Comment miniaturiser vos alimentations destinées à des conceptions industrielles compactes

par Anthony "Thong" Huynh, Membre principal de l'Equipe technique, Puissance industrielle, Maxim Integrated

Les bâtiments, les usines et les équipements industriels doivent être de plus en plus compacts, ce qui implique une miniaturisation accrue des dispositifs permettant l'intelligence et l'automatisation. Cette tendance pose un défi majeur aux alimentations des conceptions concernées. Si les CI de puissance doivent bien sur fournir les tensions d'alimentation nécessaires, ils doivent aussi être aussi petits que possible, tout en étant capables de bien fonctionner dans des environnements thermiquement difficiles.

Comment garantir que vos alimentations répondront aux exigences de rendement et d'encombrement de vos conceptions industrielles ? Dans cet article, nous allons aborder le problème plus en détails, et nous présenterons des techniques et des technologies permettant d'obtenir le rendement élevé, la faible dissipation thermique et le faible encombrement nécessaires à l'atteinte de vos objectifs de conception.

Réduire la dissipation thermique pour de meilleures performances

Contrairement aux circuits numériques, miniaturiser des circuits analogiques n'est pas si facile, notamment parce que les composants de gestion d'énergie consomment une grande part de la surface du circuit imprimé. Pour autant, les équipements électroniques nécessitent aujourd'hui plus de puissance pour collecter, synthétiser et agir sur de gros volumes de données. Pour illustrer ce point, examinons le cahier des charges d'une alimentation pour différents domaines, et voyons ce qu'il faut pour répondre à ce cahier des charges.

Dispositifs de suivi d'actifs pour véhicules

Grâce aux dispositifs de suivi de véhicules disponibles sur le marché secondaire, les entreprises qui gèrent une flotte de véhicules importante (Figure 1) peuvent surveiller de près leurs voitures, leurs camions et leurs camionnettes. Ils peuvent utiliser les données collectées pour améliorer le rendement de la flotte, s'assurer que les véhicules sont régulièrement entretenus, et pour suivre l'emplacement des véhicules en cas de vol ou autre problème. Ces dispositifs eux-mêmes sont généralement alimentés par la batterie du véhicule (12 V pour les voitures et 24 V pour la plupart des camions) et disposent aussi d'une batterie de secours rechargeable. Ils sont généralement installés sous le tableau de bord, ce qui signifie qu'une bonne gestion thermique est essentielle pour maintenir l'appareil dans la plage de température appropriée.

Le circuit d'alimentation des dispositifs de suivi d'actifs peut notamment faire appel à des convertisseurs dévolteurs continu-continu et à des régulateurs LDO (Low Drop Out, ou faible

chute de tension) pour convertir la tension protégée provenant de l'électronique frontale, en tensions plus basses servant à alimenter les différents CI numériques et analogiques du dispositif. Les LDO sont en effet une bonne option, car ils sont en général faciles à utiliser et peu coûteux. Cependant, ils présentent une dissipation thermique importante lorsqu'ils sont alimentés à partir de la batterie du véhicule, ce qui est le mode d'alimentation principal de ces dispositifs de suivi d'actifs. Compte tenu des contraintes de place, il faut des CI de puissance très intégrés. Parmi les régulateurs continu-continu actuels, on peut trouver des dispositifs intégrant les MOSFET de puissance, le circuit de compensation et d'autres composants externes, ce qui réduit au minimum le nombre de composants discrets dont vous aurez besoin dans votre circuit d'alimentation. En fait, comme nous allons le voir plus loin dans cet article, il existe désormais des technologies permettant de repousser les limites en termes de rendement et de gain de place.



Figure 1 : Les entreprises de transport peuvent gérer leur flotte avec des dispositifs de suivi de véhicules, qui nécessitent des circuits de puissance compacts. Photo avec l'aimable autorisation de JohnnyH5/iStock.

Usines automatisées

Alors que l'intelligence poursuit sa migration vers la "périphérie" (Edge en anglais) de l'usine numérique (Figure 2), les CI hautes-performances tels que les capteurs, les actionneurs, les E/S et les PLC (Programmable Logic Controller, ou automate programmable) ont besoin de davantage de puissance pour fournir des indications exploitables en temps réel. Grâce à ces indications, on acquiert une meilleure connaissance de l'état des équipements industriels, qui s'avère intéressante pour améliorer la productivité et la disponibilité opérationnelle, effectuer de la maintenance prédictive, et gagner en flexibilité et en adaptativité de production. L'ajout d'intelligence et de connectivité Internet aux équipements industriels se traduit par une arrivée massive de nouveaux processeurs et de nouvelles interfaces assurant la connectivité de chaque capteur, actionneur, E/S et PLC de l'usine. On a donc besoin de réduire la taille des composants pour que tous ces dispositifs électroniques supplémentaires puissent tenir dans le même espace. Dans ce contexte, les CI de puissance doivent être petits, efficients et robustes, et doivent pouvoir supporter des chutes, des chocs et des vibrations.



Figure 2 : Les usines automatisées comme cette usine automobile ont besoin de petits CI de puissance offrant des rendements élevés pour soutenir l'intelligence en périphérie. Photo avec l'aimable autorisation de onurdongel/iStock.

Capteurs à ultrasons pour applications industrielles

Les secteurs utilisant la détection de niveau sans contact, comme l'industrie pétrolière et gazière, l'exploitation minière ou le traitement des eaux usées (Figure 3), stimulent la demande de capteurs à ultrasons. Ce type de capteur émet des ondes sonores très aiguës, à des fréquences allant de 30 KHz à quelques MHz. Pour la détection de niveau, un seul transducteur suffit. Une fois que le transducteur a émis le signal ultrasons, il mesure le temps nécessaire pour que le signal soit réfléchi par la surface du liquide. La détection de débit repose généralement sur deux transducteurs, car ce type de détection s'appuie sur le temps de vol d'un signal ultrasons et sur sa variation (qui dépend du débit du médium dans lequel le signal se propage).

Les capteurs à ultrasons se composent d'un frontal analogique, comprenant d'une part des circuits d'émission, de réception et de contrôle, et d'autre part un microcontrôleur ou un microprocesseur en charge des calculs. Ces capteurs doivent être de plus en plus petits pour s'intégrer aux lignes de production existantes, parfois dans des endroits exigus. Leurs sections puissance doivent donc être miniaturisées, durcies et dissiper un minimum de chaleur. D'autres considérations de puissance sont aussi à prendre en compte. Les capteurs ultrasoniques sans ventilateur sont généralement alimentés par une tension continue de 10 V à 30 V, qui fournit à peine quelques centaines de mA de courant à l'ensemble du système. Avec des températures de fonctionnement du système pouvant atteindre 70°C, les composants de puissance doivent pouvoir supporter une température maximum de 125°C. Veillez à protéger ces systèmes contre les inversions de polarité, les surtensions et les parasites électromagnétiques (EMI pour Electro-Magnetic Interference en anglais).



Figure 3 : Certains secteurs, comme le traitement des eaux usées, s'appuient sur des capteurs ultrasoniques pour la détection de niveau. Photo avec l'aimable autorisation de BKhamitsevich/iStock.

Bâtiments intelligents

Les bâtiments d'aujourd'hui disposent d'intelligence pour commander l'éclairage, la température, les systèmes de sécurité, les mécanismes d'accès, et plus encore (Figure 4). Les capteurs, les contrôleurs et les E/S qui permettent cela sont minuscules et ont donc besoin de circuits de puissance miniatures et offrant un bon rendement. Les capteurs sont généralement alimentés par une source 24 V continu et doivent être capables de fonctionner dans les environnements où des tensions transitoires élevées sont présentes. Les équipements industriels non-critiques doivent en général pouvoir fonctionner sous une tension de 36 V à 40 V. Les équipements critiques, notamment les contrôleurs, les actionneurs et les modules de sécurité, doivent pouvoir supporter 60 V. Du côté tension de sortie, on trouve couramment du 3,3 V et du

5 V, avec des courants allant de 10 mA pour les petits capteurs, jusqu'à plusieurs dizaines d'ampères pour certaines applications comme les commandes d'axes. Compte tenu de ces éléments, un régulateur de tension dévolteur capable de résister à des transitoires de tension (42 V ou 60 V typiquement) constitue un bon choix pour les applications de commande de bâtiments et de commande industrielle.



Figure 4 : L'éclairage automatisé, la sécurité et le contrôle de température ne sont que certaines des possibilités offertes par les bâtiments intelligents d'aujourd'hui, qui bénéficient de régulateurs de tension dévolteurs capables de résister à des transitoires de tension. Photo avec l'aimable autorisation de zhudifeng/iStock.

Améliorer le rendement de l'alimentation

Dans chacun des domaines d'application abordés, il est clair que les alimentations partagent certaines caractéristiques communes (et par conséquent, certains défis) :

- Encombrement réduit :
- Efficacité énergétique
- Large plage de tension d'entrée
- Fonctionnement fiable dans des environnements sévères ou thermiquement difficiles

Etant donné que la place sur les cartes est limitée dans le cas de conceptions industrielles, gérer la dissipation thermique à l'aide de radiateurs par exemple, n'est pas envisageable. Les ventilateurs à circulation d'air forcée ne sont pas envisageables non plus, car les dispositifs à vocation industrielle sont généralement équipés d'un boîtier étanche pour éviter l'entrée de poussière et de polluants. On en revient donc bien au rendement de l'alimentation.

Compte tenu des tensions d'entrée et de sortie utilisées dans ces conceptions industrielles, un régulateur de tension "buck" (dévolteur) est nécessaire. L'architecture de réduction de tension la plus courante est le convertisseur buck asynchrone, à diode de redressement côté bas externe. Ces dispositifs sont assez faciles à concevoir pour les tensions élevées. Dans le cas d'une conception avec une entrée 24 V et une sortie 5 V, le convertisseur buck fonctionne avec un rapport cyclique d'environ 20%, et la diode de redressement externe conduit les 80% du temps restant (elle est donc à l'origine de la majeure partie de la dissipation thermique). Pour réduire radicalement la puissance dissipée, essayez de remplacer la diode de redressement par un redresseur synchrone (comme un MOSFET coté bas).

Prenons comme exemple une charge de 4 A et une diode de redressement Schottky présentant une chute de tension d'environ 0,64 V. Avec un rapport cyclique de 80%, la perte est d'environ

(0,64 V) x (4 A) x (0,80) = 2 W

Maintenant, remplacez la diode par un MOSFET côté bas servant de redresseur synchrone. Nous avons désormais remplacé la chute de tension de 0,64V par une chute à travers la résistance à l'état passant du MOSFET, $R_{DS(ON)}$. La $R_{DS(ON)}$ du MOSFET est de seulement 11 mΩ. La chute de tension devient donc :

(11 mΩ) x (4 A) = 44 mV

Et la perte de puissance devient :

(0,044 V) x (4 A) x (0,80) = 141mW

Ainsi, dans cet exemple, la perte de puissance à pleine charge avec le MOSFET est environ 14 fois moindre qu'avec la diode Schottky. Cet exemple illustre bien les avantages de la rectification synchrone en termes d'efficacité énergétique.

Un mot toutefois sur la tension d'entrée maximale dans ce cas : même si le rail nominal pour les applications industrielles est le 24 V, il vaut mieux choisir une solution de gestion d'alimentation d'entrée parmi les dispositifs 28 V, 36 V, 42 V ou même 60 V, disponibles actuellement. En fait, à moins de connaître avec certitude ou d'être en mesure de modéliser tous les scénarios de surtension possibles susceptibles de provenir de câbles ou de pistes de circuit imprimé très longues, optez plutôt pour des dispositifs à tension de fonctionnement

maximale 42 V, voire 60 V. 28 V est trop proche du 24 V pour assurer une marge fiable, et 36 V reste risqué si l'on travaille avec des capteurs ou des codeurs sur rail 24 V (une telle approche risquerait d'exposer votre équipement à des tensions excessives, même avec une protection contre les surtensions).

Les modules d'alimentation intégrés répondent aux exigences de taille et d'efficacité énergétique

Les modules de puissance intégrés peuvent fournir la gestion d'énergie nécessaire, tout en réduisant l'encombrement global de l'alimentation en éliminant de nombreux composants discrets. Par exemple, les modules d'alimentation continu-continu, Himalaya uSLIC de Maxim, intègrent un convertisseur synchrone à large entrée, Himalaya buck, comprenant des FET intégrés, un circuit de compensation et d'autres fonctions, ainsi que l'inducteur de sortie. Ces modules réduisent la taille de l'alimentation d'un facteur jusqu'à 2,25 par rapport aux approches discrètes. La famille de modules d'alimentation supporte les tensions d'entrée de 2,9 V à 60 V, et convient donc aussi bien aux applications basse-tension comme les appareils grand-public, qu'aux applications industrielles fonctionnant avec une tension supérieure.

Résumé

La miniaturisation est désormais au centre du jeu dans de nombreuses conceptions industrielles. De ce fait, la pression est très forte sur les alimentations, qui doivent être miniaturisées tout en offrant un très bon rendement. Les modules d'alimentation intégrés sont une bonne solution pour répondre aux exigences de tension d'entrée, de dissipation thermique et d'encombrement des applications industrielles, qui améliorent l'efficacité opérationnelle de nos usines, de nos parcs automobiles, de nos bâtiments, etc.