

Recharger une batterie vite et bien

Auteurs : Franco Contadini, Staff Engineer Applications de terrain, et Alessandro Leonardi, chargé de compte Avant-ventes, Analog Devices

Si l'augmentation de la capacité d'une batterie prolonge la durée de vie d'un appareil, le raccourcissement du temps de charge expose les concepteurs à certains défis supplémentaires. Un large éventail de produits électroniques, qu'ils soient à usage grand public, médical ou industriel, bénéficient actuellement d'un mécanisme de charge rapide. Le présent article effectue un tour d'horizon des défis soulevés par la mise en œuvre de solutions de charge rapide et étudie la possibilité de partitionner le chargeur et la jauge de charge entre le système hôte et le pack de batteries dans le but d'augmenter la flexibilité du système, de minimiser la dissipation de puissance et d'améliorer l'expérience globale des utilisateurs. Nous nous intéresserons enfin aux fonctions de surveillance qui garantissent la sûreté des processus de charge et de décharge.

Introduction

À l'ère de la mobilité, la longévité des batteries influence sensiblement l'expérience des utilisateurs. Mais en dépit de l'importance qu'elle revêt, l'intégration de technologies d'économie d'énergie dans les appareils ne constitue qu'une partie de la solution. Compte tenu des fonctionnalités de plus en plus nombreuses et des besoins en énergie sans cesse croissants des produits mobiles, les équipementiers (OEM) contribuent eux aussi à prolonger l'autonomie de la batterie en augmentant considérablement sa capacité.

Prenons un exemple : les architectures de type 1S2P (1 élément monté en série avec 2 éléments en parallèle) qui utilisent deux éléments en parallèle pour accroître la capacité globale ont gagné en popularité, mais cette augmentation va de pair avec un allongement du temps de charge. Pour y remédier, les améliorations apportées aux technologies de batterie portent le courant de charge de 2C à 3C, voire 6C (« xC » correspond au courant de charge maximal qui est égal à « x » fois la valeur nominale en ampères-heures d'une batterie). À titre d'exemple, un élément affichant 2000 mAh pourrait utiliser un courant de charge de 12 A maximum sans minimiser la fiabilité de la batterie.

Un courant élevé requiert une attention particulière pour que la charge et la décharge s'effectuent de façon parfaitement sûre. Lorsque des éléments montés en parallèle sont utilisés, les développeurs doivent également veiller à l'écart entre l'impédance et la capacité initiale. Dans cet article, nous allons nous pencher sur les problématiques inhérentes à la mise en œuvre d'un mécanisme de charge rapide dans toutes sortes d'appareils, que ce soit dans les domaines de l'électronique grand public, du médical ou de l'industriel.

Nous explorerons également la manière de charger des batteries dans une configuration 1S2P pour obtenir des performances élevées, ainsi que de partitionner le chargeur et la jauge de charge entre le système hôte et le pack de batteries pour accroître la flexibilité du système, minimiser la dissipation de puissance et améliorer l'expérience globale de l'utilisateur.

Principes fondamentaux des chargeurs ; importance du partitionnement de la jauge de charge

Outre le chargeur proprement dit, un système de charge de batterie comporte une jauge de charge qui indique des valeurs telles que l'état de la batterie (SOC — *State Of Charge*), la durée de recharge et l'autonomie disponible jusqu'à sa décharge complète. Cette jauge peut être mise en œuvre du côté de l'hôte ou dans le pack de batteries (figure 1).

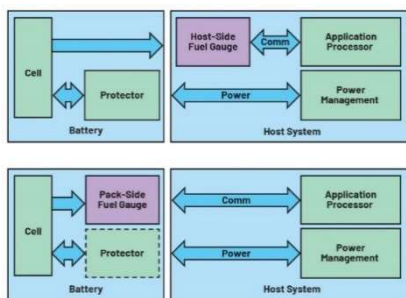


Figure 1. La jauge de charge de la batterie peut être mise en œuvre du côté de l'hôte ou dans le pack de batteries.

Dans le second cas, la jauge de charge doit être associée à une mémoire non-volatile pour stocker les informations relatives à la batterie. Des MOSFET placés sur le chemin d'alimentation surveillent les courants de charge/décharge et protègent le système contre des conditions opérationnelles dangereuses. Un composant tel que le circuit de gestion de batterie [MAX17330](#) d'Analog Devices inclut une jauge de charge, un circuit de protection intégré et un chargeur de batterie (Figure 2).

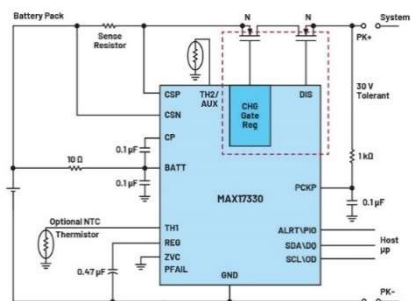


Figure 2. Synoptique d'une jauge de charge avec régulation de charge par MOSFET.

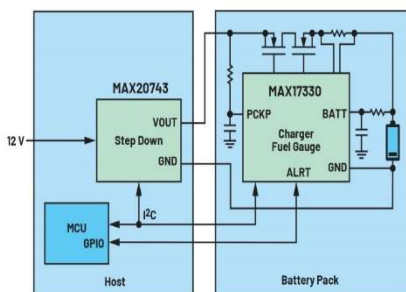


Figure 3. Synoptique d'un système de charge rapide haute tension/haute intensité.

Le MOSFET de charge peut être régulé avec un haut niveau de précision afin d'implémenter un chargeur linéaire qu'il est possible d'utiliser de façon autonome lorsque la source de charge est limitée à 5 V et le courant de charge de l'ordre de 500 mA. Dans la mesure où la charge des batteries au lithium dépasse 3,6 V dans 99 % de la courbe de charge, la dissipation de puissance est limitée.

Une source de charge en tension élevée et un courant de charge élevé peuvent être pris en charge en utilisant un convertisseur-abaisseur monté face au chargeur dans le but de réguler sa tension de sortie (Figure 3). Cette solution permet en outre de minimiser les chutes de tension et, par conséquent, de réduire la dissipation de puissance sur le MOSFET de charge (Figure 4).

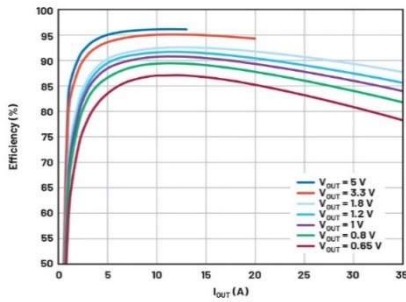


Figure 4, Utilisation d'un convertisseur-abaisseur pour réguler la tension de sortie et autoriser un courant de charge de 10 A avec une efficacité élevée. Cette figure représente le convertisseur-abaisseur MAX20743 sous une tension d'entrée V_{IN} de 12 V.

L'intégration d'une jauge de charge permet de rendre la batterie intelligente et de gérer des scénarios et des profils de charge avancés. Par exemple, la jauge peut stocker dans sa mémoire non-volatile le profil de charge adapté à l'élément situé dans le pack de batteries. Cette solution présente l'avantage supplémentaire de soulager la charge du microcontrôleur hôte, de sorte que ce dernier a pour seule fonction de gérer le signal ALRT généré par le pack de batteries pour augmenter ou diminuer la tension de sortie du convertisseur-abaisseur en fonction du type d'alerte reçu :

- **CP** : limite de chaleur → abaisser la tension.
- **CT** : limite de température du MOSFET → abaisser la tension.
- **Dropout** : → augmenter la tension.

Le signal CP est activé lorsque le courant qui circule dans les MOSFET de protection risque de compromettre la dissipation de puissance, tandis que le signal CT est généré lorsque la température des MOSFET est trop importante. Ces deux paramètres sont configurés à l'aide du jeu de registres nChgCfg1.

Un convertisseur-abaisseur programmable tel que le [MAX20743](#) utilise le protocole de gestion d'alimentation numérique PMBus® pour réguler avec précision le courant de sortie. Les MOSFET intégrés dont dispose le convertisseur-abaisseur supportent des courants de charge pouvant atteindre 10 A. De plus, le protocole PMBus utilisant une interface I²C comme couche physique, il est possible d'utiliser un unique bus I²C pour gérer le convertisseur-abaisseur et la jauge de charge.

L'exemple suivant montre comment charger un seul élément de batterie au lithium de 3,6 V. La figure 5 représente le domaine temporel des tensions et des courants dans le système de charge. Plus précisément, le graphique indique la tension de batterie, le courant de batterie et la tension de sortie du convertisseur-abaisseur.

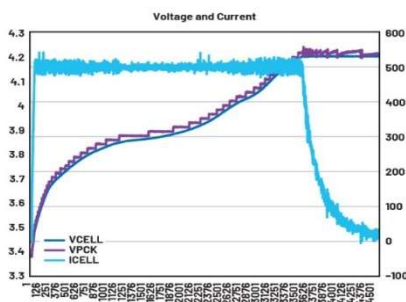


Figure 5. Charge rapide d'une batterie au lithium 3,6 V mono-élément.

Comme le montre la figure 5, la tension de sortie du convertisseur-abaisseur (V_PCK) est fixée à 50 mV au-dessus de la tension de la batterie. Cette tension de sortie est constamment accrue afin d'éviter les chutes de tension et de minimiser la dissipation de puissance globale.

Gérer la sûreté des batteries

Compte tenu des courants élevés qu'impliquent les processus de charge rapide, les fabricants

doivent être en mesure de garantir une charge parfaitement sûre. Ainsi, un chargeur rapide intelligent doit pouvoir contrôler plusieurs paramètres importants dans le cadre de sa gestion globale de la batterie — par exemple, en surveillant la température de la batterie et la température ambiante ou de la pièce, un chargeur rapide détermine à quel moment il doit réduire le courant de charge et/ou abaisser la tension de terminaison pour assurer la sûreté et maximiser la durée de vie de la batterie, conformément aux spécifications et aux recommandations du fabricant.

La tension et le courant peuvent être ajustés en fonction de la température afin de respecter les paramètres de température à six zones fixés par la norme japonaise JEITA (*Japan Electronics and Information Technology Industries Association*) (Figure 6) et la charge progressive à trois zones en fonction de la tension de la batterie.

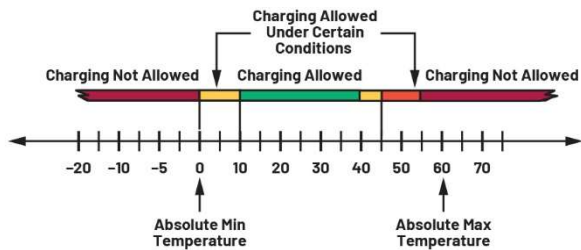


Figure 6. Plages de température à six zones selon la norme japonaise JEITA.

La durée de vie de la batterie peut encore être allongée en utilisant un profil de charge progressive qui modifie le courant de charge en fonction de la tension de la batterie. La figure 7 présente un profil de charge progressive qui utilise trois tensions de charge et les trois courants de charge correspondants. La transition d'une étape à l'autre peut être gérée par une machine à états (voir également en figure 7).

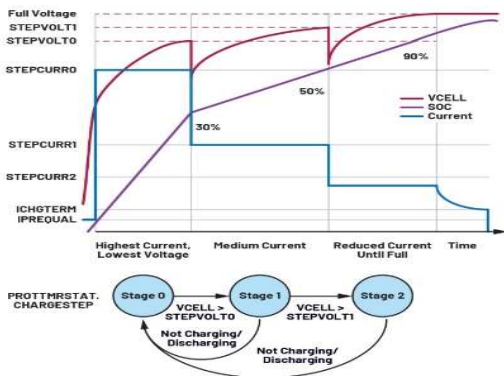


Figure 7. Un profil de charge par étapes avec machine à états pour gérer le passage d'une étape à l'autre.

Notez que le courant, la tension et la température sont tous interdépendants (voir tableaux 1 et 2).

Chargement en parallèle

Pour charger plusieurs éléments en parallèle, il est nécessaire de recourir à des méthodes de gestion supplémentaires. Ainsi, le chargeur doit empêcher la charge croisée (« *cross-charging* ») lorsque la tension des deux batteries diffère de plus de 400 mV. Cette approche peut uniquement être tolérée pendant une durée limitée lorsque la charge la plus basse est insuffisante pour charger le système (tableau 3 et figure 8).

Tableau 1. Courant de charge avec charge progressive et spécifications JEITA

Température	Trop froide	Froide	Ambiante	Tiède	Chaude	Trop chaude
	<0°C	0°C à 10°C	10°C à 40°C	40°C à 45°C	45°C à 55°C	>55°C
Étape 2	Pas de charge	0,19°C	0,25°C	0,22°C	0,15°C	Pas de charge
Étape 1	Pas de charge	0,38°C	0,5°C	0,44°C	0,31°C	Pas de charge
Étape 0	Pas de charge	0,75°C	1°C	0,88°C	0,625°C	Pas de charge

Table 2. Tension de charge avec charge progressive et spécifications JEITA

Température	Trop froide	Froide	Ambiante	Tiède	Chaude	Trop chaude
	<0°C	0°C à 10°C	10°C à 40°C	40°C à 45°C	45°C à 55°C	>55°C
Étape 2	Pas de charge	4,14 V	4,2 V	4,18 V	4,16 V	Pas de charge
Étape 1	Pas de charge	4,1 V	4,16 V	4,14 V	4,12 V	Pas de charge
Étape 0	Pas de charge	4,06 V	4,12 V	4,1 V	4,08 V	Pas de charge

Table 3. Gestion de logique FET

PAREN	BLOCKDIS	ALLOWCHGB	CHG FET	DIS FET
0	x	x	Normal	Normal
1	0	0	Normal	Normal
1	0	1 (timeout)	Block Ready	Normal
1	1	0	Normal	Block Ready
1	1	1 (timeout)	Block Ready	Normal

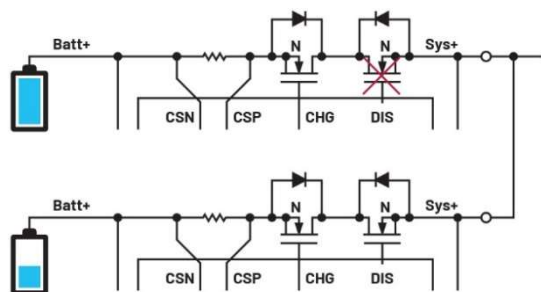


Figure 8. Pour éviter la charge croisée, la décharge sur la batterie dont la tension est la plus élevée est bloquée lorsque le delta de tension ΔV est supérieure à 400 mV.

Conclusion

Le transfert de la fonction de charge et de la jauge de charge entre l'hôte et le pack de batteries permet de contrôler séparément chaque batterie dans une configuration 1S2P. Au lieu de demander au microcontrôleur hôte de gérer entièrement la charge, un chargeur intelligent peut traiter lui-même sa propre sortie en fonction d'un profil de charge optimum. Dans la mesure où la gestion côté hôte se limite aux signaux ALRT générés par la jauge de charge, les systèmes peuvent être facilement adaptés à différents packs de batteries.

Le cas échéant, un chargeur intelligent bloquera également les phases de charge et décharge afin d'éviter les charges croisées. Cette approche augmente la flexibilité des systèmes de charge rapide typiques qui ne tiennent pas compte des différences entre batteries. Outre la simplification de la conception et du processus de charge global, les OEM peuvent minimiser la dissipation d'énergie et garantir une charge et une décharge parfaitement sûres dans un large éventail d'applications tout en améliorant l'expérience de l'utilisateur grâce à une charge plus rapide.

À propos des auteurs

Franco Contadini affiche plus de 35 ans d'expérience dans l'industrie électronique. Après avoir travaillé pendant 10 ans comme concepteur de cartes électroniques et de circuits pour applications spécifiques (ASIC), il devient ingénieur d'applications terrain (FAE) pour les secteurs de l'industrie, des télécommunications et du médical et se concentre sur la gestion de l'alimentation et des batteries, la chaîne du signal, les systèmes de chiffrement et les microcontrôleurs. Franco Contadini est l'auteur de plusieurs notes d'application et d'articles consacrés aux chaînes de signal et aux alimentations. Il a étudié l'électronique à l'ITIS de Gênes (Italie).

Alessandro Leonardi est chargé de compte chez Analog Devices à Milan. Après avoir étudié l'ingénierie électronique et obtenu une licence et une maîtrise au Politecnico di Milano, il a intégré le programme de formation des FAE d'ADI.

www.analog.com