L’amplificateur opérationnel basse consommation à dérive nulle permet la mesure d’un courant avec une liaison sans fil

Kris Lokere, Responsable des applications stratégiques, Produits de conditionnement du signal, Linear Technology, aujourd'hui membre d'Analog Devices

Introduction

La plupart des circuits de mesure d’un courant appliquent une méthode très simple : créer une chute de tension aux bornes d'une résistance de mesure, amplifier la tension et la lire avec un convertisseur analogique-numérique, ce qui permet de connaître l’intensité du courant. Cependant, si la tension aux bornes de la résistance est très différente de la masse système, le processus se complique. Les solutions classiques consistent à transposer la différence de tension dans le domaine analogique ou numérique. Mais l’approche proposée ici est différente. Il s’agit d'une liaison sans fil.

Les amplificateurs de mesure de courant, côté positif de l’alimentation, fonctionnent dans le domaine analogique. Les circuits intégrés sont compacts, mais la différence de tension acceptable est limitée par les technologies des semi-conducteurs. Et les composants fonctionnant à plus de 100 V sont rares. En outre, ces circuits perdent en précision si la tension en mode commun aux bornes de la résistance de mesure change rapidement ou oscille autour de la masse système.

Les isolateurs magnétiques ou optiques franchissent généralement la barrière d’isolation dans le domaine numérique. Le matériel est légèrement plus encombrant, mais ne subit aucune perte de précision et peut accepter des tensions de plusieurs milliers de volts. Ces circuits nécessitent une alimentation isolée, qui peut, dans certains cas, être intégrée dans le composant d'isolation. Si la résistance de mesure est séparée physiquement du système principal, il est possible que vous ayez besoin d'installer des fils ou des câbles d'une certaine longueur.

Mais une nouvelle approche est possible grâce à des technologies récentes de conditionnement du signal et de communication sans fil. En faisant en sorte que l'ensemble du circuit se trouve dans un état flottant dans le mode commun de la résistance de mesure et en transmettant les données mesurées par un signal radio, les limitations de tension disparaissent. La résistance de mesure peut être placée n'importe où et ne nécessite aucune connexion par câble. Si le circuit bénéficie d'une très basse consommation, vous n'avez même pas besoin d'une alimentation isolée et il peut même fonctionner pendant de nombreuses années avec une toute petite pile.

Mesure d’un courant sans fil

Le circuit de mesure de courant de la Figure 1 utilise l’amplificateur opérationnel LTC2063, à dérive nulle, pour amplifier la chute de tension aux bornes d'une résistance de mesure. Le circuit AD7988, convertisseur basse consommation analogique-numérique à approximations successives, numérise la valeur et renvoie le résultat au moyen d’une interface SPI. Le module de communication sans fil LTP5901-IPM constitue automatiquement un réseau maillé IP avec les nœuds voisins. Il dispose en outre

d’un microprocesseur intégré qui lit le port SPI du convertisseur analogique-numérique AD7988. Le circuit LTC3335 est un régulateur Buck-Boost ultra basse consommation chargé de convertir la tension de la pile en une tension de sortie constante. Le régulateur comporte en outre un compteur de coulombs qui transmet la valeur cumulée des charges extraites de la pile.

Amplificateur opérationnel basse consommation à dérive nulle

Pour minimiser la dissipation thermique dans les résistances de mesure, la chute de tension est généralement limitée à un intervalle compris entre 10 mV et 100 mV. Pour mesurer cette tension, il est nécessaire de disposer d'un circuit d'entrée offrant de faibles erreurs de décalage, comme par exemple un amplificateur opérationnel à dérive nulle. Le circuit LTC2063 est un amplificateur opérationnel ultra basse consommation, à dérive nulle, et doté d'un courant d'alimentation maximal de 2 µA. La tension de décalage étant inférieure à 10 µV, l'amplificateur peut mesurer des chutes de tension extrêmement faibles sans perte de précision. La Figure 2 illustre le circuit LTC2063, configuré pour amplifier et décaler le niveau de tension aux bornes d’une résistance de mesure de 10 mΩ. Le gain est choisi de telle sorte qu'un intervalle de tension de +/-10 mV à pleine échelle sur la résistance de mesure (correspondant à un courant de +/-1 A) soit calé sur un intervalle à quasi pleine échelle en sortie également, centré sur une valeur médiane de l'alimentation. Ce signal amplifié est appliqué à un convertisseur analogique-numérique à approximations successives 16 bits. Le circuit AD7988 a été choisi pour son très faible courant de repos et sa bonne précision en continu. Pour de faibles fréquences d'échantillonnage, le convertisseur analogique-numérique s'interrompt automatiquement entre les conversions, ce qui permet d'obtenir une consommation de courant moyenne atteignant à peine 10 µA pour une fréquence de 1 kiloéchantillons par seconde (keps). Le circuit de référence de tension LT6656 consomme moins de 1 µA et assure la polarisation de l'amplificateur, des résistances de décalage de niveau et de l'entrée de référence du convertisseur analogique-numérique.

Réseau maillé sans fil de classe industrielle

Les modules sans fil SmartMesh tels que le circuit LTP5901-IPM comprennent un émetteur-récepteur radio, un microprocesseur incorporé et un logiciel de connexion en réseau. Lorsque plusieurs nœuds de capteurs d'un réseau SmartMesh sont opérationnels au voisinage d'un gestionnaire de réseau, ils se reconnaissent mutuellement de manière automatique et forment un réseau maillé sans fil. Tous les nœuds d'un réseau sont automatiquement synchronisés par rapport au temps, ce qui veut dire que les émetteurs-récepteurs ne sont alimentés que pendant des intervalles de temps spécifiques extrêmement courts. Un nœud sert donc de source d'informations générées par le capteur, mais aussi de routeur pour relayer les données issues d'autres nœuds à destination du gestionnaire. Le réseau maillé ainsi obtenu est donc extrêmement fiable et consomme très peu d'énergie. Différents itinéraires sont possibles entre les nœuds et le gestionnaire, et tous les nœuds, y compris ceux chargés du routage, fonctionnent à très basse consommation.

Le circuit LTP5901-IPM comporte un cœur de microprocesseur ARM Cortex-M3 chargé de faire fonctionner le logiciel de connexion en réseau. En outre, il est possible d'écrire des micrologiciels pour

mettre en œuvre des tâches spécifiques à une application. Dans cet exemple, le microprocesseur incorporé dans le circuit LTP5901-IPM lit le port SPI du convertisseur analogique-numérique de mesure du courant (AD7988) et lit le port I^2C du compteur de coulombs (LTC3335). Le microprocesseur peut également mettre l'amplificateur opérationnel à dérive nulle (LTC2063) à l'arrêt, ce qui permet de réduire encore sa consommation de courant de 2 µA à 200 nA. Cette approche permet d'obtenir des modes d'utilisation encore plus économes en énergie grâce à des intervalles extrêmement longs entre les mesures.

Compteur de coulombs ultra basse consommation

La consommation d'énergie caractéristique d'un nœud de capteur émettant une fois par seconde est inférieure à 5 µA pour le circuit de mesure et peut atteindre 40 µA pour l'émetteur-récepteur radio sans fil. En pratique, la consommation d'énergie dépend de différents facteurs, comme la fréquence de lecture par la chaîne du signal et les paramètres de configuration des nœuds dans le réseau.

Le circuit donné à titre d'exemple est alimenté par deux cellules de piles alcalines. La tension d'entrée de la pile est régulée par le convertisseur Buck-Boost ultra basse consommation LTC 3335 qui incorpore un compteur de coulombs. Ce circuit peut produire une sortie régulée à 3,3 V à partir d'une alimentation d'entrée comprise entre 1,8 V et 5,5 V. Le courant de charge des applications sans fil avec rapport cyclique peut varier entre 1 µA et 20 mA, selon le mode de fonctionnement de l'émetteur-récepteur radio (actif ou veille). Le circuit LTC3335 possède un courant de repos atteignant à peine 680 nA en l'absence de charge, ce qui permet de maintenir une très faible consommation d'énergie pour l'ensemble du circuit lorsque le dispositif radio et la chaîne du signal sont en mode Veille. Cependant, le LTC3335 peut générer jusqu'à 50 mA, ce qui permet de disposer d'une puissance suffisante pour l'émission/réception radio et pour différents circuits de la chaîne du signal.

Pour le déploiement de capteurs sans fil extrêmement fiables, la décharge des piles n'est pas acceptable. Parallèlement, leur remplacement trop fréquent induit des coûts et des temps d'arrêt indésirables. Conséquence : il est nécessaire de disposer de circuits fiables pour évaluer la décharge de la pile. Le LTC3335 possède un compteur de coulombs intégré. Lorsque le régulateur bascule, il acquiert la valeur totale des charges générées par les piles. Ces informations sont extraites à l'aide d'une interface I^2C et elles servent à prédire le délai de remplacement des piles.

En résumé

Associer les produits de chaîne du signal, de gestion de l'alimentation et de connexion en réseau sans fil de Linear Technology et Analog Devices permet de concevoir un véritable circuit de mesure d'un courant sans fil. La Figure 3 illustre un exemple de réalisation. Le nouveau circuit LTC2063, amplificateur opérationnel ultra basse consommation avec dérive nulle, permet de mesurer avec précision les faibles chutes de tension aux bornes d'une résistance de mesure. L'ensemble du circuit, qui comporte un convertisseur analogique-numérique basse consommation et une référence de tension, est placé dans un état flottant avec le mode commun de la résistance de mesure. Le convertisseur LTC3335 ultra basse consommation permet d'alimenter le circuit pendant des années à partir d'une petite pile, tout en

renvoyant les informations d'utilisation cumulée de la pile grâce à son compteur de coulombs intégré. Le module sans fil LTP5901-IPM gère l'ensemble de l'application et se connecte automatiquement à un réseau SmartMesh IP extrêmement fiable.

Légendes des figures :

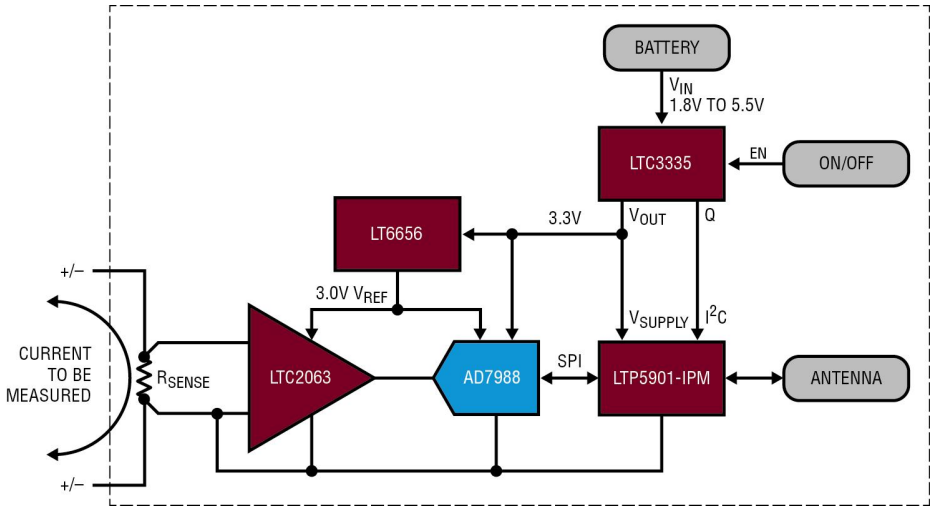


Figure 1 Un circuit basse consommation de mesure de courant sans fil est constitué d'un amplificateur opérationnel basse consommation avec dérive nulle pour amplifier la tension de mesure. Il numérise la sortie à l'aide d'un convertisseur analogique-numérique basse consommation et d'une tension de référence, et se connecte à un module radio sans fil SmartMesh IP™. Un convertisseur CC/CC conditionne la pile et compte les charges qui en sont extraites.

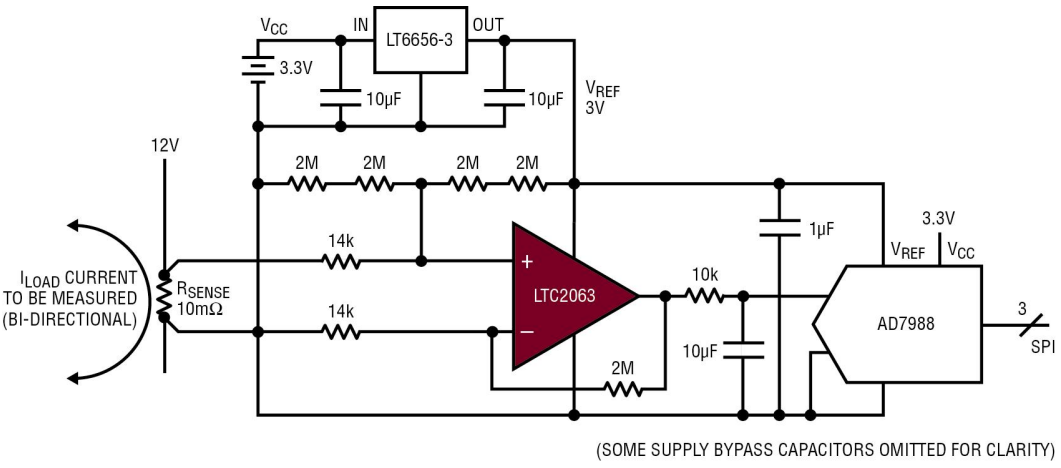


Figure 2 Le circuit de mesure du courant est dans un état flottant par rapport à la tension aux bornes de la résistance de mesure. L'amplificateur opérationnel LTC2063 amplifie la tension mesurée et effectue une polarisation médiane par rapport à l'alimentation pour le convertisseur analogique-numérique AD7988. Le circuit LT6656-3 génère une tension de référence précise de 3 V.

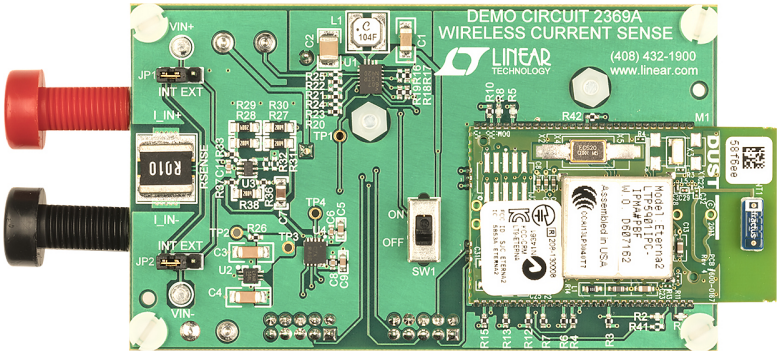


Figure 3 Un circuit complet de mesure d’un courant sans fil est placé sur une carte miniature. Les seules connexions physiques nécessaires sont les fiches banane pour mesurer le courant. Le module radio sans fil apparaît à droite. Le circuit est alimenté par deux batteries AAA reliées à l’arrière de la carte.