeur de R_3, la tension de décalage de IC_{1R}, et le courant de fuite de Q_1. La résistance R_3 impose directement le courant de sortie, donc sa valeur est déterminante pour la précision du circuit. Ce circuit emploie la résistance de shunt de 250Ω normalement utilisée pour fermer la boucle de courant. Le composant Riedon SF-2 de la figure présente à l'origine une précision de 0,1% et une dérive en température faible. Comme dans le premier étage, la contribution à l'erreur de la tension de décalage n'est que de 0,07%. Q_1 a un courant de fuite inférieur à 100nA, ce qui conduit à une erreur maximale de 0,0025%.

L'erreur totale en sortie est inférieure à 0,2% sans aucun ajustement. La résistance de détection de courant R_3 est la principale source d'erreur. En utilisant un dispositif de meilleure qualité, par exemple de la série PLT de Vishay, il est possible d'atteindre une précision de 0,1%. Les sorties de boucle de courant sont soumises à des contraintes considérables au cours de l'utilisation. Les Diodes D_1 et D_2 entre la sortie et l'alimentation 24V de la boucle et la masse contribuent à la protection de Q_1; R_6 apporte un certain niveau d'isolation. L'isolation peut être améliorée en augmentant la valeur de R_6, avec un compromis au niveau de la tension accordée en sortie. Si la tension de sortie maximale nécessaire est inférieure à 10V, il est possible d'augmenter la valeur de R_6 jusqu'à 100Ω, ce qui isole encore mieux des contraintes de la sortie. Si la conception nécessite une protection renforcée, il est possible d'ajouter un suppresseur de transitoire de tension en sortie mais avec une perte de précision due au courant de fuite.

La conception utilise seulement deux des quatre résistances appariées du LT5400. Il est possible d'utiliser les deux autres pour d'autres fonctions de circuit telles qu'un inverseur de précision ou un autre convertisseur 4-20mA. Il est aussi possible de mettre les autres résistances en parallèle avec R_1 et R_2. Cette approche diminue la contribution à l'erreur statistique de la résistance d'un facteur racine carrée de deux.

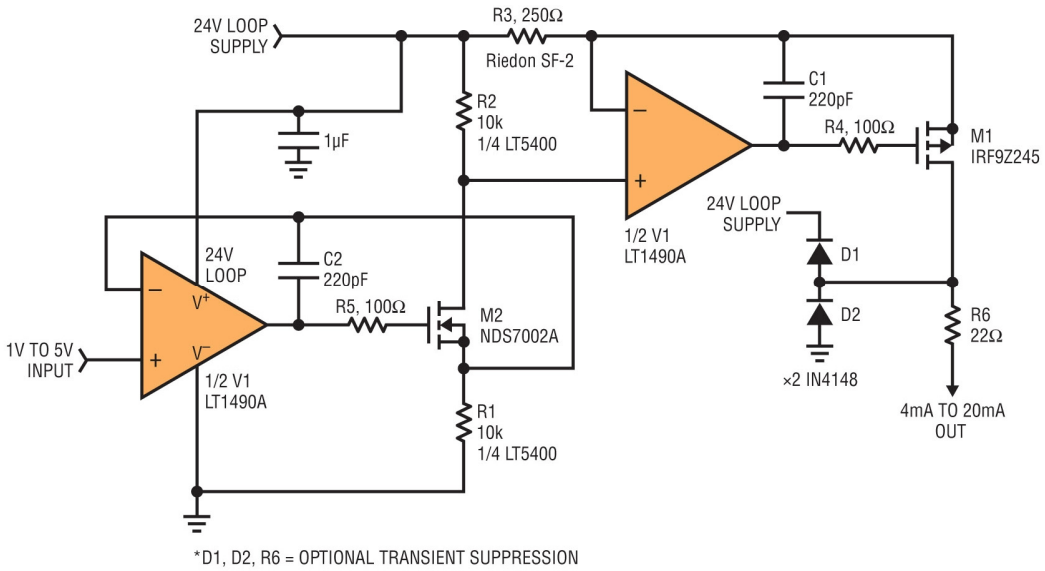


Figure 1. Résistances de précision appariées permettant une conversion précise de la tension en courant.