Drivers répondant aux défis que pose la compatibilité avec les gradateurs, pour l'éclairage à LED

par : Frazier Pruett, Ingénieur Applications, ON Semiconductor

Les ampoules LED de remplacement sont désormais solidement implantées sur le marché mondial de l'éclairage, et des options d'éclairage à semiconducteurs sont disponibles pour tous les luminaires et tous les formats d'éclairage ménager. La performance des ampoules LED a toujours été excellente depuis leur introduction, et ces ampoules ont résolu quasiment tous les problèmes liés aux ampoules CFL (Compact Fluorescent, ou fluorescentes compactes) courantes, depuis le retard d'allumage, jusqu'à la sensibilité à la température.

À l'exception de certains modèles spéciaux, les ampoules CFL ne sont pas compatibles avec les gradateurs. Pendant ce temps, la majorité des ampoules LED sont dans une certaine mesure revendiquées par les fabricants comme étant compatibles avec les gradateurs. Aux États-Unis, la CEC (California Energy Commission, ou Commission de l'énergie de Californie) s'efforce de faire de la compatibilité des gradateurs une caractéristique standard des ampoules LED pour le marché californien. La compatibilité des gradateurs est le plus grand défi auquel est confronté le concepteur de drivers de LED. Les exigences opérationnelles avec ou sans gradateur connecté sont difficiles à satisfaire avec une même conception. Une bonne compatibilité avec les gradateurs ne se limite pas à un facteur de puissance élevé, ni à un faible THD. La conception optimale exige des profils multiples en fonction de l'état opérationnel, et suffisamment d'intelligence pour reconnaître les différents états opérationnels. Les fabricants de semiconducteurs lancent de nouveaux drivers de LED pour répondre aux défis de la compatibilité avec les gradateurs.

Types de gradateurs à contrôle de phase

Le filtre d'entrée d'un driver de LED joue un rôle important dans sa compatibilité avec les gradateurs. Il existe deux grands types de gradateurs à contrôle de phase : ceux à modulation de front montant, et ceux à modulation de front descendant. Avec un gradateur à modulation de front montant, le courant de ligne est retardé à partir du passage à zéro. Dans ce cas, la mise en route du gradateur module le front montant du courant pour contrôler l'ampoule. Le courant du gradateur à modulation de front descendant se coupe partiellement au cours du cycle de la ligne. Les deux techniques sont également efficaces pour faire varier l'intensité lumineuse de l'ampoule, mais la mise en œuvre de chacune est très différente.

Les gradateurs à modulation de front montant sont beaucoup plus courants, car leur conception est plus ancienne et ils sont moins coûteux, grâce à l'utilisation d'un TRIAC ou d'un thyristor comme commutateur principal. Les TRIAC et thyristors ne peuvent être coupés que lorsque le courant à travers le dispositif tombe en dessous du courant de maintien. Ceci se produit naturellement lors du passage à zéro après mise la sous tension du dispositif. Les gradateurs à modulation de front descendant utilisent des MOSFET pour contrôler le courant. Les MOSFET peuvent être allumés ou éteints quel que soit le courant passant dans l'appareil, ce qui leur permet de s'éteindre partiellement au cours du cycle de ligne. Les MOSFET et leur circuit de commande sont plus coûteux et plus complexes que les gradateurs TRIAC/SCR. Non seulement les gradateurs TRIAC / SCR existent depuis plus longtemps que les gradateurs MOSFET, mais ils sont moins chers et dominent toujours le marché des gradateurs. Si ceci est une bonne nouvelle pour le consommateur, les gradateurs TRIAC posent de nombreux problèmes complexes aux concepteurs de drivers.

Les ampoules à incandescence présentent certaines non-linéarités qui les rendent bien adaptées aux gradateurs TRIAC. En particulier, un coefficient de température positif et un rendement lumineux qui diminue assez fortement avec la tension appliquée. Le coefficient de température positif provient du

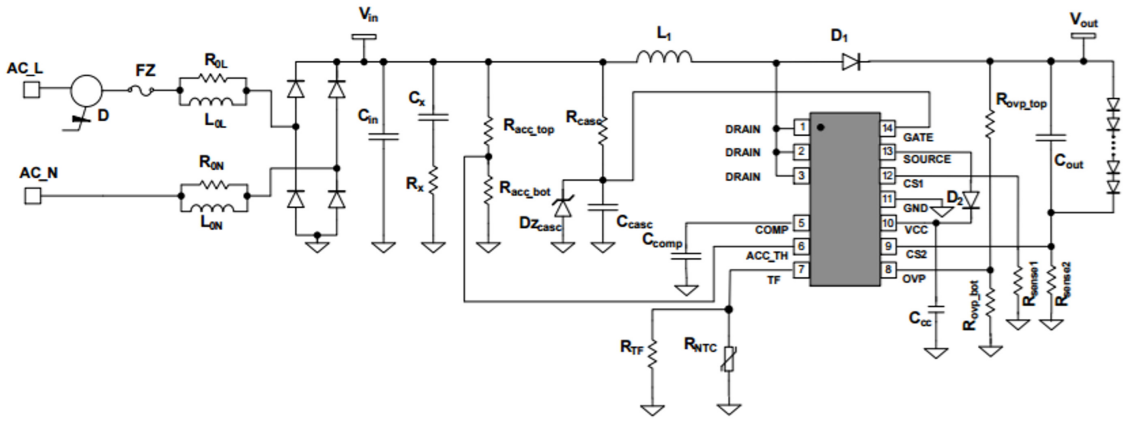
filament de tungstène. Au fur et à mesure que le tungstène refroidit, sa résistance diminue. Ceci rend le courant quasi-constant sur toute la plage de gradation, ce qui fournit le courant de maintien pour le TRIAC.

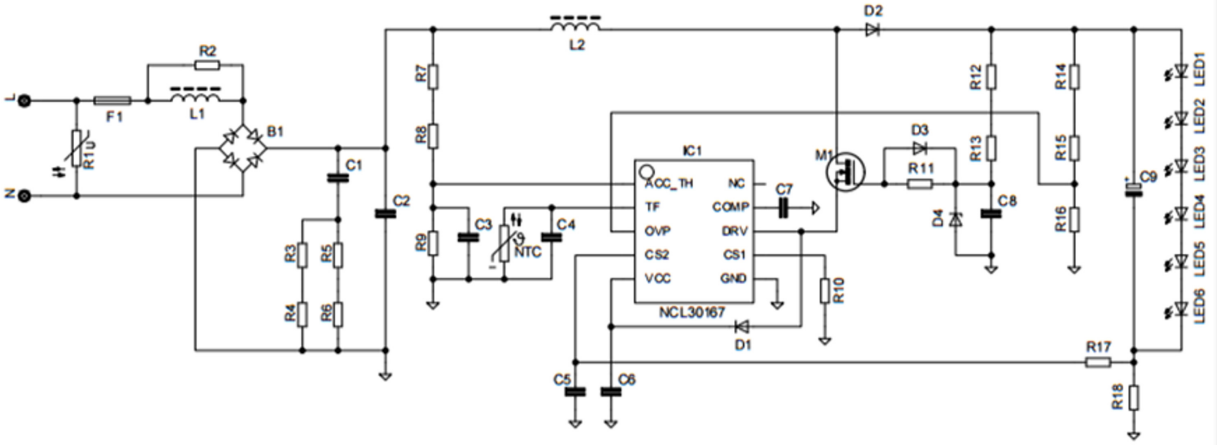
Le rendement lumineux d'un filament de tungstène diminue rapidement quand le filament refroidit. La température typique des filaments est de 2 500°K, ce qui les place dans le spectre de lumière chaude (rouge). Lorsque l'intensité à travers le filament diminue, la puissance dissipée diminue, mais la température de couleur se déplace encore plus vers le rouge. Les ampoules à incandescence sont de bons exemples de corps noirs radiateurs quasi-parfaits. L'œil humain est moins sensible à la lumière rouge, ce qui fait que le rendement lumineux du filament diminue, du fait d'une puissance plus faible et d'un changement de température de couleur. Le rendement lumineux se mesure en lumens qui sont ajustés au niveau photopique selon la réponse de l'œil humain. L'œil humain est plus sensible à la lumière verte de longueur d'onde 560 nm.

Ceci permet de comprendre pourquoi les gradateurs TRIAC sont si bien adaptés aux ampoules à incandescence. Aucun driver d'éclairage (LED ou autre) ne se comporte comme une ampoule à incandescence. Le plus grand défi pour un driver de source lumineuse électronique est de maintenir un courant de maintien suffisant pour éviter que le TRIAC ne cesse de conduire faute de courant. Une ampoule incandescente typique de 60W produit 800 lumens. Une source lumineuse équivalente à LED ne consomme que 8W pour la même puissance lumineuse. Un courant d'entrée insuffisant est la raison principale des problèmes de gradateurs à TRIAC. Le driver doit tirer un courant continu d'amplitude suffisante pendant tout le cycle pour que le TRIAC reste passant. La conception du filtre EMI est critique et doit faire l'objet d'une attention particulière. Certains concepteurs ont recours à des circuits d'amortissement complexes contenant des composants actifs, pour réduire la dissipation ou le bruit acoustique. Ces filtres offrent des avantages de performance par rapport aux filtres EMI standard, mais augmentent le coût et la complexité.

Les NCL30095 et NCL30167 d'ON Semiconductor sont de bons exemples de drivers développés pour traiter la question de la compatibilité avec les gradateurs, pour les applications d'éclairage LED. Le NCL30095 est un driver de LED gradable à coupure de phase entièrement intégré, en configuration "boost" (survolteur). La coupure de phase peut être soit sur front montant (typique pour la plupart des gradateurs à TRIAC) soit sur front descendant (gradateurs compatibles avec les transformateurs électroniques). Le MOSFET HT interne a une $R_{DS(ON)}$ nominale de 4.5Ω.

Le NCL30167 offre les mêmes fonctions que le NCL30095, sauf que le MOSFET HT est externe, pour être compatible avec les applications de puissance supérieure. L'agencement des FET en cascade est l'une des caractéristiques uniques de ces drivers de LED. Le courant de sortie est régulé pour assurer la conformité SSL7a, et les fonctions intégrées aux NCL30096 et NCL30167 sont notamment : régulation du courant en boucle fermée, protection thermique, détection de l'angle de conduction, changement de mode et détection ZCD (Zero Cross Detect, ou détection de passage à zéro). L'étage de puissance fonctionne en CrM (Critical conduction mode).


AC_L
AC_N
FZ
D
R_{0L}
L_{0L}
R_{0N}
L_{0N}
V_{in}
C_{in}
C_x
R_x
R_{acc_top}
R_{acc_bot}
R_{casc}
Dz_{casc}
C_{casc}
C_{comp}
L_1
D_1
DRAIN
DRAIN
DRAIN
COMP
ACC_TH
TF
GATE
SOURCE
CS1
GND
VCC
CS2
OVP
D_2
R_{ovp_top}
C_{out}
V_{out}
R_{ovp_bot}
R_{sense1}
R_{sense2}
C_{cc}
R_{TF}
R_{NTC}


L
N
F1
L1
R2
R10
B1
C1
C2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
C3
NTC
C4
L2
D2
IC1
ACC_TH
TF
OVP
CS2
VCC
NC
COMP
DRV
CS1
GND
NCL30167
C7
M1
D3
R11
D4
C8
R12
R13
R14
R15
R16
C9
LED1
LED2
LED3
LED4
LED5
LED6
R10
D1
R17
R18
C5
C6