

Protégez votre petit capteur de son environnement industriel éprouvant

Auteurs :

Nazzareno (Reno) Rossetti, Ph.D. Ingénieur électronicien chez Maxim Integrated, Inc.

John Woodward Directeur Exécutif de la division Gestion d'énergie chez Maxim Integrated.

Les capteurs sont omniprésents dans l'environnement industriel, qui est très éprouvant au point de vue électrique (Figure 1). Au fur et à mesure qu'ils deviennent plus sophistiqués et plus petits, les capteurs sont de plus en plus complexes, ce qui oblige les régulateurs à découpage embarqués à fonctionner avec un meilleur rendement pour réduire l'échauffement. Comment fournir en toute sécurité l'énergie basse tension dont ont besoin de minuscules capteurs installés dans des environnements industriels haute-tension, en prenant le moins de place possible et en offrant un rendement maximal ? Dans cet article, nous allons passer en revue l'architecture typique d'un capteur industriel, et proposer une solution innovante pour relever ce défi.



Figure 1. Soudage sur chaîne d'assemblage automobile (droits image : Jenson / Shutterstock)

Le défi d'une alimentation de sécurité

La "boîte" du capteur comprend un transpondeur frontal, qui traite les données et achemine l'alimentation vers un convertisseur "buck" (dévolteur), qui lui-même fournit la tension appropriée à l'ASIC, au microcontrôleur ou au FPGA ; et à l'élément détecteur. Le

capteur est généralement alimenté par une alimentation 24V continu (V_{BUS}). Le chemin de puissance est illustré en Figure 2.

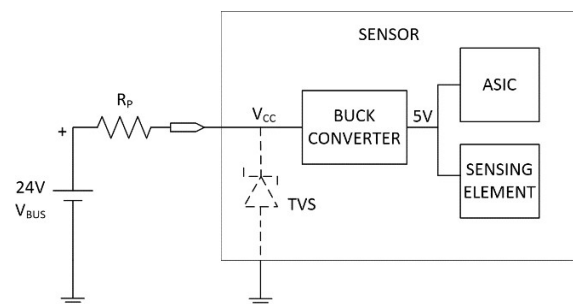


Figure 2. Système d'alimentation du capteur

Si le bus 24V est "propre" ou s'il présente un niveau de bruit inférieur à la tension de fonctionnement du régulateur à découpage frontal, aucune protection n'est nécessaire (pas de diode Transil en Figure 2), et un convertisseur buck avec une tension d'entrée maximale de 36V ou 42V conviendra pour ce type de capteur.

Cependant, l'atelier peut être un environnement très difficile, du fait de la présence de longs câbles et de parasites électromagnétiques importants générant des transitoires haute-tension. Par conséquent, le convertisseur abaisseur interne au capteur doit pouvoir supporter des tensions transitoires beaucoup plus élevées que la tension de fonctionnement du capteur.

Une solution typique de gestion d'énergie pour capteur utilise des diodes Transil (TVS, pour Transient Voltage Suppressor en anglais) pour limiter la tension d'entrée (V_{CC}) du convertisseur buck frontal. Les pics de courant d'entrée associés sont amortis par la résistance R_p , un composant parasite ou physique présent le long

du trajet électrique entre la source de tension transitoire (V_{BUS}) et le capteur.

Voyons comment sélectionner une diode Transil dans le catalogue Littelfuse™. Les caractéristiques générales d'une diode Transil sont illustrées en Figure 3.

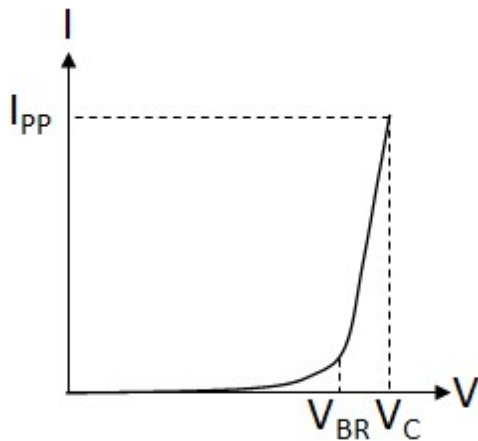


Figure 3. Caractéristique V-I d'une diode Transil

La diode Transil se comporte comme un circuit ouvert, jusqu'à ce que la tension à ses bornes atteigne la valeur V_{BR} . A partir de ce moment, elle commence à conduire le courant tandis que la tension à ses bornes augmente légèrement jusqu'à sa tension de verrouillage maximale V_C , qui correspond au courant d'impulsion de crête maximum autorisé I_{PP} . Le produit $V_C \times I_{PP}$ est égal à la puissance crête maximale que la diode Transil peut supporter (400W pour la famille de diodes en question).

Pour une protection efficace, la tension V_{BR} de la diode Transil doit être choisie supérieure à $V_{CC(MAX)}$, tandis que V_C doit être inférieure à la tension d'entrée du régulateur à découpage.

Notre alimentation V_{BUS} est de $24V \pm 10\%$, soit une valeur maximum de $26.4V$ ($V_{BUS(MAX)}$). La diode Transil la plus proche dans le catalogue est la SMAJ28A, avec une V_{BR} minimale de $28V$, une tension de verrouillage maximal de $45.4V$, et un courant crête maximal de $8.8A$ (Figure 4). La différence entre la tension de la diode Transil et la tension transitoire génère un courant à travers la résistance R_p , qui doit rester inférieur à la valeur maximale I_{PP} autorisée.

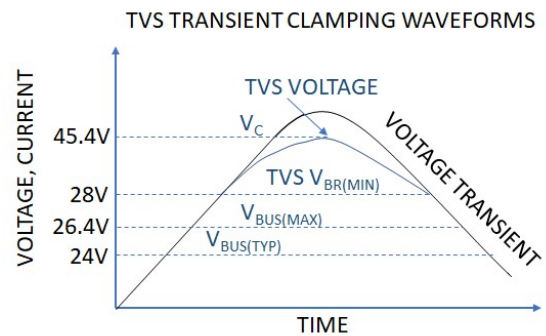


Figure 4. Sélection de la diode Transil minimale

Le fait que notre convertisseur buck doive supporter une tension continue de $24V$, et aussi des transitoires d'au moins $45.4V$, disqualifie un bon nombre de convertisseurs buck.

En outre, dans le cas ci-dessus, il n'y a qu'une marge de $1.6V$ entre la tension V_{BUS} maximum et la tension minimale (V_{BR}) aux bornes de la diode Transil. Une marge plus élevée nécessite une tension nominale pour le convertisseur buck (V_{CC}) bien au-dessus de $45.4V$. Idéalement, avec un convertisseur buck $60V$, on peut utiliser une SMAJ33A avec une V_{BR} minimum de $33V$ (et une tension de verrouillage V_C de $53.3V$, bien en dessous de $60V$). Cela donne une marge de fonctionnement de $6.6V$ au-dessus du $V_{BUS(MAX)}$ et de $6.7V$ sous les $60V$ (Figure 5).

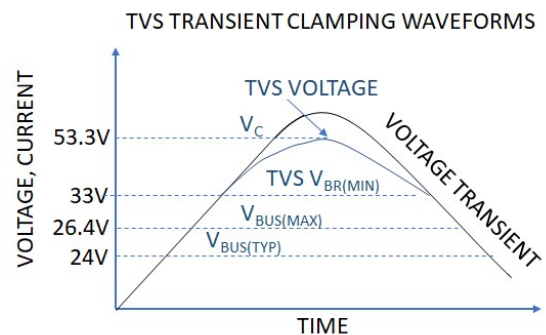


Figure 5. Sélection de la diode Transil idéale

Défi de miniaturisation des capteurs

Pour miniaturiser les capteurs, la stratégie d'implantation typique qui consiste à placer tous les composants du convertisseur buck sur le même plan n'est pas idéale. En Figure 6, un CI

convertisseur buck 300 mA et ses composants passifs (LCR) nécessitent une surface de circuit imprimé relativement importante (29,3 mm² de surface nette).

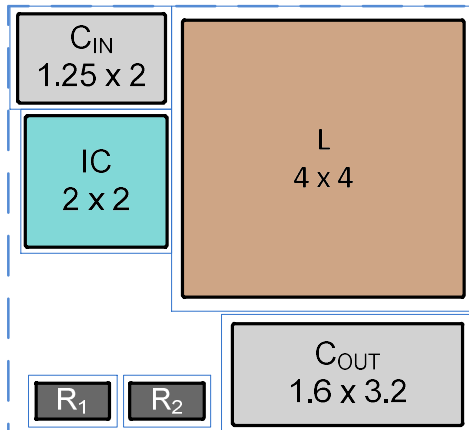


Figure 6. Implantation typique d'un convertisseur buck à plat (29,3 mm² de surface nette)

Défi thermique

Les capteurs sont dotés de boîtiers scellés (sans ventilateur ni refroidissement) à cause de l'environnement difficile dans lequel ils doivent fonctionner. Même une faible chaleur générée à l'intérieur du petit boîtier peut rapidement faire grimper la température du capteur, et donc compromettre sa fiabilité. La tendance à la miniaturisation des capteurs rend leur gestion thermique encore plus difficile. La solution au défi thermique est un convertisseur buck à très haut rendement.

Rappelons ce qui précède : il faut un régulateur buck à haut rendement, qui n'occupe qu'une petite surface de circuit imprimé, avec une tension de claquage de 60V, pour tenir à l'intérieur du petit boîtier d'un capteur.

La solution : l'intégration verticale

Une façon innovante de résoudre le problème de place est d'intégrer verticalement l'inductance par-dessus le CI. Un bon exemple est le module

de puissance uSLIC™ Himalaya. Celui-ci fournit davantage de puissance sous un volume plus faible, avec un excellent rendement et une grande facilité d'utilisation. Le module de puissance intègre verticalement l'inductance et le CI convertisseur buck, réduisant ainsi considérablement la surface de circuit imprimé occupée par le convertisseur. Cela répond toujours aux attentes en matière de tolérance aux tensions élevées et de fonctionnement à haute température. Le module [MAXM15064](#) (Figure 7) se présente en boîtier compact à 10 broches de 2,6 x 3 x 1,5 mm. Le dispositif fonctionne dans une large plage de température allant de -40°C à +125°C.

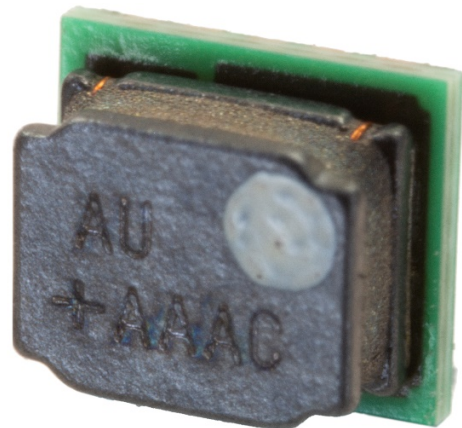


Figure 7. Module 60V, 300 mA (2,6 x 3 x 1,5 mm)

La Figure 8 illustre le gain de place obtenu grâce au module convertisseur buck 60V 300 mA. Le module fonctionne avec une tension maximale de 60V (et pas uniquement une tension maximale absolue) et supporte aussi des tensions de sortie inférieures à 1,8V. Grâce à l'intégration verticale de l'inductance, la surface nette du dispositif n'est que de 21 mm².

Comparé au CI de la Figure 6, la surface nette du module uSLIC est 2,25 fois plus petite.

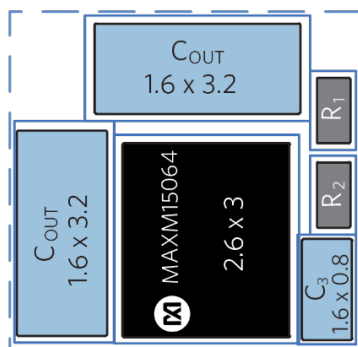


Figure 8. Implantation du module haute tension 60V, 300 mA (21 mm² de surface nette)

Echauffement minimal

La Figure 8 montre le rendement du module pour une sortie 5V avec des tensions d'entrée de 12V jusqu'à 60V. En dépit de sa petite taille, ce convertisseur buck offre un rendement élevé pouvant atteindre 90% ! Pour une application alimentée en 24V, le module offre un rendement bien supérieur à 80% sur la majeure partie de sa plage de fonctionnement, ce qui garantit de faibles pertes et un échauffement minime.

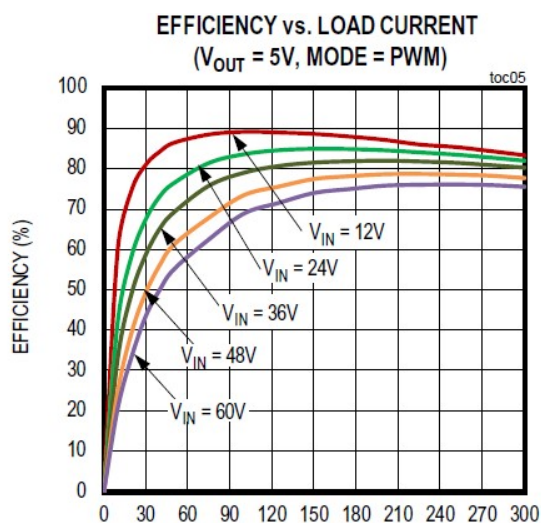


Figure 9. Echauffement minimal

Faibles émissions

L'implantation du circuit imprimé du module vise à minimiser les longueurs de pistes et à éliminer

les boucles de masse, pour réduire les émissions rayonnées. L'utilisation de condensateurs céramiques haute-fréquence minimise les émissions par conduction. La Figure 10 montre que les émissions rayonnées du MAXM17532 répondent confortablement à la spécification CISPR22 CLASSE B.

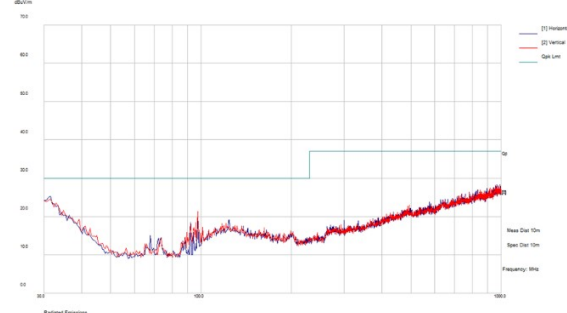


Figure 10. Émissions rayonnées

La Figure 11 montre que les émissions par conduction du MAX17532 sont largement conformes à la spécification CISPR22 CLASSE B.

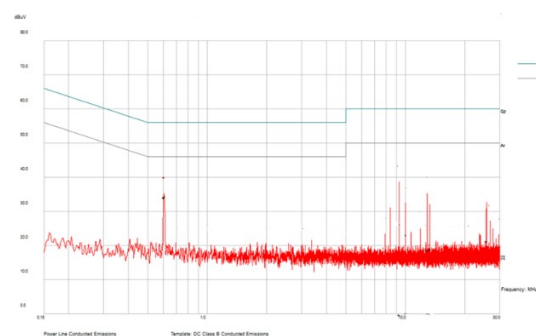


Figure 11. Émissions par conduction

Conclusion

Nous avons passé en revue les défis que pose la fourniture d'une puissance supérieure, avec un meilleur rendement et un échauffement minimum, pour les petits capteurs industriels. La protection adéquate de l'alimentation d'entrée 24V sera mieux assurée par un convertisseur "buck" (dévolteur) capable de supporter une tension d'entrée de 60V. Enfin, nous avons présenté une approche originale, permettant d'augmenter la tension d'entrée admissible et la

densité de puissance, grâce à un nouveau module convertisseur buck hautes-performances, miniaturisé et facile à utiliser. Ce module de puissance est un convertisseur buck miniature, à haut rendement et faibles parasites électromagnétiques, idéal pour l'alimentation de capteurs miniatures pour applications industrielles.