

Un gestionnaire de batterie d'accumulateurs haute tension permet la réalisation de systèmes de batterie perfectionnés

Auteur : Greg Zimmer, Sr. Product Marketing Engineer, Signal Conditioning Products, Linear Technology Corp.

Le déploiement des systèmes d'alimentation à grande échelle fonctionnant sur batterie s'accélère grâce aux progrès technologiques issus des exigences des secteurs des véhicules électriques (VE) et véhicules hybrides/électriques (VHE), et exploités par les secteurs connexes, tels que celui du stockage d'énergie d'appoint et d'énergie à transférer.¹ L'innovation dans le domaine des batteries et de leur composition chimique a cependant joué un rôle important ; les batteries les plus sophistiquées nécessitent une surveillance méticuleuse et un réglage précis pour conserver leur capacité, leur durée de vie et la sécurité de leur fonctionnement. De plus, des dizaines ou des centaines d'éléments de batterie doivent être connectés en série pour alimenter des systèmes nécessitant plusieurs kilowatts. Ainsi, alors que le système perçoit la batterie d'accumulateurs comme une source d'alimentation unique, chaque élément de batterie doit être géré individuellement avec précision. Pour cette raison, les batteries d'accumulateurs perfectionnés de grandes capacités n'ont pu être réalisées que par des systèmes électroniques de gestion de batterie sophistiqués.

Pour jouer son rôle de gestionnaire d'élément de batterie, l'électronique de gestion de batterie a trois tâches importantes à effectuer. Premièrement, surveiller l'état de santé de chaque élément de batterie (SOH), qui se détermine normalement par le suivi de la tension, du courant, de la température et de l'historique d'utilisation de l'élément. Deuxièmement, contrôler l'état de charge (SOC) de chaque élément de batterie en régulant la charge, la décharge et l'équilibrage de chaque élément dans un système.² Troisièmement, confirmer en permanence qu'elle fonctionne elle-même correctement, car il ne serait pas acceptable d'être dans l'incapacité de détecter une anomalie de la batterie sans en informer le système. Cette dernière tâche est un élément de sécurité essentiel.

Il y a bien longtemps, ayant compris les difficultés que présentait l'électronique de gestion de batterie, Linear Technology a développé une série de circuits intégrés, désignés sous le nom de gestionnaires de batterie d'accumulateurs. Un gestionnaire de batterie d'accumulateurs se connecte directement à un groupe d'éléments de batterie branchés en série ; à sa fonction de base, mesurer la tension aux bornes de chaque élément, s'est ajouté, au cours de son évolution, un nombre croissant d'autres fonctions. Les gestionnaires de batterie d'accumulateurs peuvent se connecter ensemble pour contrôler de très longues séries de batteries à haute tension.

Le LTC6802, le premier gestionnaire de batterie d'accumulateurs de Linear Technology est capable de mesurer jusqu'à 12 éléments de batteries Li-ion avec une erreur de mesure totale maximum de 0,25% en 13ms. Un grand nombre de LTC6802 peuvent être branchés en série, et surveiller simultanément chaque élément dans de très longues séries de batteries haute tension (Figure 1). Après le LTC6802, Linear Technology a enchaîné avec le LTC6803, le LTC6804 et maintenant le LTC6811, son gestionnaire de batterie d'accumulateurs le plus en pointe de la technologie.

UN GESTIONNAIRE DE BATTERIE D'ACCUMULATEURS HAUTE TENSION DE POINTE

Le LTC6811 intègre une référence de tension ultrastable, des multiplexeurs haute tension, des CAN delta-sigma à 16 bits et une interface série isolée à 1Mbit/s. Un seul LTC6811 mesure jusqu'à 12 tensions d'éléments de batterie connectés en série, avec une précision supérieure à 0,04%. Avec les 8 paramètres

¹ Le Powerwall proposé par Tesla Motor illustre bien le potentiel réel de ces systèmes de batterie de haute puissance à grande échelle.

² L'équilibrage désigne l'ajout ou le retrait de charge sur chaque élément, en fonction des besoins, pour maintenir les éléments dans un état de charge régulé.

programmables de son filtre passe-bas du 3^{ème} ordre, le LTC6811 effectue une réduction du niveau de bruit remarquable. Dans le mode CAN le plus rapide, les tensions de tous les éléments peuvent être mesurées en 290µs.

Plusieurs LTC6811 peuvent être interconnectés et fonctionner simultanément, à l'aide de l'interface 2 fils isoSPI™ propriétaire de Linear Technology. Intégrée dans chaque LTC6811, l'interface isoSPI assure une immunité élevée au bruit RF jusqu'à 1Mbit/s et sur 100 mètres de câble, en utilisant simplement une paire torsadée. Deux options de communications sont proposées. Avec le LTC6811-1, plusieurs dispositifs sont connectés en série avec une connexion au processeur hôte pour tous les dispositifs. Avec le LTC6811-2, de nombreux dispositifs sont connectés en parallèle avec le processeur hôte, qui s'adresse alors à chaque dispositif individuellement.

MESURE DE TENSION D'ELEMENT DE PRECISION

L'évaluation de l'état de santé d'un élément de batterie s'appuie sur des mesures très précises de la tension de l'élément de batterie. Le gestionnaire de batterie d'accumulateurs effectue des mesures différentielles de la tension des éléments à différentes tensions de mode commun le long de la tension de la batterie d'accumulateurs. Cela nécessite un multiplexage et une conversion analogique de précision, celle-ci étant contrôlée au final par la référence de tension interne. Pour obtenir une précision exceptionnelle, le LTC6811 intègre une référence de tension à diode Zener enterrée dédiée. Les références de tension à diode Zener enterrée présentent une stabilité à long terme remarquable, après l'assemblage sur la carte PCB, au cours du temps et en cas de variations thermiques, de l'humidité et des conditions de fonctionnement (Figure 2). Il en résulte que le LTC6811 peut mesurer la tension de chaque élément de batterie avec une précision supérieure à 1,2mV.

Obtenir une précision élevée en laboratoire est une chose. L'obtenir en présence de bruit électronique, sous le capot d'un VE, en est une autre. Le LTC6811 garantit une précision de mesure exceptionnelle, même en présence de bruit, en filtrant lui-même le bruit de la tension d'un élément à l'aide des convertisseurs CAN delta-sigma qui le composent (Figure 3). Avec un convertisseur delta sigma, l'entrée est échantillonnée de nombreuses fois au cours de la conversion, puis filtrée numériquement. Cela conduit à un processus intégré de filtrage passe-bas permettant d'éliminer le bruit, source d'erreur de mesure ; la fréquence de coupure du filtre est déterminée par le taux d'échantillonnage. Le LTC6811 utilise un CAN delta-sigma du 3^{ème} ordre rapide avec taux d'échantillonnage programmables et 8 fréquences de coupures possibles à sélectionner. Ainsi, une réduction impressionnante du bruit et l'accès à huit cadences de mesure programmables sont possibles, permettant la mesure des 12 éléments de batterie en 290µs seulement.

CORRELATION DES MESURES

Avec une connexion directe aux éléments de batterie, le LTC6811 bénéficie d'un avantage unique pour collecter les mesures de tension des éléments et les corrélérer avec la température et le courant. À l'aide des E/S universelles (GPIO), le LTC6811 peut effectuer le multiplexage de mesures de capteurs externes dans le flux de données d'acquisition de tension d'un élément. Des commandes spécifiques au sein du LTC6811 gèrent automatiquement cette fonction de synchronisation, qui peut être réalisée en moins de 208µs. Les GPIO du LTC6811 peuvent non seulement mesurer des entrées analogiques, mais aussi fonctionner comme entrées et sorties numériques, ou commander des dispositifs esclaves I²C ou SPI. Cela permet au LTC6811 de s'interfacer avec des dispositifs aux fonctions plus complexes, tels que des multiplexeurs pour élargir les entrées analogiques ou une EEPROM pour stocker les informations de calibration.

ÉQUILIBRER CHAQUE ELEMENT

Pour réguler les conditions de charge de chaque élément, le LTC6811 comprend des FET d'équilibrage passif interne pour décharger les éléments de batterie individuellement, ou pour contrôler directement des FET de haute puissance externes plus gros. La fonction d'équilibrage permet au chargeur de continuer à

charger la batterie complète, même lorsque certains des éléments sont près d'atteindre leur SOC maximum. De plus, le LTC6811 peut être configuré pour décharger des éléments lorsqu'il est en état de faible charge et le niveau de décharge de sortie de chaque élément peut être fixé indépendamment. Ceci permet l'équilibrage sur une longue période de temps pendant laquelle le gestionnaire de batterie n'est pas actif, par exemple lorsque la voiture est garée. Ces mêmes broches d'équilibrage peuvent être utilisées comme interface série pour commander des circuits d'équilibrage actifs LT8584 de Linear Technology. Le LT8584 est un convertisseur CC/CC, à récupération d'énergie, monolithique, qui permet la récupération de la capacité des batteries d'accumulateurs à éléments de capacités inégales, à plus de 99% (Figure 4). En utilisant sa fonctionnalité SPI maître, le LTC6811 peut aussi s'interfacer avec le circuit intégré d'équilibrage actif compatible SPI de Linear Technology, le LTC3300. Le LTC3300 est un circuit intégré contrôleur avec protection contre les dysfonctionnements, pour l'équilibrage bidirectionnel actif, capable de transférer efficacement la charge à des éléments ou provenant d'éléments adjacents, pour 12 éléments ou plus.

SECURITE FONCTIONNELLE

Le développement rapide des systèmes électroniques et de batterie de haute puissance s'est focalisé, légitimement, sur la sécurité fonctionnelle de l'électronique. La norme de sécurité internationale ISO 26262 traite systématiquement tous les dangers potentiels présents dans une automobile, causés par un dysfonctionnement des systèmes électroniques et électriques. Cela impose au système d'être capable de confirmer en permanence le bon fonctionnement de l'électronique la plus fondamentale, comme celle qui effectue la mesure de tension des éléments. Des valeurs mesurées incorrectes pourraient entraîner une décharge profonde et un affaiblissement des éléments, ou une surcharge, provoquant l'endommagement des éléments ou pire.

Le LTC6811 est conçu pour être conforme aux exigences de la norme ISO 26262, avec une fonctionnalité de diagnostic interne complète pour vérifier le bon fonctionnement, dont :

- ☐ Détection de câble ouvert entre l'élément de batterie et le gestionnaire
- ☐ Référence de tension auxiliaire pour confirmer la précision de $\pm 5\text{mV}$ de la référence de tension principale
- ☐ Mesure de la tension de la batterie de 12 accumulateurs pour confirmer la précision de mesure de $\pm 0,25\%$ de chaque élément
- ☐ Mesures sur deux canaux pour confirmer la précision de 0,01% du multiplexeur et des CAN.
- ☐ Mesures sur deux filtres simultanément pour confirmer le bon fonctionnement des filtres
- ☐ Mesure de tension d'alimentation interne
- ☐ Autotests de mémoire
- ☐ Suivi redondant par l'intermédiaire de dispositifs externes et à capteurs en utilisant les E/S universelles
- ☐ Code d'erreur de paquet sur 15 bits sur l'interface série

RESUME

Avec le développement des VE et VHE, il est indubitable que le déploiement de systèmes de batterie de haute puissance de pointe va continuer à croître. Les possibilités d'applications de ces systèmes augmentent considérablement avec l'innovation, et l'électronique de gestion de la batterie est un paramètre fondamental de cette équation. Là où l'utilisateur final ne voit qu'une boîte de batteries, les ingénieurs savent que chaque élément de batterie doit être géré avec précaution pour obtenir l'intervalle de conditions de fonctionnement le plus large possible, la durée de vie la plus longue possible, et la sécurité et la fiabilité les meilleures possible.

Légendes des figures :

Figure 1. Fonctions de base du gestionnaire de batterie d'accumulateurs

Figure 2. Performances exceptionnelles en termes de dérive en température de la référence de tension à diode Zener enterrée

Figure 3. Le convertisseur delta sigma du LTC6811

Figure 4. Gestionnaire de batterie de 12 accumulateurs avec équilibrage actif