

Les dispositifs de suppression des surtensions dans l'automobile peuvent être remplacés par des circuits intégrés haute tension

Auteur : Bruce Haug, ingénieur marketing produit senior, Linear Technology

Les environnements des camions, de l'automobile et de la machinerie lourde sont très contraignants pour tous les types de dispositifs de conversion de puissance. Des plages de tension de fonctionnement larges associées à des transitoires importants et à d'amples variations de température font de la conception d'un système électronique fiable et robuste un vrai défi. De plus, certaines applications nécessitent l'installation de dispositifs de conversion de puissance sous le capot, où des températures de fonctionnement de 150°C sont requises. Avec, en parallèle, le nombre de composants électroniques qui augmente, et les spécifications de dimensions qui diminuent, un haut rendement et une capacité à supporter une surtension transitoire en entrée élevée sont encore plus critiques.

"Load dump" (rupture soudaine de charge), démarrage à froid, ou température élevée sous le capot, sont des conditions dans lesquelles les alimentations embarquées de l'automobile doivent pouvoir fonctionner de manière fiable. Dans des conditions normales en régime permanent, un système de batterie de 12V ne varie qu'entre 9V et 18V et un système de 24V varie entre 21V et 36V, environ. Cependant, au cours d'un transitoire de "load dump", des tensions de plus de 120V peuvent être générées pendant des centaines de millisecondes. Un "load dump" se produit lorsque l'alternateur charge la batterie du véhicule et qu'un circuit électrique ouvert entraîne une déconnexion momentanée de la batterie et de l'alternateur (un phénomène très fréquent). Pendant tout le temps que le régulateur de tension met pour réagir, la totalité du courant de charge de l'alternateur est injectée directement sur le bus d'alimentation de l'automobile, ce qui peut provoquer une augmentation de sa tension jusqu'à des valeurs potentiellement dangereuses. Un tel transitoire peut être causé par une déconnexion physique et peut aussi résulter d'une connexion défectueuse dans le câble de la batterie ou de la corrosion des bornes de la batterie.

D'autres facteurs physiques de la conception des véhicules sont aussi à prendre en compte, comme la présence de longs câbles d'alimentation qui partent de la boîte de distribution d'alimentation du compartiment moteur, pour atteindre des recoins éloignés du véhicule. Une automobile comporte en moyenne environ 1,5 km de fil de cuivre, contre 45 mètres seulement en 1948. En raison du comportement inductif des longs câbles, il se produit des transitoires d'un niveau encore plus élevé que lors d'un "load dump". La spécification directrice de l'électronique des feux arrières est de pouvoir supporter des transitoires de +100V. Cela peut présenter un problème pour l'électronique à base de circuits intégrés comme les régulateurs de feu arrière à LED.

De plus, certains des systèmes électroniques nécessitent d'être alimentés continuellement, même quand le moteur du véhicule ne tourne pas, comme les systèmes d'accès sans clé à distance, les GPS et les systèmes de sécurité. Il est essentiel pour ces systèmes "toujours en action" d'avoir un convertisseur CC/CC avec un faible courant de repos pour maximiser la durée de fonctionnement de la batterie en mode veille. Dans de telles circonstances, le régulateur fonctionne continuellement en mode normal à découpage jusqu'à ce que le courant descende en dessous d'un seuil prédéfini d'environ 30mA à 50mA. En dessous de ce seuil, le régulateur à découpage doit passer dans un

mode de fonctionnement où le courant de repos est plus faible, de manière à ce que la consommation de courant, et donc de puissance en provenance de la batterie, diminue, afin de prolonger la durée de fonctionnement.

Les systèmes critiques doivent pouvoir survivre, et aussi continuer à fonctionner sans interruption au cours de ces transitoires. Jusqu'à maintenant, la plupart des véhicules se sont appuyés sur un réseau de protections passives consistant en un filtre LC passe-bas et une série de supresseurs de tension transitoire pour bloquer les variations de tensions de crête du bus d'alimentation. Cependant, un contrôleur abaisseur CC/CC à haute tension d'entrée récemment lancé sur le marché peut continuer à fonctionner normalement malgré ces surtensions élevées et protéger les composants situés en aval sans nécessiter de dispositifs de suppression des surtensions supplémentaires.

Une nouvelle solution à base de circuits intégrés

Le LTC3895 est un contrôleur régulateur abaisseur synchrone, à découpage, non isolé qui commande tous les étages de puissance à transistor MOSFET à canal N. Il est conçu pour fonctionner avec une plage de tensions d'entrée comprise entre 4 V et 140 V (150 V absolus au maximum), à partir d'une source de tension d'entrée élevée ou depuis une entrée présentant des pointes de tension élevées, ce qui permet d'éliminer le recours à des dispositifs externes de suppression des surtensions. Le LTC3895 continue à fonctionner avec un rapport cyclique pouvant atteindre 100% alors que la tension d'entrée chute à 4 V, ce qui convient aux applications de l'automobile, des véhicules industriels et de la machinerie lourde.

La tension de sortie peut être définie entre 0,8 V et 60 V, avec des courants de sortie atteignant 20 A et des rendements de 96%. Ce composant ne consomme que 40 μ A en mode veille, avec la tension de sortie régulée, ce qui est idéal pour les systèmes restant toujours en fonctionnement. Une pompe à charge interne permet un fonctionnement avec un rapport cyclique de 100% lors d'une chute de tension, une caractéristique utile pour les applications de protection contre les surtensions et lorsqu'un dispositif est alimenté par une batterie qui se décharge. Les puissants pilotes de grille de MOSFET à canal N d'1 Ω du LTC3895 peuvent être programmés entre 5V et 10V pour permettre l'emploi de MOSFET de niveau logique ou standard dans le but d'optimiser le rendement. Pour empêcher une trop forte dissipation de puissance sur la puce dans les applications à tension d'entrée élevée, le LTC3895 inclut une broche NDRV qui commande la grille d'un transistor MOSFET à canal N externe en option, agissant comme un régulateur linéaire à faible chute de tension pour l'alimentation du circuit intégré. La broche EXTVCC permet l'alimentation du LTC3895 depuis la sortie du régulateur à découpage ou toute autre source disponible, ce qui réduit la dissipation de puissance et améliore le rendement.

Le LTC3895 fonctionne à une fréquence fixe sélectionnée entre 50kHz et 900kHz, et peut être synchronisé avec une horloge externe, de 75kHz à 850kHz. L'utilisateur peut choisir entre le mode de fonctionnement continu, à densité variable d'impulsions et en rafale (Burst Mode[®]) à faible ondulation en cas de faibles charges. Son architecture à mode courant facilite la compensation de boucle et permet une réponse aux transitoires rapides et une régulation de ligne excellente. La détection du courant s'effectue en mesurant la chute de tension sur l'inductance de

sortie (DCR), pour un rendement plus élevé, ou à l'aide d'une résistance de détection de courant en option. Une faible durée de conduction minimum de 80 ns permet des rapports abaisseurs élevés à une haute fréquence de commutation. Le repli du courant limite la dissipation thermique du transistor MOSFET en cas de surcharges. Les fonctionnalités supplémentaires comprennent une option de sortie fixe de 5 V ou 3,3 V, une diode auto-élevatrice intégrée, une indication de tension établie en sortie, un verrouillage en cas de surtension en entrée réglable et un démarrage progressif. Le LTC3895 est disponible dans un boîtier TSSOP-38 aux performances thermiques renforcées, dont plusieurs broches ont été supprimées pour que l'espacement soit adapté à la haute tension. Deux classes de température de jonction de fonctionnement sont disponibles avec les versions industrielles et à plage de températures étendues comprise entre -40°C et $+125^{\circ}\text{C}$, et une version haute température pour l'automobile de -40°C à $+150^{\circ}\text{C}$.

Le schéma de la figure 1 génère une sortie de 12V à partir d'une plage de tensions d'entrée comprise entre 7V et 140V. Quand la tension d'entrée est inférieure à 12V, la tension de sortie suit la tension d'entrée puisque cela correspond à un fonctionnement à un rapport cyclique de 100% avec le MOSFET supérieur constamment passant. Cette fonctionnalité est possible grâce à la pompe de charge embarquée du LTC3895.

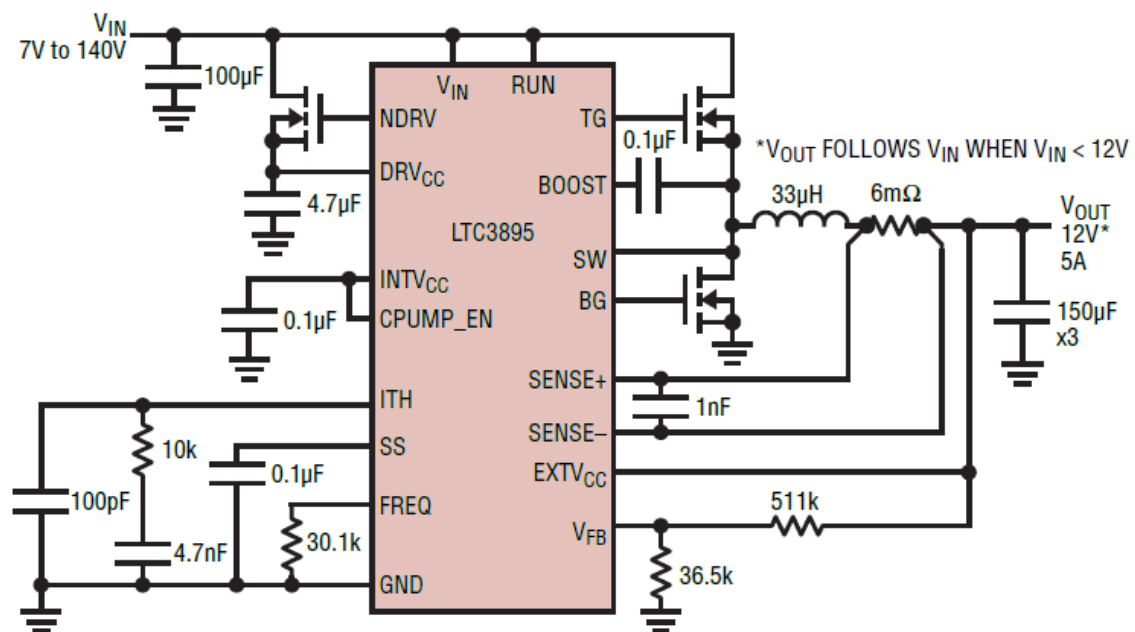


Figure 1 - Schéma montrant le LTC3895 produisant une tension de sortie de 12V à partir d'une tension d'entrée comprise entre 7V et 140V.

Fonctionnement en mode rafale (Burst Mode)

Le LTC3895 peut être activé pour passer en mode de fonctionnement rafale (Burst Mode) à haut rendement, à densité variable d'impulsions, ou à conduction continue forcée en cas de faibles charges. Lorsqu'il est configuré pour le fonctionnement en mode rafale et dans des conditions de faibles charges, le convertisseur va produire une salve de quelques impulsions pour maintenir la tension de charge sur le condensateur de sortie. Il éteint alors le convertisseur et passe en mode veille avec la plupart de ses circuits internes éteints. Le condensateur de sortie fournit le courant de charge et quand la tension aux bornes du condensateur de sortie chute et atteint un niveau de tension programmé, le convertisseur enclenche le secours fournissant le courant supplémentaire pour renflouer la tension de charge. Le fait d'arrêter et d'éteindre la plupart des circuits internes permet de réduire de manière significative le courant de repos, et ainsi de prolonger la durée de fonctionnement de la batterie dans les systèmes qui restent constamment allumés en mode veille.

Un dispositif de suppression des surtensions à découpage

Parallèlement à son utilisation comme contrôleur abaisseur CC/CC à haute tension supportant des surtensions importantes, le LTC3895 peut être prévu pour des applications de dispositif de suppression des surtensions à découpage à haut rendement uniquement. Par exemple, quand la tension d'entrée provient d'une voiture avec une batterie au plomb-acide de 12V, la tension de sortie peut être réglée à 12V. Pour cette configuration, le fonctionnement normal est «au repos» (dropout) avec le MOSFET supérieur toujours passant. Le LTC3895 ne se met alors en mode à découpage qu'au démarrage ou en réponse à une surtension en entrée ou un court-circuit en sortie. Si le temps passé en mode à découpage excède la durée programmée par la broche OVLO, le LTC3895 s'arrête pour se protéger contre un échauffement excessif. La durée de découpage, jusqu'à son arrêt, peut être programmée entre quelques millisecondes et plusieurs secondes.

Pilotes de MOSFET et rendement

Le LTC3895 possède de puissants pilotes de grille de MOSFET à canal N embarqués d' $1,1\Omega$, qui minimisent les durées de transition et les pertes de découpage. La tension de commande de la grille peut être programmée de 5V à 10V pour permettre l'emploi de MOSFET à canal N de niveau logique ou standard dans le but d'optimiser le rendement. Avec un courant de commande disponible aussi élevé, il est possible de commander plusieurs MOSFET en parallèle, dans le cadre d'applications mettant en jeu des courants plus élevés.

Les courbes de rendement du LTC3895 montrées figure 2 sont représentatives du circuit décrit par le schéma de la figure 1 avec une tension d'entrée de 24V ou 48V. Comme indiqué, la tension de sortie de 8,5V produit un très haut rendement atteignant 98%. Pour la tension de sortie de 3,3V, le rendement dépasse aussi 90%. De plus, le rendement de cette conception est toujours supérieur à 75% pour chaque sortie avec une charge de 1mA, grâce à son mode de fonctionnement en rafale (Burst Mode).

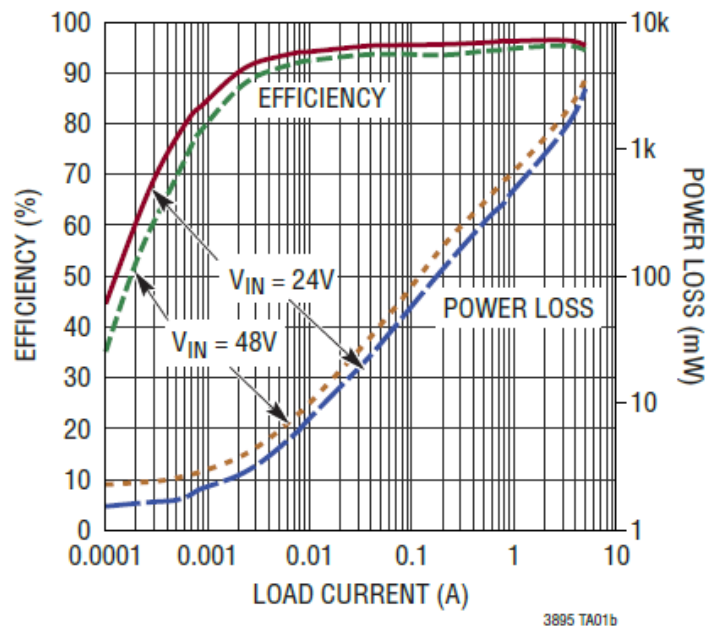


Figure 2 - Courbes de rendement du LTC3895 pour une tension de sortie de 12V à partir d'une tension d'entrée de 24 ou 48V.

Temps de réponse au transitoire court

Le LTC3895 incorpore un amplificateur opérationnel rapide avec une bande passante de 25MHz pour la rétroaction de la tension de sortie. La large bande passante de l'amplificateur, ainsi que les fréquences de commutation élevées et une inductance de faible valeur, permettent d'atteindre une fréquence de gain unitaire élevée. Cela permet l'optimisation du circuit de compensation pour obtenir un temps de réponse au transitoire très court. La figure 3 représente la réaction à une augmentation instantanée de la charge de 2A sur une sortie de 12V avec moins de 100mV de déviation de la tension nominale et un temps de rétablissement de 200 μ s.

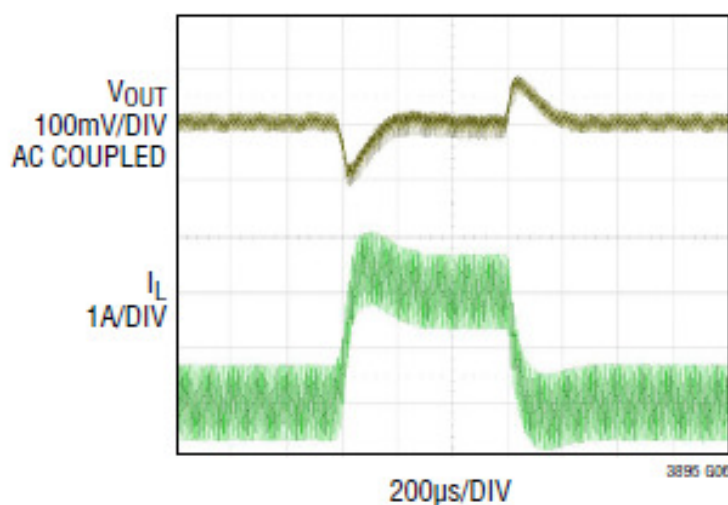


Figure 3 - Réaction du LTC3895 à une augmentation instantanée de la charge de 2A sur une sortie de 12V

Conclusion

Le LTC3895 établit un nouveau niveau de performances pour un fonctionnement sûr et efficace dans les environnements difficiles, en présence de variations transitoires de tension élevées, rencontrés fréquemment par les convertisseurs CC/CC des automobiles. Les tensions de commande de grille réglables élevées offrent la flexibilité de pouvoir piloter des MOSFET de niveau de tension standard ou logique. Son courant de repos faible permet de conserver l'énergie de la batterie en mode veille, et d'allonger la durée de fonctionnement de la batterie, une caractéristique très importante dans les systèmes fonctionnant en permanence. La tension d'entrée maximale de 150V, la réponse rapide à une variation transitoire et les classes de températures élevées font du LTC3895 un choix excellent pour les applications des véhicules industriels, de la machinerie lourde, du ferroviaire et de l'automobile, où les variations transitoires de tension élevées sont très fréquentes.