



Les systèmes sophistiqués exigent des circuits de gestion d'alimentation flexibles et configurables qui conjuguent une tension d'entrée de 20 V et des courants de sortie élevés

Par Steve Knoth, responsable marketing produit, Groupe Power, Analog Devices

L'évolution permanente de la technologie entraîne une augmentation du nombre de fonctions réalisées par les systèmes électroniques que nous utilisons au quotidien, et réduit ainsi l'espace disponible. Nos smartphones sont équipés d'écrans tactiles, de lampes de poche, de modes économie d'énergie et d'appareils photo de hautes performances. Dans notre voiture, le tableau de bord qui contenait il n'y a pas si longtemps un simple autoradio AM et des jauges spartiates abrite aujourd'hui des instruments plus élaborés les uns que les autres qu'il s'agisse de radios par satellite, de liaisons Bluetooth®, de systèmes GPS, de connexions réseau associées à un téléphone portable, d'éclairages multicolores et d'une myriade de ports USB. Dans le domaine industriel, les ordinateurs durcis se caractérisent par des lecteurs de codes-barres embarqués, des écrans de grandes dimensions et des disques durs de haute capacité, sans oublier les claviers rétroéclairés. L'univers médical n'est pas en reste : les appareils électroniques sont bardés de capteurs, de lampes à intensité variable, d'instruments de mesure et autres modes d'économie d'énergie.

Face à cette mutation, une constante prévaut : les besoins en énergie augmentent de concert avec les caractéristiques électroniques des systèmes et des appareils portables, notamment lorsque les circuits intégrés numériques de haute performance suivants sont utilisés :

- processeurs graphiques (GPU)
- circuits logiques programmables in situ (FPGA)
- microcontrôleurs et microprocesseurs
- circuits logiques programmables (PLD)
- processeurs de signal numériques (DSP)
- circuits intégrés pour applications spécifiques (ASIC)

De par leur complexité, ces circuits intégrés numériques nécessitent des alimentations multirails à haute densité de puissance qui se caractérisent par un courant élevé, une tension basse et une réponse rapide en régime transitoire. Ces contraintes vont de pair avec des performances spécifiques, à savoir un faible niveau de bruit ou des contrôles numériques, ce qui exerce un certain stress sur les concepteurs d'alimentations tenus de réaliser des solutions à la pointe de la technologie. Dans tous les cas de figure, les progrès dont bénéficient les composants mentionnés ci-dessus les obligent à suivre le tempo.

Des défis de taille pour les concepteurs d'alimentations électriques

Les concepteurs de systèmes électroniques doivent faire face aujourd'hui à des exigences d'espace particulièrement contraignantes, à des températures opérationnelles limitées et à des spécifications de bruit précises. Pour économiser la place occupée sur les cartes électroniques, les niveaux d'intégration sont importants, ce qui implique l'utilisation de composants de puissance à haut rendement pour maîtriser les températures. Par exemple,

le tableau de bord de notre automobile abrite des systèmes électroniques qui fonctionnent dans un environnement où la température ambiante est élevée, de sorte que la surveillance de la température et la possibilité de générer des alertes en cas de surchauffe constituent des facteurs incontournables, tout particulièrement dans le cas des composants de gestion de l'alimentation. Un contrôleur système peut répondre à ces alertes en prenant les mesures nécessaires, que ce soit en désactivant certaines fonctions non critiques ou en réduisant les performances des processeurs, des écrans ou du réseau de communication.

Du point de vue de l'alimentation électrique, si une console d'infodivertissement intégrée à un tableau de bord basique nécessite plusieurs rails d'alimentation basse tension (niveaux de sortie) pour un courant total de plusieurs ampères, un modèle haut de gamme sera nettement plus exigeant. Traditionnellement, les rails basse tension sont produits par une multitude de minuscules régulateurs de point de charge basés sur des composants discrets, ou par des circuits intégrés de gestion de l'alimentation à haut niveau d'intégration (PMIC — *Power Management IC*). Bon nombre de circuits PMIC comptent plus de rails que nécessaire, occupent une surface importante sur la carte électronique et peuvent être sous-utilisés pour certains rails, ce qui va à l'encontre des objectifs d'augmentation du niveau d'intégration.

Un autre défi guette les concepteurs : l'ajout excessif de fonctionnalités (*feature creep*). Ce phénomène se manifeste par la lente modification des spécifications d'un produit à mesure de son développement — tensions d'entrée et de sortie ou courants de sortie, par exemple —, ce qui peut soulever de sérieux problèmes au moment de choisir des circuits intégrés et les composants discrets associés. Dans le meilleur des cas, lorsque les spécifications d'un système sont modifiées après que la topologie de la carte a été définie, il est possible de changer une tension en permutant quelques résistances sur un convertisseur à sortie ajustable. À l'inverse, plusieurs circuits intégrés devront être remplacés par des références au brochage non compatible lorsque les niveaux de courant actualisés dépassent le courant de commutation nominal des convertisseurs utilisés. Cette opération peut entraîner une requalification au niveau des circuits intégrés, de la carte électronique ou du système, ce qui augmentera les coûts et allongera les délais de réalisation, même en cas d'ajustement mineur.

La solution réside dans l'emploi d'un circuit intégré de puissance qui comporte davantage de sorties que les circuits intégrés à simple ou double sortie purement discrets, tout en occupant moins de place et en étant moins onéreux qu'un circuit de gestion de l'alimentation (PMIC) complet. Ce régulateur « intermédiaire » se présente sous la forme d'un circuit de puissance à sorties multiples qui conjugue un encombrement minime et un nombre configurable de rails fonctionnant à sortance modérée. Idéalement, il sera possible de paramétrer ce type de circuit intégré pour produire une grande variété de tensions et de courants afin de répondre aux nouvelles exigences énergétiques pouvant survenir au cours du développement, ce qui évite les cycles de requalification et raccourcit les délais de mise sur le marché. En outre, ce circuit devra fonctionner sous des tensions d'entrée supérieures à 5 V avec un rendement élevé pour pouvoir être utilisé dans différentes applications, par exemple des adaptateurs secteur muraux de 12 à 18 V. Parmi les autres caractéristiques souhaitables, citons l'intégration de fonctions de sécurité et de surveillance, une plage de température opérationnelle étendue, et des boîtiers innovants présentant des performances thermiques élevées.

Le LTC3376, un circuit d'alimentation 20 V multisorties, flexible et configurable

Le régulateur de tension Power by Linear™ LTC3376 est un circuit intégré de gestion d'alimentation polyvalent à haut niveau d'intégration, qui convient parfaitement aux systèmes

nécessitant plusieurs rails d'alimentation électrique basse tension. Ce composant peut être configuré pour fournir jusqu'à quatre sorties régulées indépendantes à partir d'une tension d'entrée pouvant atteindre 20 V avec 15 configurations de courants de sortie et un courant de sortie total maximum de 12 A (figure 1). Cette flexibilité en fait un composant idéal pour un large éventail d'applications multivoies, notamment dans les secteurs des télécommunications, de l'industrie, de l'automobile et des communications.

Le LTC3376 combine quatre abaisseurs de tension indépendants et huit étages de puissance configurables de 1,5 A avec séquençage flexible de l'alimentation et surveillance des défaillances, pour un courant de sortie total disponible de 12 A. Ce régulateur affiche un rendement de 96 % avec une précision de la tension de sortie de ± 1 % sur toutes les voies. Chacune d'entre elles peut être alimentée par une source d'entrée indépendante comprise entre 3 et 20 V, et présente une plage de tension de sortie pouvant descendre jusqu'à 0,4 V. Les sorties adjacentes peuvent être combinées en parallèle avec une inductance partagée unique, ce qui simplifie la conception du circuit. Les convertisseurs continu-continu sont affectés à l'une des 15 configurations d'alimentation *via* les broches sélectionnables CFG0 à CFG3. Des condensateurs de bootstrap externes ne sont pas nécessaires, puisqu'ils sont intégrés au boîtier.

Les régulateurs à découpage du LTC3376 fonctionnent soit en mode rafale *Burst Mode*® programmé par défaut à la mise sous tension ce qui améliore le rendement sous des charges légères, ou en mode PWM (modulation de largeur d'impulsion) forcé continu pour un niveau de bruit réduit sous de faibles charges. Les régulateurs à découpage sont compensés en interne et nécessitent uniquement des résistances de contre-réaction externes pour fixer la tension de sortie. Les convertisseurs abaisseurs affichent une limitation du courant d'entrée, un démarrage progressif pour limiter l'appel de courant au démarrage, une mesure de tension de sortie différentielle et une protection contre les courts-circuits. Le LTC3376 est doté d'un oscillateur programmable et synchronisable de 1 à 3 MHz avec une fréquence de découpage par défaut de 2 MHz.

Lorsque les quatre convertisseurs sont activés, le courant de repos est de seulement 42 μ A. Les autres caractéristiques sont les suivantes : quatre broches Power Good qui indiquent qu'un convertisseur continu-continu activé délivre une tension de sortie comprise dans un pourcentage spécifié de la tension de sortie souhaitée ; des moniteurs de courant qui assurent la surveillance externe de la charge pour chaque régulateur abaisseur ; une broche $EXTV_{CC}$ qui améliore le rendement ; des tensions de seuil de haute précision au niveau de la broche RUN pour le séquençage des mises sous tension ; une sortie de contrôle de la température du circuit (disponible *via* une tension analogique sur la broche TEMP) qui indique la température interne de la puce ; et une fonction de détection de surchauffe qui désactive les régulateurs abaisseurs lorsque la température du circuit devient trop élevée en cas de surcharge.

Le LTC3376 est disponible en boîtier BGA compact (64 billes) 7x7 mm (*flip-chip*). Des versions en grade E et I sont spécifiées sur une plage de température de jonction opérationnelle comprise entre -40 et +125°C.

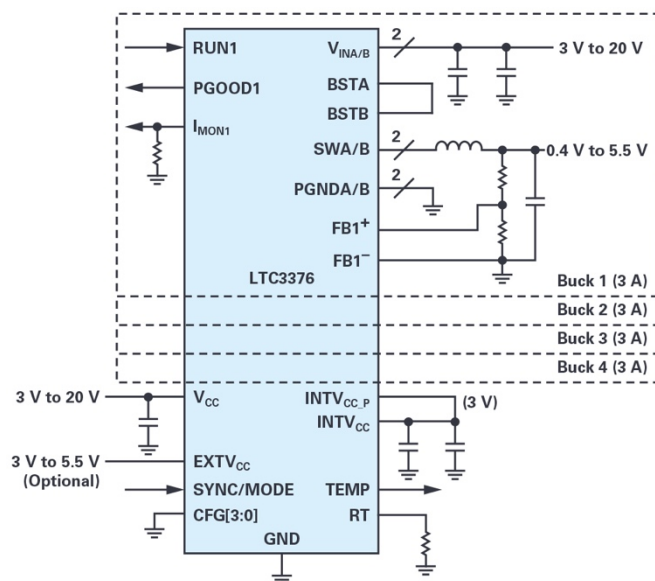


Figure 1. Schéma fonctionnel simplifié du LTC3376.

Flexibilité et configuration

En raison de son haut niveau de flexibilité, le LTC3376 peut être décliné en 15 configurations de sortie :

- ▶ régulateur abaisseur 12 A à inductance unique et sortie unique ; les étages de puissance sont connectés en interne pour produire le courant de sortie maximum ;
- ▶ quatre combinaisons « dual buck » avec deux inductances pour un courant de sortie total de 12 A ;
- ▶ cinq combinaisons « triple buck » avec trois inductances pour un courant de sortie total de 12 A ;
- ▶ cinq configurations « quad buck » avec quatre inductances pour un courant de sortie total de 12 A au total (voir figure 2).

La table 1 répertorie les 15 configurations de sortie possibles. Cette flexibilité facilite les ajustements en cas de modification du cahier des charges au cours du processus de conception — il n'est pas nécessaire de qualifier un nouveau circuit intégré lorsque le LTC3376 peut être conservé.

Table 1 — LTC3376 : 15 configurations possibles pour un courant de sortie total de 12 A

Topologie	Combinaisons de courants de sortie
5 configurations « Quad buck »	3 A, 3 A, 3 A, 3 A, 4,5 A, 3 A, 3 A, 1,5 A, 4,5 A, 4,5 A, 1,5 A, 1,5 A, 6 A, 1,5 A, 3 A, 1,5 A, 7,5 A, 1,5 A, 1,5 A, 1,5 A
5 configurations « Triple buck »	3 A, 4,5 A, 4,5 A, 6 A, 3 A, 3 A, 4,5 A, 6 A, 1,5 A, 7,5 A, 3 A, 1,5 A, 9 A, 1,5 A, 1,5 A

4 configurations « Dual buck »	6 A, 6 A, 7,5 A, 4,5 A, 9 A, 3 A, 10,5 A, 1,5 A
1 configuration « Single buck »	12 A

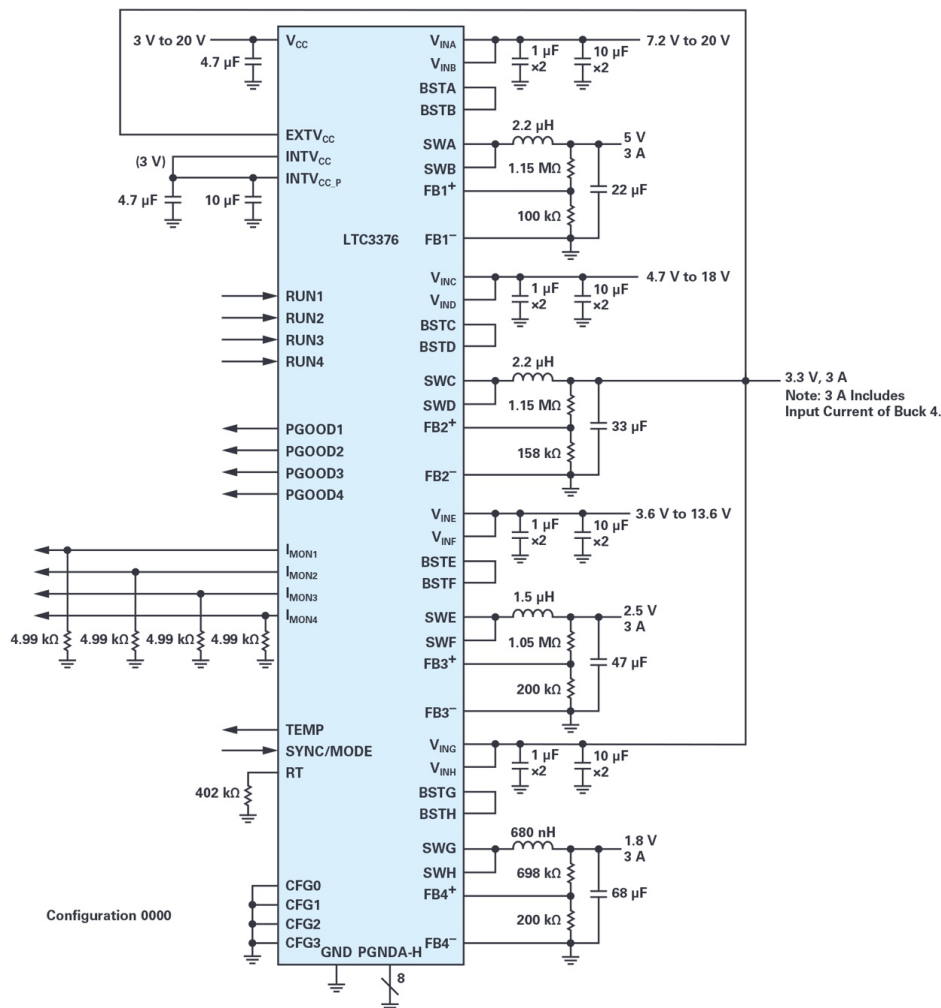


Figure 2. Circuit d'application typique à quatre sorties.

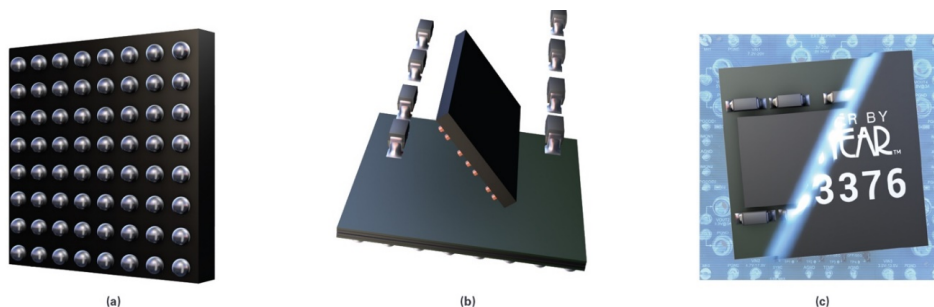


Figure 3. Régulateur LTC3376 en boîtier flip-chip avec (a) boîtier à billes BGA, (b) piliers en cuivre sous la puce et (c) condensateurs de découplage intégrés.

Une solution compacte dotée d'une excellente conception thermique

Le LTC3376 permet de réaliser une solution compacte à haut rendement thermique, notamment grâce à la combinaison unique de techniques d'encapsulation dans un boîtier

BGA flip-chip compact 64 billes de 7x7 mm. La construction interne du boîtier repose sur des piliers en cuivre au lieu de fils métalliques (*wire bonding*). Des condensateurs élévateurs (*boost*) internes et un plan de masse intégré au substrat minimisent les interférences électromagnétiques (EMI) — moins sensibles à la topologie du circuit imprimé —, ce qui simplifie la conception de circuits et réduit les risques de pénaliser les performances (figure 3). De plus, à l'intérieur de la puce, les composants de puissance sont disposés de manière à maximiser les performances thermiques en répartissant la dissipation d'énergie de façon uniforme.

La figure 4 représente un circuit LTC3376 complet en configuration « quad buck » 4x3 A pour un courant de sortie total de 12 A. Il convient de souligner la compacité de la solution dont la surface active est de seulement ~1,5x2,9 cm, soit moins de 4,4 cm².

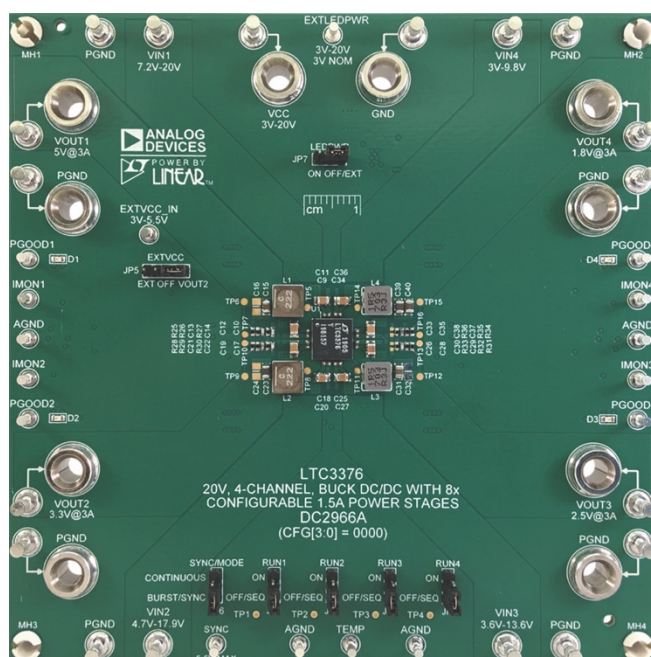


Figure 4. Carte de démonstration d'un régulateur LTC3376 en configuration « quad buck » 4x3 A avec 4 sorties de 5 V, 3,3 V, 2,5 V et 1,8 V.

Fonctions supplémentaires de surveillance, sécurité et protection

Outre sa souplesse de configuration, le LTC3376 comprend plusieurs fonctions de sécurité chargées de surveiller et de protéger le système auquel il est relié. Les défauts d'alimentation sont signalés par la broche PGOOD associée à chaque régulateur abaisseur. Chaque régulateur abaisseur est équipé d'un moniteur de courant qui fournit au niveau de la broche I_{MON} un courant proportionnel au courant de charge moyen du régulateur abaisseur.

Pour éviter tout dommage thermique au LTC3376 et aux composants environnants, le LTC3376 intègre une fonction de protection contre les températures excessives. Lorsque la température du LTC3376 atteint 165°C (typiques), tous les régulateurs à découpage abaisseurs activés sont arrêtés et le restent jusqu'à ce que la température de la puce redescende à 155°C (typique).

Table 2. Famille Power by Linear de régulateurs abaisseurs quatre et huit voies (*quad/octal buck regulators*)

	ADI/LTC	ADI/LTC	Linear	Linear	Linear	Linear
--	---------	---------	--------	--------	--------	--------

Paramètres	LTC3376	LTC3374A	LTC3374	LTC3375	LTC3371	LTC3370
Topologie	4 régulateurs abaisseurs Quad buck	8 régulateurs abaisseurs Octal buck	8 régulateurs abaisseurs Octal buck	8 régulateurs abaisseurs Octal buck	4 régulateurs abaisseurs Quad buck	4 régulateurs abaisseurs Quad buck
Nombre de voies	4	8	8	8 + contrôleur haute tension externe	4	4
Courant de sortie total	8x1,5 A = 12 A	8x1 A = 8 A	8x1 A = 8 A	8x1 A = 8 A	Jusqu'à 8 A	Jusqu'à 8 A
Tension de sortie	$V_{OUT} : 0,4 \text{ V à } 0,83 \times V_{IN}$	$V_{OUT} : 0,8 \text{ V à } V_{IN}$	$V_{OUT} : 0,8 \text{ V à } V_{IN}$	$V_{OUT} : 0,425 \text{ V à } V_{IN}$	$V_{OUT} : 0,8 \text{ V à } V_{IN}$	$V_{OUT} : 0,8 \text{ V à } V_{IN}$
Configurations	15	15	15	15	8	8
Régulateurs à découpage abaisseurs parallèles (simple inductance)	Oui, jusqu'à 4	Oui, jusqu'à 4	Oui, jusqu'à 4	Oui, jusqu'à 4	Oui, jusqu'à 4	Oui, jusqu'à 4
Tension d'entrée	3 V à 20 V	2,25 V à 5,5 V	2,25 V à 5,5 V	2,25 V à 5,5 V	Convertisseurs continu-continu 2,25 V à 5,5 V 2,7 V à 5,5 V V_{CC}	Convertisseurs continu-continu 2,25 V à 5,5 V 2,7 V à 5,5 V V_{CC}
Courant de repos opérationnel	28 μA (1 voie)	63 μA (1 voie)	63 μA (1 voie)	68 μA (1 voie)	68 μA (1 voie)	63 μA (1 voie)
Fréquence/Sync	1 MHz à 3 MHz	1 MHz à 3 MHz	1 MHz à 3 MHz	1 MHz à 3 MHz	1 MHz à 3 MHz	1 MHz à 3 MHz
Interface I ² C/simple	Simple	Simple	Simple	I ² C	Simple	Simple
Boîtier (mm)	BGA flip-chip 64 billes 7x7 mm	QFN 38 contacts ; TSSOP-E 38 contacts 5x7 mm	QFN 38 contacts ; TSSOP-E 38 contacts 5x7 mm	QFN 48 contacts 7x7 mm	QFN 38 contacts ; TSSOP-E 38 contacts 5x7 mm	QFN 32 contacts 5x5 mm

Le LTC3376 contient également un circuit de contrôle de la température : la température peut être mesurée en échantillonnant la tension analogique au niveau de la broche TEMP. La température (T) indiquée par la tension relevée au niveau de la broche TEMP est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$T = (V_{TEMP}/10 \text{ mV}) \times 1^\circ\text{C} \quad (1)$$

Où V_{TEMP} est la tension mesurée au niveau de la broche TEMP.

Famille de régulateurs abaisseurs configurables

Le tableau 2 présente la famille complète de régulateurs abaisseurs quadruples et octuples configurables, dont le LTC3376 est le membre le plus récent. Cette référence affiche la capacité la plus élevée à la fois en matière de courant de sortie total (jusqu'à 12 A) et de tension d'entrée (jusqu'à 20 V).

Pour visionner une vidéo de ce produit, cliquez sur ce lien analog.com/ltc3376.

Conclusion

Les progrès technologiques ont favorisé le développement de contenus d'une grande richesse pour les systèmes d'infodivertissement automobile, les produits électroniques grand public, les équipements industriels et les appareils médicaux. Dans de nombreux cas, ces systèmes fonctionnent sous des tensions d'entrée supérieures à 5 V et sont alimentés par des circuits intégrés numériques sophistiqués basse tension et haute intensité qui présentent

des exigences spécifiques en matière d'alimentation. Les rails de tension et les niveaux de courant ont longtemps été pris en charge par une multitude de régulateurs de puissance discrets ou de circuits intégrés de gestion de l'énergie (PMIC) relativement encombrants ou au niveau d'intégration excessif. Or, aucun de ces circuits ne réunit la flexibilité et la compacité requises.

Le fait de remplacer ce type de solutions par un circuit intégré de puissance multisorties simple, quadruple ou octuple est un choix judicieux. Configurable au niveau du brochage, le circuit intégré de gestion de l'alimentation (PMIC) LTC3376 est représentatif de la nouvelle génération de circuits intégrés de puissance à sorties multiples. Ce circuit programmable numériquement, à haut rendement et qui fonctionne sous une tension d'entrée pouvant atteindre 20 V héberge quatre convertisseurs abaisseurs (« buck ») synchrones et huit étages de puissance internes pour un courant de sortie I_{OUT} total de 12 A, avec une tension de sortie pouvant être de faible valeur. Avec jusqu'à 15 configurations de courants de sortie différentes, un concepteur s'appuiera sur la flexibilité du LTC3376 pour minimiser les répercussions liées aux changements inéluctablement apportés au bloc d'alimentation et à l'ajout excessif de fonctionnalités (*feature creep*). Cette solution évite en outre les requalifications coûteuses et intempestives au niveau des cartes électroniques ou des systèmes, et permet ainsi d'accélérer la commercialisation des produits tout en abaissant les coûts de développement et en réduisant les délais et le coût des mises à niveau.