

LED-Treiber auf Basis eines 60-V-Abwärts-/Aufwärts-  
wandlers mit interner PWM-Dimmung und Spread-Spec-  
trum-Technik erreicht bis zu 98 % Wirkungsgrad

Design Note 548

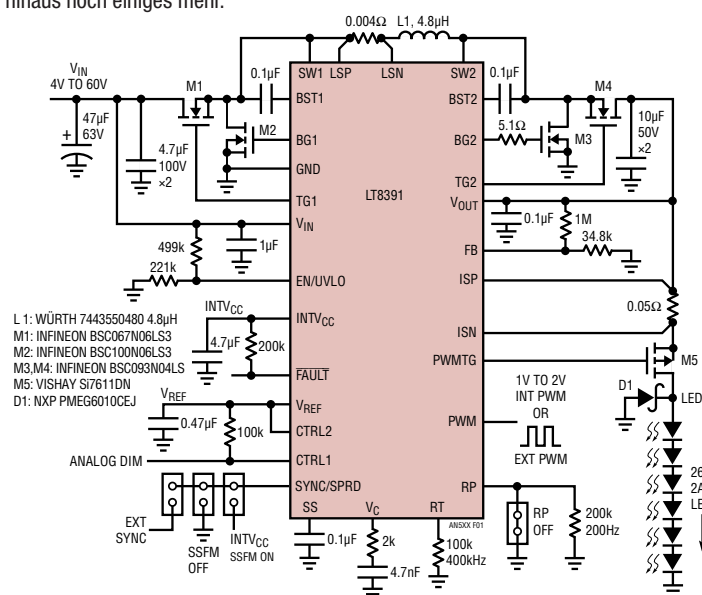
Keith Szolusha

## Einführung

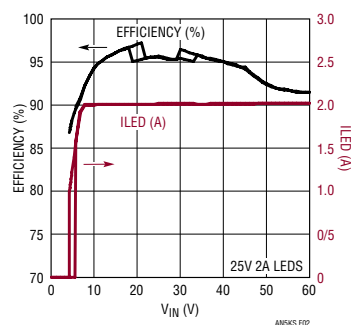
Synchrone Abwärts-/Aufwärtswandler (Buck/Boost Converter) mit vier Leistungsschaltern können sehr hohe Wirkungsgrade erreichen und können die eingangsseitige Gleichspannung sowohl in eine niedrigere als auch in eine höhere Gleichspannung am Ausgang umwandeln. Die Kombination aus Abwärts- und Aufwärtswandler in einer einzigen Schaltung hat den Vorteil, dass sich die Abmessungen und Kosten der Gesamtlösung verringern. Mit vier Schaltern bestückte Wandler kämen eigentlich mit nur zwei Schaltern aus, wenn nur die Abwärts- oder nur die Aufwärtswandlung benötigt wird. Sie müssen aber dennoch mit vier Schaltern arbeiten, wenn sich Eingangs- und Ausgangsspannung einander annähern, und um geordnet zwischen den verschiedenen Arbeitsbereichen zu wechseln. Wenn die Regelkreise für den Tiefsetz-Betrieb mit zwei Schaltern, den Hochsetz-Betrieb mit zwei Schaltern und den Betrieb mit vier Schaltern kombiniert werden sollen und außerdem praktisch störungsfreie Übergänge zwischen den unterschiedlichen Betriebsarten gewährleistet sein sollen, ergeben sich einige Herausforderungen. Die Abwärts-/Aufwärtswandler der nächsten Generation bestehen diese Herausforderungen jedoch und bieten darüber hinaus noch einiges mehr.

Der als LED-Treiber konzipierte 60 V Abwärts-/Aufwärtswandler **LT®8391** mit vier Schaltern ist so konzipiert, dass er Hochleistungs-LEDs mit bis zu 250 W ansteuern kann und störungsfrei zwischen dem Tiefsetz-Modus mit zwei Schaltern, dem Tief-/Hochsetz-Betrieb mit vier Schaltern und dem Hochsetz-Betrieb mit zwei Schaltern wechselt. Ein zum Patent angemeldetes, auf einem Strommesswiderstand basierendes Regelungskonzept für den Tief-/Hochsetz-Betrieb mit vier Schaltern erweist sich als eine ebenso einfache wie wirkungsvolle Methode, die dem IC mit einem einzigen Messwiderstand den Betrieb im Peak-Current-Modus in allen Arbeitsbereichen ermöglicht. Dieser Buck/Boost-LED-Treiber der neuen Generation unterstützt zusätzlich die Spread-Spectrum-Frequenzmodulation und eine intern generierte PWM-Dimmung, die beide außerdem problemlos zusammenarbeiten. So erlaubt der LT8391 eine flimmerfreie PWM-Dimmung mit internen und externen PWM-Signalen auch bei aktivierter Spread-Spectrum-Modulation (ebenfalls zum Patent angemeldet).

**LT**, LT, LTC, LTM, Linear Technology and the Linear logo are registered trademarks of Linear Technology Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners.



**Bild 1. Der synchrone Buck/Boost-LED-Treiber LT8391 für 4 V bis 60 V kann einen LED-String mit 50 W (25 V, 2 A) mit einem Wirkungsgrad von bis zu 98 % ansteuern.**



**Bild 2. a) Der Wirkungsgrad des 50 W LED-Treibers aus Bild 1 bewegt sich im gesamten Automotive-typischen Spannungsbereich von 9 V bis 16 V zwischen 95 % und 97 % und erreicht ein Maximum von 98 %. b) Die im LT8391 implementierte Begrenzung des maximalen Stroms in der Induktivität kann bei niedrigen Eingangsspannungen für Stabilität bei reduzierter Ausgangsleistung sorgen.**

## Buck/Boost-LED-Treiber mit 98 % Wirkungsgrad

Der in Bild 1 dargestellte Buck/Boost-LED-Treiber hoher Leistung treibt LEDs mit 25 V und 2 A aus einem weiten Bereich von Eingangsspannungen. Der Wirkungsgrad erreicht ein Maximum von 98 %. Im typischen Kfz-Bordnetzbereich von 9 V bis 16 V arbeitet der Wandler mit einer Effizienz zwischen 95 % und 97 %. Mit einer einzelnen Hochleistungs-Induktivität ist die Wärmeentwicklung auch bei 50 W gering, und bei 12 V Eingangsspannung erwärmt sich kein einziges Bauteil um mehr als 25 °C. Bei einer Eingangsspannung von 6 V beträgt die Erwärmung des heißesten Bauelements weniger als 50 °C bei Verwendung einer herkömmlichen vierlagigen Leiterplatte ohne Kühlkörper und bei ruhender Luft. Somit besteht Spielraum zur weiteren Anhebung der Ausgangsleistung des Wandlers, und es sind mehrere hundert Watt möglich.

Der LT8391 bleibt bei Eingangsspannungen bis 4 V herab funktionsfähig, wobei der Eingangsstrom sehr hohe Werte erreichen kann. Der LT8391 ist jedoch für sehr hohe Eingangsströme ausgelegt, und die eingebaute Begrenzung des maximalen Schalterstroms ermöglicht einen stabilen Betrieb bei niedrigen Eingangsspannungen mit reduzierter Ausgangsleistung. Dies gestattet dem Wandler den Betrieb auch während der beim Kaltstart von Automobilen oder durch andere Umstände begründeten Einbrüche der Eingangsspannung, ohne dass größere oder teurere Leistungsbauteile gewählt werden müssen.

Der LT8391 ermöglicht eine flimmerfreie Dimmung bis zu einem Verhältnis von 1000:1. Der high-seitige PWM-MOSFET (TG) dimmt einen massebezogenen LED-String und fungiert im Kurzschlussfall zusätzlich als Stromkreisunterbrecher.

### Intern generierte PWM-Dimmung

Der LT8391 unterstützt sowohl die herkömmliche externe PWM-Dimmung als auch die intern generierte PWM-Dimmung. Als eine Besonderheit des LT8391 ermöglicht letztere den Verzicht auf zusätzliche Bauelemente wie etwa Takt-Chips und Mikrocontroller für eine präzise PWM-basierte Einstellung der Helligkeit bei Dimmungsverhältnissen bis zu 128:1. Die intern generierte PWM-Frequenz des IC von beispielsweise 200 Hz wird durch einen einfachen Widerstand am RP-Pin festgelegt. Eine zwischen 1 V und 2 V liegende Spannung am PWM-Pin wiederum definiert

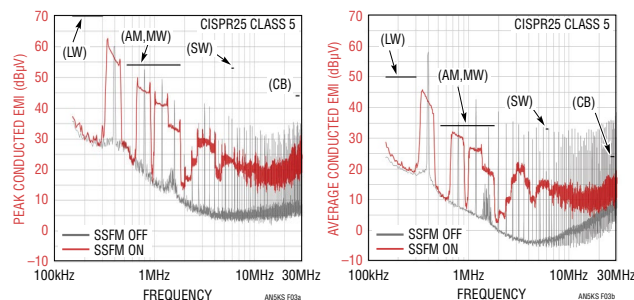
das PWM-Tastverhältnis. Das Tastverhältnis der internen Dimmung wird in 128 Schritten variiert, wobei eine Hysterese ein fortlaufendes Wechseln zwischen zwei benachbarten Stufen unterbindet. Die Genauigkeit der intern generierten PWM-Dimmung von  $\pm 1$  % gilt für sämtliche Betriebsbereiche.

### Weniger Störaussendungen (EMI) dank Spread-Spectrum-Frequenzmodulation (SSFM)

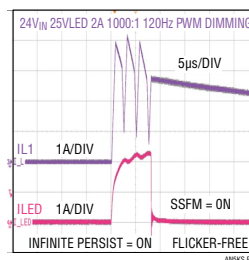
Mit der SSFM-Technik lassen sich die Störaussendungen geschalteter Regler eindämmen. Obwohl die Schaltfrequenz meist in einem Bereich außerhalb des AM-Bands (530 kHz bis 1,8 MHz) angesiedelt wird, können ungedämpfte, durch die Schaltvorgänge generierte Harmonische dennoch die strengen EMI-Vorschriften für das AM-Band verletzen. Mit der SSFM-Technik lassen sich die Störaussendungen sowohl im AM-Band als auch in anderen Frequenzbereichen deutlich verringern.

Bei aktivierter SSFM-Funktion sinken die Störaussendungen des 50-W-LED-Treibers LT8391 unter die Spitzen- und Durchschnittswerte, die laut CISPR25 (Klasse 5) im AM-Band zulässig sind. Die durchschnittlichen EMI-Werte der CISPR25, die an einigen Stellen um 20 dB $\mu$ V geringer als die Spitzenwerte sind, lassen sich mit Schaltreglern schwieriger einhalten. Aus diesem Grund senkt die neuartige SSFM-Technik des LT8391 die durchschnittlichen EMI-Werte stärker ab als die Spitzenwerte. Während die Durchschnittswerte um 18 dB $\mu$ V oder mehr reduziert werden, sind es bei den Spitzenwerten rund 5 dB $\mu$ V.

Bei einigen LED-Treibern arbeiten SSFM und PWM-Dimmung nicht korrekt zusammen, und es kommt zu einem Flimmern. Die SSFM-Technik, die die Schaltfrequenz ständig variiert, kann sich für die Außenwelt als Rauschen äußern. Sie senkt die EMI-Werte unter das Niveau, das ohne Spreading erreicht wird. Zusammen mit der PWM-Dimmung eingesetzt, ermöglicht sie einen flimmerfreien Betrieb. Der von Linear Technology zum Patent angemeldete Betrieb mit PWM-Dimmung und SSFM gestattet die gleichzeitige Verwendung beider Funktionen, ohne dass es zu einem Flimmern kommt – auch bei großen Dimmungsverhältnissen. Bei externer PWM-Dimmung mit 1000:1 sowie intern generierter PWM-Dimmung mit 128:1 liefert die SSFM-Technik einen flimmerfreien LED-Strom.



**Bild 3.** Die SSFM-Funktion des LT8391 senkt die maximalen und durchschnittlichen EMI-Werte unter die Grenzwerte gemäß CISPR25 (Klasse 5) ab. Die durchschnittlichen EMI-Werte werden sogar stärker reduziert als die Spitzenwerte.



**Bild 4.** Dieses mit unendlich langer Nachleuchtdauer aufgezeichnete Oszillogramm verdeutlicht die flimmerfreie Dimmung beim gemeinsamen Einsatz von PWM und SSFM

Data Sheet Download

[www.linear.com/LT8391](http://www.linear.com/LT8391)

Bei technischen Fragen,  
Telefon +49 89 96 24 55 0

Linear Technology Corporation  
1630 McCarthy Blvd., Milpitas, CA 95035-7417  
(408) 432-1900 • FAX: (408) 434-0507 • [www.linear.com](http://www.linear.com)

dn548 LT/AP 0614 111K • PRINTED IN THE USA

  
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2014