Driver survolteur de LED, utilisable avec une tension de démarrage réduite

Catalin Bibirica de Microchip Technology explique comment concevoir des convertisseurs DC-DC survolteurs à courant constant, permettant de piloter plusieurs LED, ou une LED haute-puissance, à l'aide d'un régulateur survolteur à courant constant

Un convertisseur DC-DC (continu-continu) à haut-rendement et fréquence fixe peut, s'il est optimisé comme un circuit driver de LED à courant constant, constituer une alimentation facile à utiliser, avec un petit nombre de composants externes, pour des applications alimentées par batterie alcaline, NiCd ou NiMH, à une ou deux cellules. On peut l'intégrer à différents circuits allant du driver de base pour une seule LED, alimenté par une batterie alcaline, NiMH ou NiCd à une cellule, jusqu'à des configurations à plusieurs LED, infrarouge, blanches ou RGB.

Un exemple d'un tel dispositif est le MCP1643 de Microchip Technology. Il s'agit d'un dispositif à modulation PWM (Pulse Width Modulation, ou modulation de largeur d'impulsion) qui fonctionne à fréquence de commutation fixe 1 MHz. La Fig. 1 montre ce dispositif utilisé comme un simple convertisseur survolteur DC-DC, utilisant une résistance (R_{SET}) pour obtenir le courant désiré.

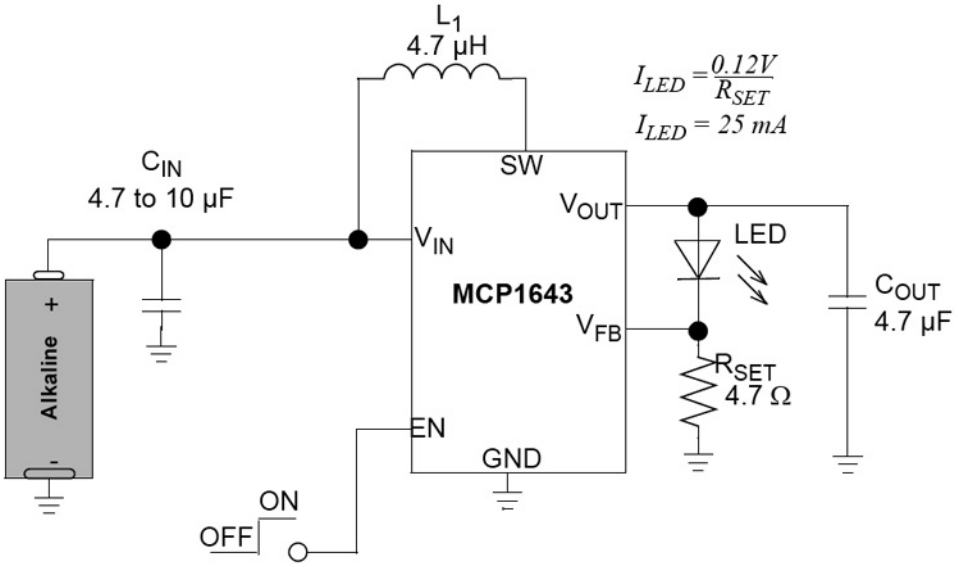


Fig. 1 : Application typique de convertisseur DC-DC survolteur

La tension d'entrée détermine le courant de LED maximum. Le dispositif fonctionne sous une tension d'entrée de 0.5 à 5V avec une tension de démarrage de 0.65V.

Pour une batterie complètement chargée, le courant de LED régulé maximum est de 450 mA. Par rapport aux batteries alcalines, les batteries NiMH ou NiCd ont une tension nominale inférieure, aussi le courant de LED maximum fourni par le dispositif est également inférieur, autour de 350 mA. Le dispositif permet de fournir jusqu'à 150 mA, même lorsque les batteries sont presque vides.
Comme avec tous les drivers de LED, il y a certaines limitations au niveau des courants de charge minimum et maximum.

Le courant de LED généré reste régulé tant que V_{IN} est inférieur à V_{OUT} avec 300 à 400 mV de marge grâce à la topologie "boost" (survolteur). Le courant de charge maximum est déterminé par la limite de courant d'entrée, qui est de 1.8A. Si le courant de LED sélectionné génère un courant d'entrée supérieur au courant crête maximum du dispositif, le courant de LED ne peut être régulé, et il fluctue alors avec la tension d'entrée. La batterie doit également pouvoir supporter le niveau de courant dont a besoin le convertisseur. La valeur minimum de courant de LED que le dispositif est capable de réguler est 20 mA.

Driver de LED pour batterie à une seule cellule
L'une des applications les plus simples est un driver de LED à courant constant, réglable en modifiant la valeur de la résistance de détection. Pour 2.4Ω, le courant obtenu est de 50 mA et peut être augmenté jusqu'à 100, voire 150 mA, en connectant plusieurs résistances de détection en parallèle.

Le dispositif permet la variation lumineuse par modulation PWM (Pulse Width Modulation, ou modulation de largeur d'impulsion) en appliquant à la broche EN un signal PWM à coefficient d'utilisation variable pour allumer et éteindre la LED. La fréquence maximum de la variation lumineuse est limitée par le délai interne de démarrage progressif, qui est typiquement de 240 µs. En faisant varier le coefficient d'utilisation du signal PWM appliqué à l'entrée EN, le courant de LED moyen varie linéairement et l'intensité lumineuse aussi.

Driver pour 2 LED en série
Le dispositif peut aussi servir à piloter deux LED en série. Cependant, la tension maximum est limitée par la protection contre les surtensions, qui limite la tension de sortie à 5.0V. Compte tenu de cette protection, le circuit peut piloter deux LED basse tension, de type infrarouge pour télécommande ou de type rouge, mais pas deux LED haute-tension, blanches ou bleues par exemple.

Driver de LED en parallèle
Le dispositif a un courant de sortie maximum de 550 mA. Pour profiter de cela, des LED à faible courant peuvent être montées en parallèle. Le nombre maximum de LED est déterminé par le courant de sortie maximum du convertisseur (550 mA) divisé par le courant nominal des LED. Par exemple, si le courant nominal des LED est de 50 mA, jusqu'à

11 LED peuvent être utilisées. Le même nombre de résistances est alors nécessaire, avec des valeurs identiques.

Une paire, constituée d'une LED et d'une résistance, sert à régler le courant fourni par le dispositif. Les autres paires suivent, contrôlées par le courant de la première paire.

Cette application est bien adaptée aux dispositifs portables rétro-éclairés dans lesquels des résistances CMS basse-consommation sont alignées pour assurer l'éclairage du LCD. Cette méthode économique, n'utilisant qu'un petit nombre de composants, évite le recours à un convertisseur survolteur haute-tension à courant constant, susceptible de nécessiter une grosse inductance et d'occuper beaucoup de place sur le circuit imprimé.

Systèmes embarqués

Une LED RGB (Red Green Blue, ou RVB pour rouge vert bleu en français) est constituée de trois LED (rouge, verte et bleu) avec une cathode ou une anode commune, que l'on peut piloter simultanément ou indépendamment pour générer n'importe quelle couleur du spectre visible. Chaque couleur de la LED a besoin d'une tension directe différente, par conséquent une source de courant est nécessaire pour piloter chaque LED indépendamment.

Le convertisseur DC-DC MCP1643 peut servir à la fois de source de courant pour la LED RVB haute-puissance et de source de tension pour un microcontrôleur. Une batterie AA à une seule cellule peut fournir l'alimentation.

Le dispositif a un courant de sortie maximum de 550 mA, mais uns seule sortie. Pour piloter trois LED indépendamment, il doit être piloté par un microcontrôleur. Grâce au temps de démarrage progressif de 240 µs, la sortie peut être multiplexée pour chaque couleur, sans aucun "overshoot" (dépassement transitoire de la valeur à atteindre) de courant pour une fréquence de LED de 70 Hz. Le chemin de courant de LED doit être modifié par l'intermédiaire de transistors externes pour alimenter chaque LED individuellement.

Dans de type d'application, le dispositif peut aussi servir de source de tension pendant une brève période, en déconnectant les LED et la résistance de feedback, et en contrôlant la tension de feedback avec un diviseur de tension pour augmenter la tension de sortie jusqu'à une valeur fixe de 4V.

Etant donné que le dispositif sert à piloter trois LED et à alimenter le système de commande, la puce devra tourner autour de 300 Hz (environ 4 fois 70 Hz).

Pour pouvoir utiliser le dispositif comme contrôleur de LED multiples indépendantes, certaines conditions doivent être remplies :

- La sortie doit être commutée d'une LED à une autre LED avec une résistance de détection identique.
- Le dispositif doit être désactivé puis ré-activé à chaque fois que le système de commande doit changer de chemin de courant.
- Il faut faire chuter la tension de sortie pour empêcher tout "overshoot" (dépassement transitoire de la valeur à atteindre) de courant, lors du passage à une LED de couleur différente.

Un microcontrôleur PIC® est nécessaire pour assurer cette fonctionnalité. La Fig. 2 montre la synchronisation des signaux de commande.

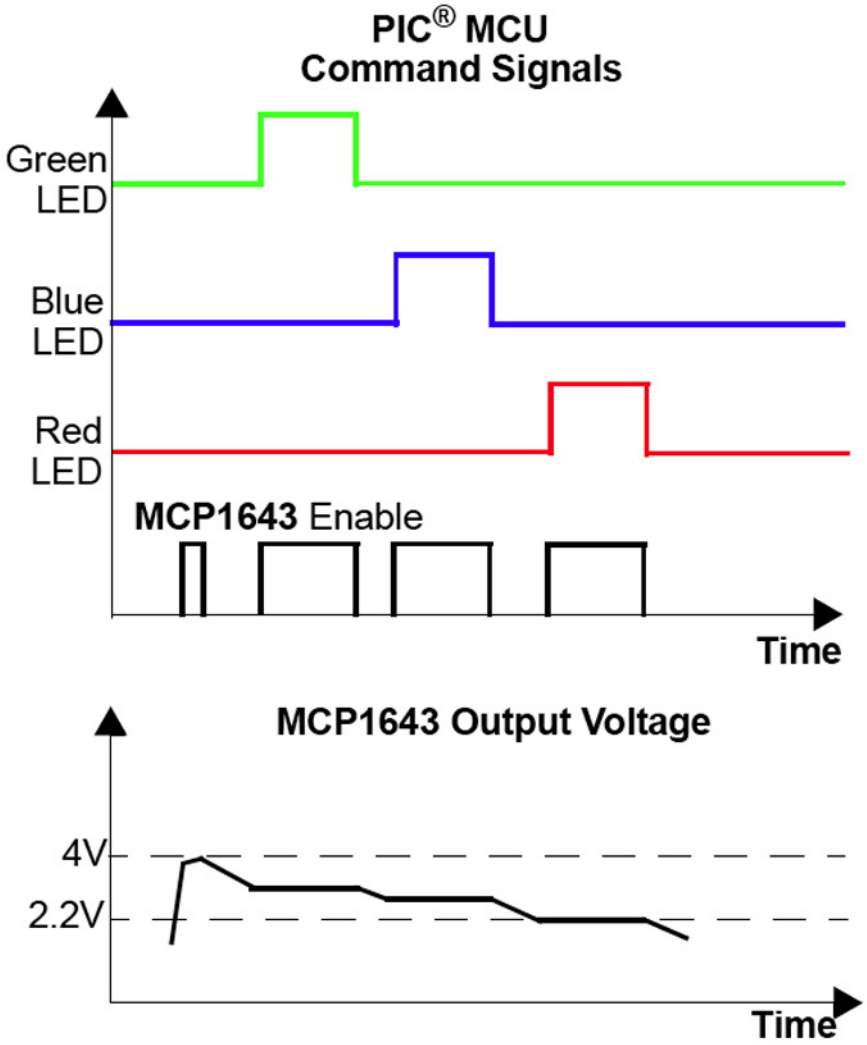


Fig. 2 : Fonctionnement théorique

Les signaux vert, bleu et rouge, correspondent aux tensions de grille des transistors. Ces transistors servent à commuter le circuit de courant pour chaque couleur. Une fois qu'ils ont reçu le signal de commande (tension de grille), les transistors conduisent et la couleur correspondante forme une boucle de courant fermée avec le driver de LED. Le signal "enable" (activation) est synchronisé avec ces signaux

de grille, et comporte une période d'activation supplémentaire pendant laquelle aucune LED n'est activée. Au cours de cette période, la tension de sortie monte jusqu'à un niveau de tension fixe et le dispositif se comporte en source de tension.

Il est important de respecter l'ordre des signaux d'activation. Démarrer le dispositif sans connecter de LED en sortie fera monter la tension de sortie jusqu'à un maximum de 5V. Si l'on connecte alors la LED au circuit, le condensateur de sortie se déchargera de manière incontrôlée dans la LED, et l'endommagera.

Les temps morts entre signaux d'activation sont différents, du fait de la différence des tensions directes de LED. En cas de transition montante de la tension, on peut éliminer le temps mort, mais cela n'est pas recommandé.

Source de tension DC-DC
Pour utiliser le dispositif comme source de tension, quelques composants externes sont nécessaires. Il faut ajouter un transistor pour déconnecter la résistance de feedback de la boucle de retour du driver de courant, et un diviseur de tension dans la boucle de retour pour amener la tension au niveau adéquat pour le système de contrôle. Lorsque les LED ne sont pas connectées mais que le dispositif est activé, la tension de sortie monte jusqu'à environ 4V pendant un court instant.

Compte tenu du multiplexage, la tension du microcontrôleur PIC n'est pas régulée et chute avec le temps selon la fréquence de multiplexage, la quantité d'énergie stockée et la consommation du système de commande.

Si une tension régulée est nécessaire, le dispositif peut être suivi d'un LDO (régulateur à faible chute). Par exemple, si une alimentation de 3.3V est nécessaire, un régulateur LDO à faible courant de repos, comme le MCP1702, peut être utilisé, et la tension de sortie du MCP1643 doit alors être réglée au dessus de 3.6V. La chute de tension n'influencera pas la fonctionnalité du microcontrôleur qui peut fonctionner avec une tension d'alimentation de 2.3 à 5V.

Des composants supplémentaires sont également nécessaires pour éviter d'interférer avec les tensions de commande des LED. Une diode de Schottky empêche toute tension de retourner vers la LED, et un condensateur permet de stocker l'énergie quand le dispositif pilote la LED.

Au delà du fait de ne pas nécessiter d'autre convertisseur DC-DC pour le système de contrôle, cette approche a un autre avantage. Quand le convertisseur est coupé, le microcontrôleur est lui aussi coupé. L'ensemble du système n'utilise que le courant de coupure typique de 1.2 µA du dispositif.

Le système peut être relancé, soit manuellement en activant le dispositif, qui alimentera aussi automatiquement le microcontrôleur, soit par une source de tension extérieure appliquée au microcontrôleur pendant au moins 100 ms.

La Fig. 3 montre le schéma électrique d'une carte de démonstration de driver de LED RVB. Le schéma est divisé en blocs correspondant chacun à une fonctionnalité du système.

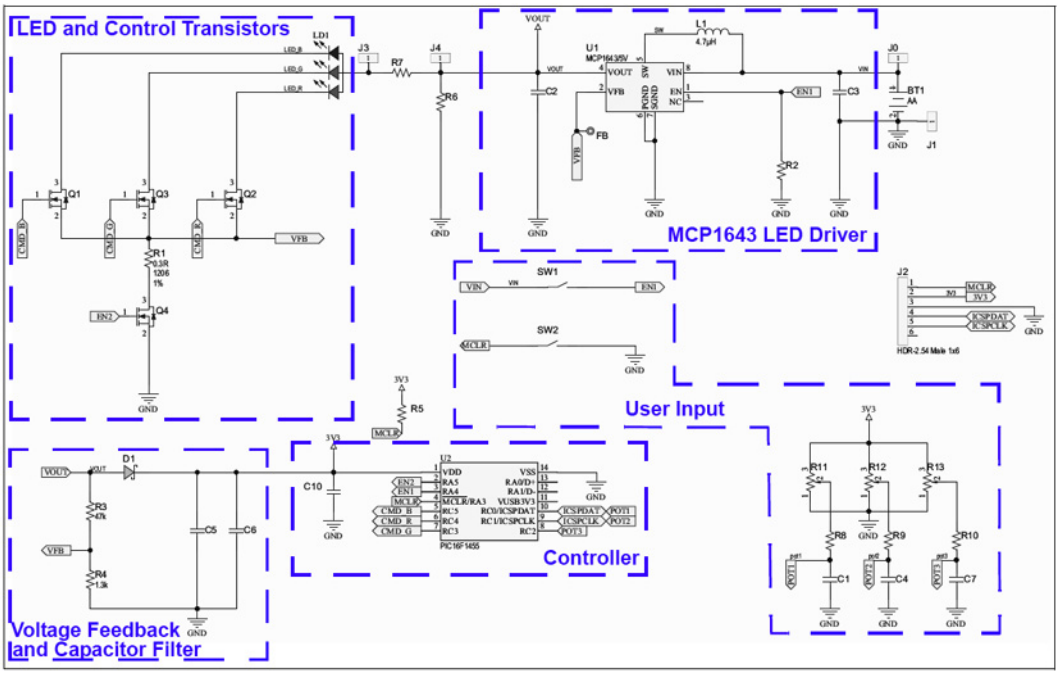


Fig. 3 : Schéma électrique d'une carte de démonstration de driver de LED RVB

L'implantation du circuit imprimé doit être faite en respectant les règles générales des convertisseurs DC-DC : les pistes de puissance qui portent le plus de courant doivent être aussi courtes que possible, et ne doivent pas passer sous, ni se trouver à proximité, des pistes signal haute-impédance. Le nœud de commutation doit aussi être aussi court que possible pour diminuer les interférences. Les condensateurs d'entrée et de sortie doivent être aussi près que possible du convertisseur, et l'utilisation d'un plan de masse est recommandée.

Pour les dispositifs qui ont tendance à chauffer, un grand nombre de vias vers un plan cuivre doivent être ajoutés pour favoriser la dissipation thermique.

Conclusion

Le MCP1643 est un convertisseur survolteur DC-DC synchrone driver de LED, conçu pour les applications alimentées par pile alcaline à une seule cellule, avec une faible tension de démarrage et un courant élevé. Le faible courant de veille (coupure) de 1.2 µA allonge la vie de la batterie quand le circuit n'est pas utilisé, tandis que le petit nombre de

composants et la faible place occupée sur la carte, permettent une mise en œuvre au sein d'applications portables plus petites. La conception de convertisseurs DC-DC avec ce dispositif est très facile et, en lui associant un micro-contrôleur, les circuits obtenus sont à la fois plus souples et plus faciles à utiliser.