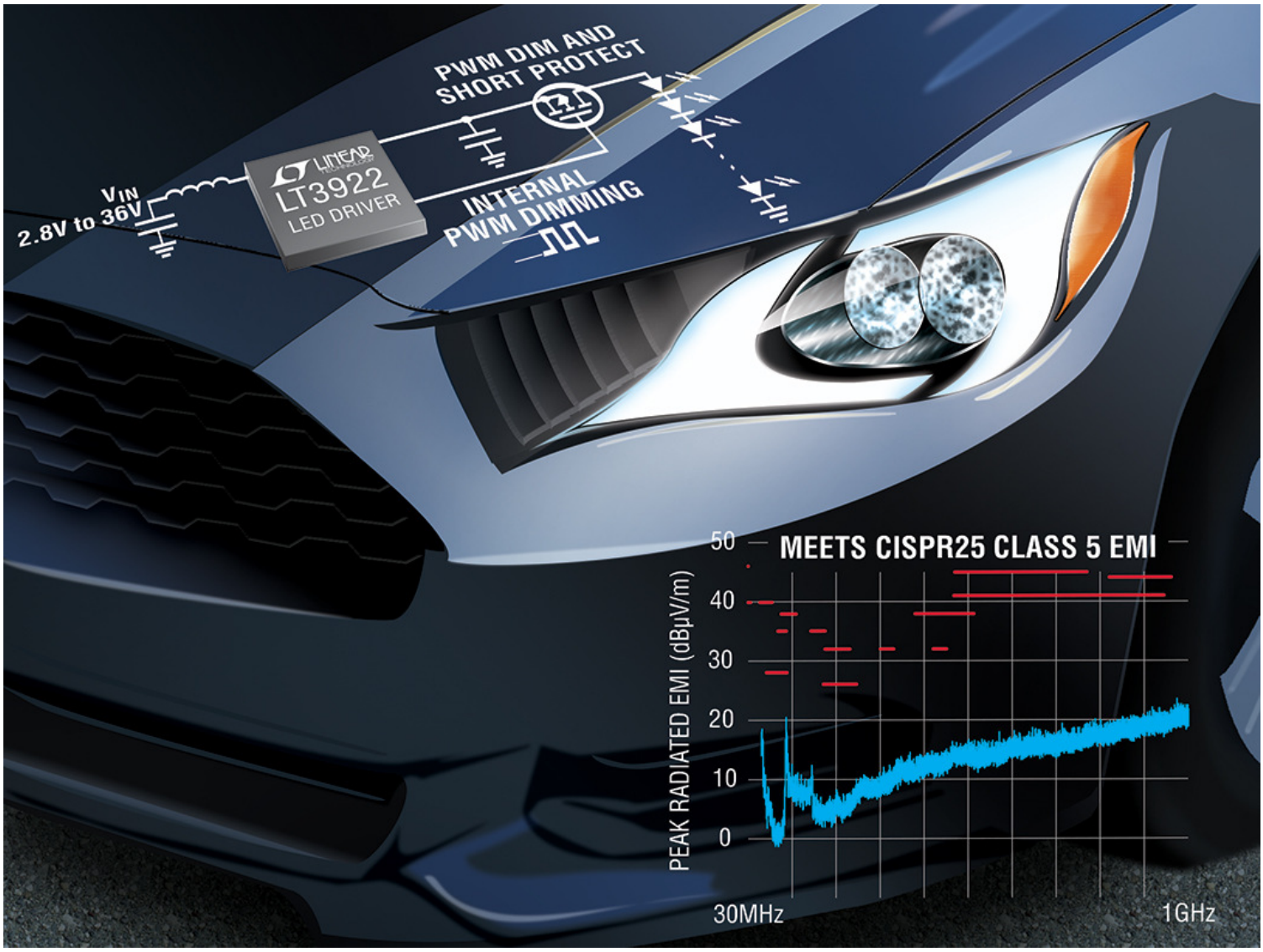
Un pilote de DEL synchrone à faibles perturbations électromagnétiques doté de commutateurs intégrés et d'une fonctionnalité de gradation de lumière PWM interne

Auteur : Keith Szolusha, Ingénieur d'Applications, Produits Puissance, Linear Technology



L'étendue des applications des LED s'est agrandie et englobe tous les secteurs, de l'éclairage général à l'automobile, à l'équipement industriel et de test, aux enseignes et au matériel de sécurité. La variété des spécifications de conception des pilotes de LED s'est donc aussi élargie. Les toutes dernières solutions de LED nécessitent des pilotes compacts, efficaces, faible bruit et présentant des taux de gradation de l'intensité lumineuse élevés et une protection de pointe contre les défauts. Le LT3922 répond largement à toutes ces exigences.

LE LT3922 AVEC COMMUTATEURS INTÉGRÉS ET GRADATION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE PWM INTERNE

Le pilote de LED 36V synchrone LT3922 avec commutateurs 2A intégrés peut être configuré comme pilote de LED élévateur, abaisseur ou élévateur-abaisseur. Ses commutateurs de puissance synchrones intégrés à haut rendement tiennent dans un minuscule boîtier QFN de 4mm × 5mm. Ce dispositif incorpore les technologies de commutation les plus en pointe de Linear, condensant des capacités élevées en termes de puissance dans des espaces restreints, tout en contrôlant les vitesses de fronts montants et descendants et tout en limitant les émissions électromagnétiques indésirables. Les commutateurs synchrones intégrés sont pilotés avec des fronts montants et descendants de commutation contrôlés qui n'oscillent pas (offrant le parfait équilibre entre haut rendement et faible bruit) et peuvent être pilotés jusqu'à 2,5MHz, produisant des solutions compactes.

CHOIX DE TOPOLOGIES : ÉLEVATEUR, ABAISSEUR OU ÉLEVATEUR-ABAISSEUR

Les guirlandes de LED sont pilotées par un courant contrôlé qui n'a pas besoin de retourner directement à la terre. LED^+ et LED^-, ou l'une d'entre elles, peuvent d'être raccordées à des potentiels autres que celui de la terre. Cela élargit le champ des options pour les topologies de pilote de LED CC/CC à sortie flottante, y compris en mode abaisseur et abaisseur-élévateur. Le pilote PWMTG côté haut et les commutateurs synchrones du LT3922 peuvent être configurés comme pilotes de LED élévateurs, abaisseurs ou abaisseurs-élévateurs, tout en conservant l'utilisation de toutes les fonctionnalités des circuits intégrés, c'est-à-dire, gradation d'intensité lumineuse PWM interne, SSFM, faibles perturbations électromagnétiques, surveillance de courant de sortie ISMON et report de la protection contre les défauts de sortie de la topologie élévateur standard aux abaisseurs et élévateurs-abaisseurs.

Élévateur

Le LT3922 peut piloter des LED jusqu'à 34V lorsqu'il fonctionne comme un convertisseur élévateur, en conservant une marge, jusqu'à 40V, en cas de dépassement dû à une LED ouverte. Le pilote de LED élévateur 2MHz, de 4V à 28V, montré figure 1 alimente une guirlande de LED de 330mA jusqu'à 34V. Sa fonction de gradation de lumière PWM peut être contrôlée de manière externe à 120Hz jusqu'à un taux de 2000:1 ou de manière interne jusqu'à un taux de 128:1 avec une tension d'entrée analogique sur la broche PWM.

Il peut survivre à des LED ouvertes et des courts-circuits entre LED^+ et la terre et signale ces défauts à l'aide de sa broche FAULT. Le courant de sortie peut être surveillé par l'intermédiaire de la broche ISMON, même pendant la gradation PWM. À une fréquence de commutation de 2MHz, son harmonique d'interférences électromagnétiques fondamentale se situe au-dessus de la bande AM, mais ses perturbations électromagnétiques restent faibles. La modulation par étalement de spectre (SSFM) peut être utilisée en complément pour répartir la fréquence de commutation entre 2MHz et 2,5MHz et réduire les perturbations électromagnétiques à la fréquence fondamentale et ses nombreuses harmoniques. Le rendement du convertisseur élévateur à 2MHz reste élevé, atteignant 91% à $12V_{IN}$, grâce aux commutateurs synchrones intégrés. À une tension V_{IN} plus basse, quand le courant de crête de l'inductance atteint sa limite, le courant de sortie est réduit de manière élégante sans clignotement pendant que les LED restent allumées.

Abaisseur

La tension d'entrée peut atteindre 36V et une guirlande de LED peut être pilotée jusqu'à 1,5A quand le LT3922 est utilisé dans une topologie de mode abaisseur, telle que celle de la figure 2. L'entrée de mesure de courant ISP et ISN côté haut et le pilote PWMTG PMOS peuvent être facilement déplacés du côté haut des LED, qui est raccordé à l'entrée en mode abaisseur. LED^- est connectée directement à l'inductance et non à la terre. Pendant le pilotage de deux LED d'1A à 6,5V, le rendement en mode abaisseur synchrone atteint 94% à 12V V_{IN} et se maintient à 89% à 36V V_{IN}. La large bande passante du convertisseur en mode abaisseur lui permet de fonctionner avec un taux de gradation PWM de 1000:1 à 100Hz.

Élévateur-abaisseur

La topologie élévateur-abaisseur du LT3922 de la figure 3 accepte une plage de tensions en entrée qui s'étend au-dessus et en dessous de la tension de la guirlande de LED. La somme de la tension de la guirlande de LED et de la tension d'entrée doit être inférieure à 35V pour que la tension d'ISP et ISN soit inférieure au maximum absolu de 40V.

Cette topologie à faibles perturbations électromagnétiques brevetée présente une inductance d'entrée à faible ondulation de type élévateur et une inductance orientée vers la sortie à faible ondulation de type abaisseur. Un convertisseur élévateur-abaisseur d'entrée pour l'automobile de 4V–18V ou d'entrée à multiples compositions chimiques de batterie (5V, 12V et 19V) est capable de piloter une tension de guirlande de LED à n'importe quelle valeur comprise entre 3V et 16V.

De même que dans les autres topologies, le pilote PWMTG simplifie le raccordement d'un MOSFET de gradation PWM. Les protections contre les circuits ouverts et les courts-circuits ne sont pas compromises dans les topologies à LED flottantes. Une diode optionnelle sur LED^- protège contre les courts-circuits LED^--terre.

Le convertisseur à 2MHz de la figure 3 affiche un rendement de 85% (87% sans les filtres anti-interférence électromagnétique) pour V_{IN}=12V, V_{LED}=15V, I_{LED}=330mA et jusqu'à 2000:1 de taux de gradation PWM à 120Hz. Cette solution répond aux exigences d'un pilote de LED d'éclairage automobile de jour, de signalisation ou de feu arrière, en raison de sa taille, de sa polyvalence et de ses faibles perturbations électromagnétiques.

ÉCLAIRAGE AUTOMOBILE

Tant d'attributs des LED en font le choix idéal pour l'éclairage automobile. Il y a l'attrait visuel de l'éclairage de jour et de feu arrière par LED. Les phares avant à LED efficaces sont robustes, avec des durées de vie plus longues de plusieurs ordres de grandeur par rapport à leurs prédécesseurs à base de filament qui ont tendance à griller. Les pilotes sont petits et efficaces avec de larges gammes de tensions d'entrée et de sortie, et doivent démontrer de faibles perturbations électromagnétiques.

Le minuscule pilote de LED LT3922 présente de faibles perturbations électromagnétiques, un haut rendement et le niveau de protection contre les défauts exigé dans les environnements automobiles. Il peut être alimenté à partir de la gamme de tensions d'entrée

automobile 9V–16V et fonctionne jusqu'à 36V en présence de transitoires et jusqu'à 3V (conditions de démarrage à froid). Son architecture Silent Switcher® à faibles perturbations électromagnétiques, sa fonctionnalité SSFM et ses fronts montants et descendants de commutation contrôlés, en font le candidat idéal pour alimenter des LED avec de faibles perturbations électromagnétiques. Sa polyvalence est utile pour les applications en modes élévateur, abaisseur et élévateur-abaisseur pour les éclairages extérieurs de jour, de signalisation, de feu arrière, et des segments de phares avant, et aussi pour le tableau de bord et les affichages tête haute à taux de gradation élevé à l'intérieur. Une flexibilité et une protection contre les défauts intégrées réduisent le nombre de composants nécessaires à la protection contre les guirlandes de LED ouvertes ou en court-circuit.

Le pilote de LED élévateur pour l'automobile à 400kHz de la figure 4 passe avec succès les essais de mesures des perturbations électromagnétiques CISPR 25 classe 5, comme indiqué dans la figure 5, qui montre les résultats d'essais de mesures des perturbations électromagnétiques par conduction et par rayonnement du LT3922 ainsi que les limites de perturbations électromagnétiques de la classe 5. C'est grâce à l'association de toutes les caractéristiques de faibles perturbations électromagnétiques du LT3922, y compris, mais non limitées à, ses fronts montants et descendants de commutation contrôlés et sa modulation de fréquence à étalement de spectre (SSFM). Évidemment, un placement-routage adapté et un peu de filtrage à l'aide de perles de ferrite (FB1 et FB2) sont recommandés pour obtenir les meilleurs résultats en termes de perturbations électromagnétiques.

DES FONCTIONNALITÉS INTÉGRÉES POUR DE FAIBLES PERTURBATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Le LT3922 comprend un certain nombre de caractéristiques qui permettent aux concepteurs de réaliser des solutions avec de faibles perturbations électromagnétiques. Tout d'abord, le LT3922 incorpore l'architecture brevetée Silent Switcher de Linear, dans laquelle les commutateurs internes synchrones minimisent la taille des boucles de commutation actives et les fronts montants et descendants de commutation contrôlés ne présentent pas d'oscillations transitoires.

La figure 6 montre comment le brochage du LT3922 permet le placement de petits condensateurs hautes fréquences à proximité des deux broches V_{OUT} pour minimiser la taille des boucles actives et les perturbations électromagnétiques.

La vitesse des fronts montants et descendants de commutation est contrôlée par le LT3922, éliminant les oscillations transitoires hautes fréquences, courantes dans les convertisseurs à découpage qui n'ont pas cette fonctionnalité. Les fronts montants et descendants de commutation contrôlés du LT3922 réduisent les perturbations électromagnétiques à hautes fréquences de commutation de puissance sans détériorer le rendement et les capacités en puissance.

La SSFM dans le LT3922 étale la fréquence de commutation réglée par résistances en montant et en descendant entre 100% et 125% de sa valeur à une fréquence de 1,6kHz pour le convertisseur à 400kHz. Cela minimise à la fois le pic et la moyenne des perturbations électromagnétiques dans le convertisseur à basses et hautes fréquences. Cette fonctionnalité est facilement activée et désactivée en connectant la broche SYNC/SPRD respectivement à $INTV_{CC}$ ou GND.

GRADATION PWM GÉNÉRÉE EN INTERNE

La gradation analogique par réglage de la tension sur la broche CTRL a toujours été plus facile à mettre en œuvre que la gradation PWM, qui est plus précise. Jusqu'à maintenant, la gradation PWM nécessitait une horloge externe ou un micro signal dont le rapport cyclique contrôlait l'intensité lumineuse par l'intermédiaire de la broche d'entrée PWM. Cependant, le LT3922 comporte un signal de gradation PWM généré en interne qui ne nécessite qu'une tension externe sur la broche PWM pour régler le rapport cyclique afin d'obtenir une gradation PWM de 128:1. La périodicité PWM, comme par exemple 122Hz, est réglée en connectant une simple résistance sur la broche RP.

La précision du courant des LED est une nécessité pour les véhicules avec blocs d'éclairage redondants. L'intensité lumineuse des deux côtés doit être la même pour des raisons évidentes. Des LED dont la fabrication est identique peuvent émettre une lumière avec une intensité différente pour le même courant de commande. La fonctionnalité de gradation interne du LT3922 peut être utilisée pour le réglage de l'intensité lumineuse à proximité du rapport cyclique de 100% ou juste en dessous, puis plus finement à des taux de 10:1 ou 100:1. Cela permet au fabricant de blocs d'éclairage d'économiser sur l'achat de LED nécessitant un tri spécifique.

Quand des taux de gradation plus élevés sont requis, le LT3922 peut être atténué en externe de la manière habituelle. La large bande passante du pilote de LED à 400kHz en mode abaisseur de la figure 2 produit un taux de gradation PWM de 1000:1 à 100Hz. Le pilote de LED élévateur à 2MHz de la figure 1 atteint un taux de gradation de 2000:1 à 120Hz, tel qu'indiqué figure 7a. Le même circuit peut être paramétré pour la gradation PWM générée en interne en plaçant une résistance correspondant à la fréquence 122Hz sur la broche RP et en réglant la tension sur la broche PWM entre 1,0V et 2,0V pour un taux de gradation pouvant atteindre 128:1, tel qu'indiqué figure 7b. Le LT3922 peut être paramétré pour fonctionner jusqu'à une gradation PWM externe de 5000:1 dans certaines applications et la gradation PWM peut être associée à la gradation analogique du LT3922 pour un contrôle de l'intensité lumineuse de plus de 50 000:1.

VISION INDUSTRIELLE

Dans les applications de chaînes de fabrication industrielles, la vision industrielle (figure 8) fournit un retour d'informations visuel rapide

sur les dispositifs à l'aide de la photographie numérique à haute vitesse en association avec le traitement d'image numérique. Cela permet d'identifier et d'isoler rapidement les produits défectueux avec un minimum ou même sans nécessiter d'inspection par une intervention humaine. L'éclairage utilisé pour les systèmes de vision industrielle doit se synchroniser sur la vitesse des procédés de la chaîne de montage, tout en maintenant la capacité à produire une impulsion de lumière reproductible pour une période de temps d'arrêt indéfinie.

Les pilotes de LED traditionnels ne sont pas capables de maintenir leur tension de sortie lorsque le signal d'entrée PWM est à l'état bas pendant un intervalle de temps prolongé. Ceci est dû à la décharge progressive du condensateur de sortie, et fait que les pilotes de LED de base ne sont pas adaptés à ce genre d'applications. Cependant, le LT3922 échantillonne de manière numérique l'état de la sortie du convertisseur pendant le front descendant du signal de PWM. Il maintient alors la tension de sortie pendant tout intervalle de temps d'arrêt prolongé en effectuant une "commutation d'entretien" pendant l'arrêt de la PWM, alors que les LED sont déconnectées par le PMOS du côté haut. Au cours d'une gradation PWM standard à des fréquences supérieures à 100Hz, le temps d'arrêt le plus long est inférieur à 10ms, ce qui ne permet de soutirer de la sortie qu'un peu de courant de fuite. Les applications de vision industrielle et stroboscopiques peuvent comporter de long temps d'arrêt d'une durée comprise entre 100ms et 5s (ou plus), donnant lieu à une fuite des dizaines ou des centaines de fois plus importantes.

La commutation d'entretien garantit le maintien, par le condensateur de sortie, de la tension enregistrée pendant le cycle d'échantillonnage précédent du LT3922. L'échantillon numérique de l'état du convertisseur est stocké indéfiniment, en partant du principe qu'une alimentation d'entrée sans coupure est fournie au circuit intégré. Cela permet au LT3922 d'avoir une forme d'onde de courant de sortie reproductible pour tout temps d'arrêt donné, comme démontré figure 9.

CONCLUSION

Le pilote de LED 36V LT3922, avec commutateurs 2A internes synchrones est un pilote de LED compact et polyvalent. Il peut être facilement utilisé dans des topologies d'élévateur, d'abaisseur et d'élévateur-abaisseur. Quelle que soit la topologie, toutes ses fonctionnalités sont disponibles, y compris la possibilité d'une gradation PWM élevée et la gradation PWM générée en interne. De faibles perturbations électromagnétiques peuvent être obtenues grâce à son placement-routage Silent Switcher et sa SSFM. Ses commutateurs compacts et synchrones maintiennent un rendement élevé, même à des fréquences atteignant 2MHz. Avec sa protection contre les défauts robuste, ce circuit intégré remplit largement les conditions pour être utilisé dans l'automobile et autre application exigeante. □

Tableau 1. Pilotes de LED à large plage de tensions d'entrée

	LT3922	LT3795	LT8391	LT3952	LT3518
Plage de tensions VIN	2,8V–36V	4,5V–110V	4V–60V	3V–42V	3V–30V (40V transitoire
Synchrone	□		□		
Gamme de fréquences	200kHz–2,5MHz	100kHz–1MHz	150kHz–650kHz	200kHz–3MHz	250kHz–2,5MHz
Courant de crête de commutation	2A	10A+	10A+	4A	2,3A
SSFM	□	□	□	□	
TG PWM	□	□	□	□	□
Gradation PWM interne	□		□	□	

À l'épreuve des courts-circuits	□	□	□	□	

Boîtier	4mm × 5mm QFN	28 broches TSSOP	4mm × 5mm QFN	28 broches TSSOP	4mm × 4mm QFN
Commutateurs de puissance	deux internes	simple externe	quatre externes	simple interne	simple interne

Légendes des figures :

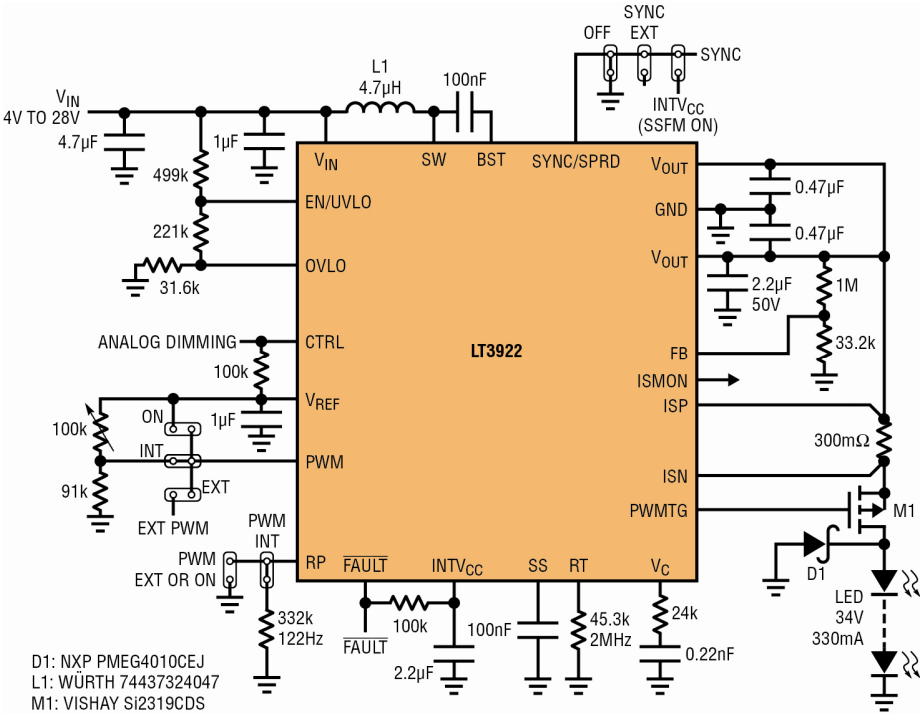


Figure 1. Schéma de principe d'un élévateur classique à 2MHz avec gradation PWM de 2000:1 à 120Hz

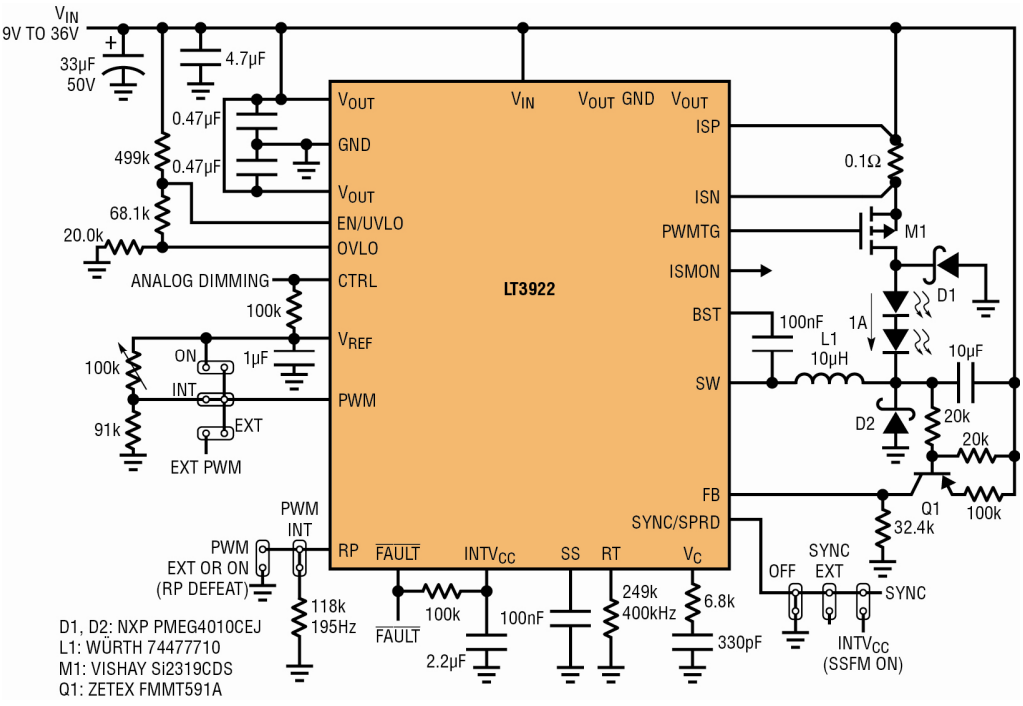


Figure 2. Pilote de LED à 400kHz en mode abaisseur avec contrôle de l'intensité lumineuse par gradation PWM de 1000:1 à 100Hz.

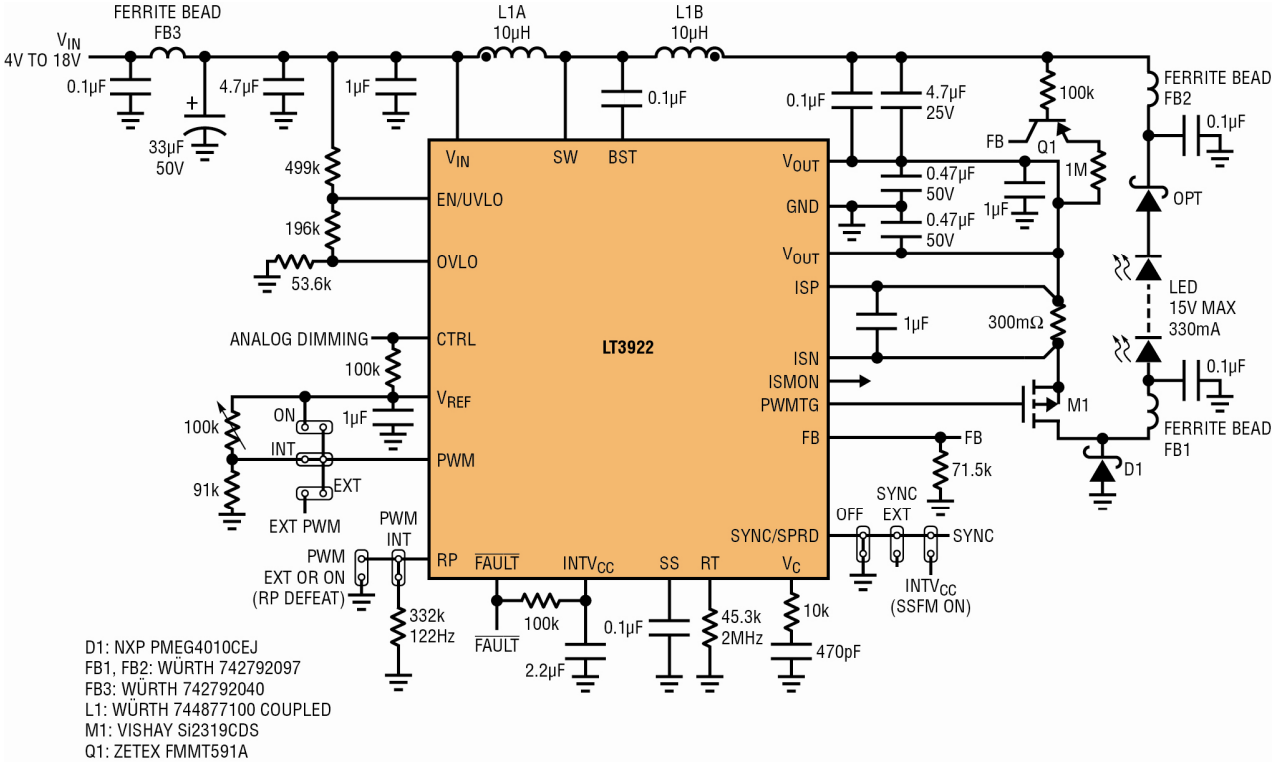


Figure 3. Pilote de LED élévateur-abaisseur à 2MHz avec faibles oscillations en entrée et en sortie. Cette solution satisfait les critères de la norme CISPR 25 classe 5.

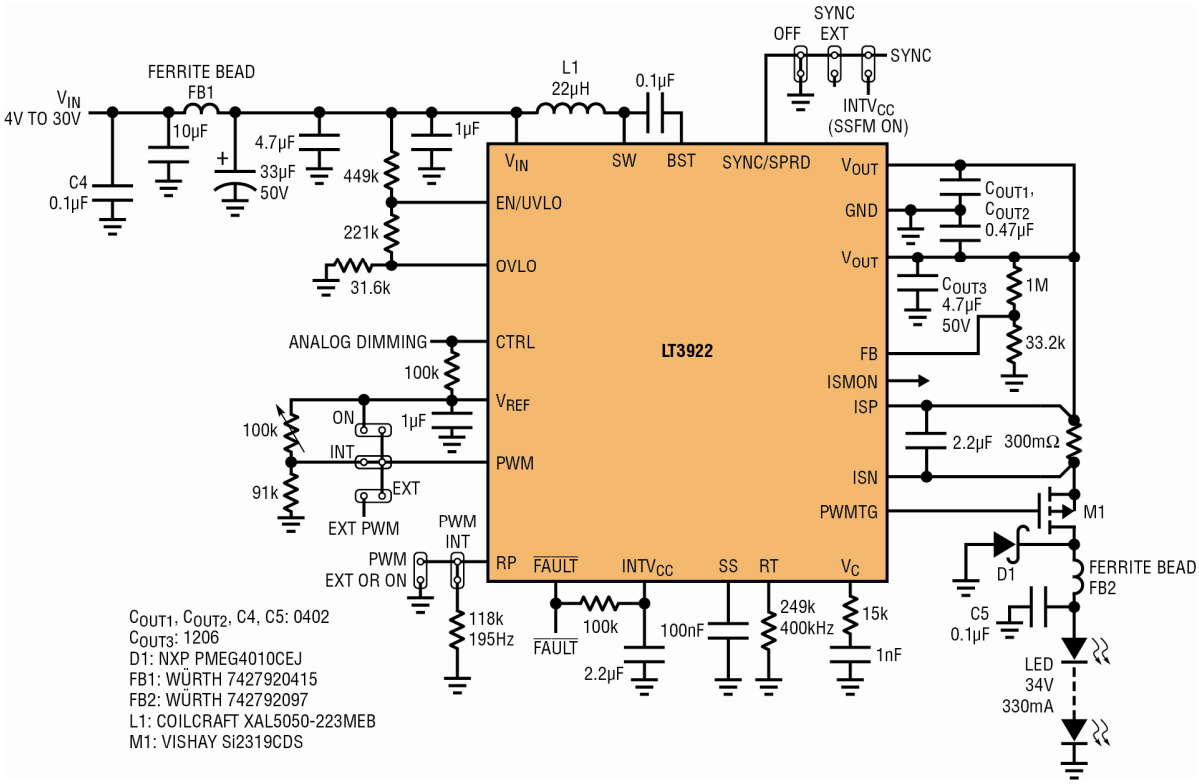
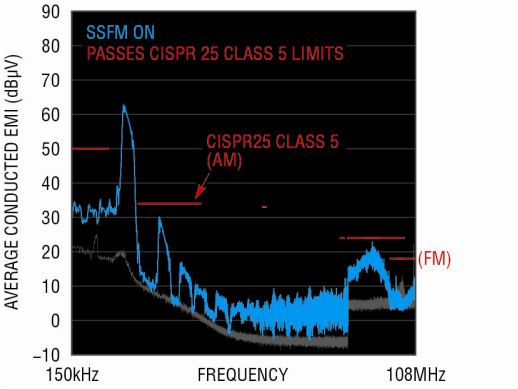
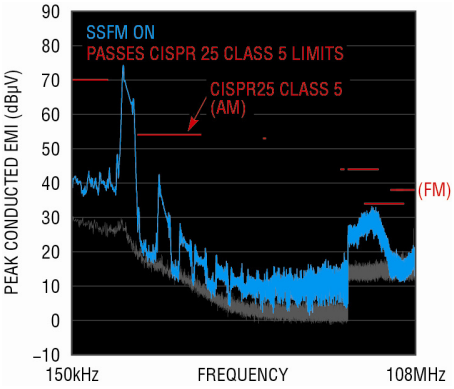
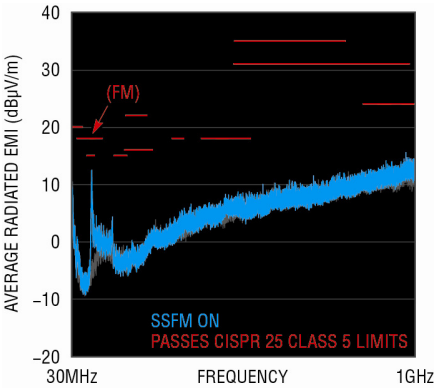


Figure 4. Pilote de LED élévateur pour l'automobile à 400kHz, avec filtres pour de faibles perturbations électromagnétiques et une option de gradation PWM générée en interne de 100%, 10% ou 1%. Les essais de perturbations électromagnétiques (figure 5) indiquent que cette solution satisfait les critères de la norme CISPR 25 classe 5.







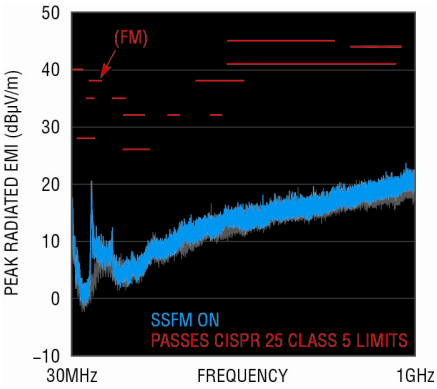


Figure 5. Profil des perturbations électromagnétiques du pilote de LED à 400kHz de la figure 4, qui satisfait les critères de la norme CISPR 25 classe 5 avec un minimum de filtres contre les perturbations électromagnétiques. Un filtre LC de grande taille peut être ajouté à l'entrée si une réduction supplémentaire des perturbations électromagnétiques est nécessaire pour répondre aux exigences en termes de perturbations électromagnétiques d'un fabricant en particulier.