

- 03\_tt\_st\_lo... »» PEB-Steuerung erhöht die -  
Leistungsfähigkeit von LED-Treibern¶
- 03\_tt\_ut »» Pre-Emptive-Boost-Steuerung¶
- 03\_tt\_vr »» Die Automotive-/AEC-Q100-qualifizierte Serie 8060x von Allegro Micro Systems umfasst die neuesten LED-Hintergrundbeleuchtungstreiber, nutzt die Pre-Emptive-Boost-Steuerung und bietet deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Boost-Steuerungen für das PWM-Dimmen von LEDs.» | *Autor: Ben West*¶
- 02\_gt\_bd\_in »» Die PWM-Steuerung wird häufig zum Dimmen von LEDs verwendet, wobei der Durchschnittsstrom durch eine oder mehrere LED-Stränge geregelt wird - und zwar durch die Änderung des Tastgrades eines Steuerimpulses am Eingang des LED-Treibers.¶
- 02\_gt\_bd\_ep »» Die Vorteile der PEB-Steuerung gegenüber der herkömmlichen Hysterese-Steuerung sind:¶
- 02\_gt\_bd\_... »» Eine geringere Welligkeit der Ausgangsspannung ermöglicht kleinere Ausgangskondensatoren, was die Größe und Kosten des Systems verringert.¶
- 02\_gt\_bd\_... »» Die geringere Welligkeit der Ausgangsspannung eliminiert auch hörbare Geräusche in Keramik-Ausgangskondensatoren.¶
- 02\_gt\_bd\_... »» Größere PWM-Dimmverhältnisse (kleinere Pulsbreiten) bei gleichbleibender Steuerung¶
- 02\_gt\_bd\_zw »» **PWM-Steuerungsmethoden**¶
- 02\_gt\_bd\_e0 »» Die herkömmliche Boost-Steuerung funktioniert folgendermaßen: Ändert das PWM-Steuersignal den logischen Zustand, schaltet ein herkömmlicher Boost-Control-LED-Treiber seine Boost-Schaltung und LED-Stromsenken gleichzeitig ein oder aus. Nach einem positiven PWM-Signalübergang dauert es mehrere Schaltzyklen, bis der Induktivitätsstrom den stationären Wert erreicht hat. Während dieser Zeit wird der LED-Strom hauptsächlich aus dem Ausgangskondensator entnommen. Dies verringert die Ausgangsspannung und kann zu hörbaren Geräuschen des MLCC-Ausgangskondensators und einer erheblichen Ausgangsspannungswelligkeit führen.¶
- 02\_gt\_bd\_ep »» Darüber hinaus begrenzt dieser Ausgangsspannungsabfall wie kurz die Einschaltzeit des PWM-Signals sein kann, da der Ausgang eine ausreichende Zeit zur Wiederherstellung benötigt. Zu kurze Einschaltzeiten bieten dem Boost-Wandler nicht genügend Zeit, um die Energie im Ausgangskondensator wieder aufzufüllen, was zu einem Abfall der Ausgangsspannung und einem

Verlust der LED-Stromregelung führt. Dies schränkt das erreichbare PWM-Dimmverhältnis stark ein.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Eine Verbesserung der oben genannten herkömmlichen Boost-Steuerung besteht darin, die Boost-Schaltung für eine Zeitspanne nach dem Abschalten der LED-Stromsenke zu verlängern, was die Ausgangsspannung effektiv leicht über die normale Regelspannung anhebt. Eine Hysterese-Steuerung erhöht dabei die Uout-Regelspannung um einen bestimmten Betrag, sobald Uout einen bestimmten Wert unterschreitet. Diese Art der Steuerung (Boost-Extension-Steuerung) ermöglicht den Betrieb mit einem kürzeren PWM-Signal als bei einer herkömmlichen Boost-Steuerung, was zu einem größeren Dimmverhältnis, aber immer noch kleineren Verhältnis führt, als es mit der PEB-Steuerung möglich ist. Ähnlich wie bei der herkömmlichen Boost-Steuerung weist die Hysterese-Steuerung zu Beginn der Boost-Schaltung große Ausgangsspannungseinbrüche auf, die zu einer hohen Welligkeit der Ausgangsspannung und zu hörbaren Geräuschen führen können.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Die von Allegro Micro Systems patentierte PEB-Steuerung sorgt für eine erheblich geringere Ausgangsspannungswelligkeit. Sie ermöglicht auch den Betrieb mit einem zeitlich kürzeren PWM-Signal und damit PWM-Dimmverhältnisse von bis zu 15.000:1.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Die PEB-Steuerung verzögert den Start der LED-Stromsenken gegenüber dem Start der Boost-Schaltung. Damit steigt der durchschnittliche Induktivitätsstrom, bevor die Stromsenken einschalten und Strom anfordern. Das Ergebnis ist ein anfänglich leichter Anstieg der Ausgangsspannung – der vorverstärkte Induktivitätsstrom führt jedoch zu einem vernachlässigbaren Abfall der Ausgangsspannung, sobald die Stromsenken eingeschaltet werden.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Um eine genaue PWM-Steuerung aufrechtzuerhalten, wird auch nach dem Übergang des PWM-Steuersignals auf Low eine identische PEB-Verzögerung angewendet. Bei diesem Regelverfahren schalten sich sowohl die Boost-Schaltung als auch die Stromsenken gleichzeitig ab.¶

02\_gt\_bd\_zw

»» **Berechnung und Optimierung der Pre-Emptive-Boost-Verzögerung¶**

02\_gt\_bd\_e0

»» Es gibt mehrere Faktoren, die sich auf die optimale Pre-Emptive-Boost-Verzögerungszeit ( $t_{PEB}$ ) auswirken. Diese Faktoren umfassen, sind aber nicht beschränkt auf:  $U_{in}$ ,  $U_{out}$ , Schaltfrequenz, Induktivitätswert und LED-Strom. Die folgende

Gleichung dient zur Annäherung an den tPEB-Sollwert:¶

02\_gt\_bd\_e0

»»  ¶

02\_gt\_bd\_ep

»» ¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Wobei  $f_s$  die Schaltfrequenz und  $L$  die Induktivität der Boost-Induktivität ist.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Ideal ist es, tPEB so einzustellen, dass die LED-Stromsenken an dem Punkt einschalten, an dem der durchschnittliche Induktivitätsstrom erreicht wird. Durch einen Widerstand vom PEB-Pin des 8060x wird tPEB auf Masse gesetzt. Sobald tPEB angenähert ist, sollte die Kurve zwischen PEB-Verzögerung und PEB-Widerstandswert im Pre-Emptive-Boost-Abschnitt des entsprechenden Datenblattes (8060x) verwendet werden, um den Widerstandswert zu bestimmen.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Die Gleichung kann als Ausgangspunkt verwendet werden – ist aber eine Annäherung und berücksichtigt nicht alle Faktoren, die das Verhalten beeinflussen. Selbst eine nicht optimierte PEB-Verzögerung kann die Ausgangsspannungswelligkeit erheblich verbessern. Besser ist jedoch, diese Verzögerung durch eine Feinabstimmung im Labor zu optimieren. Das folgende Beispiel veranschaulicht die Ergebnisse dieser Optimierung.¶

02\_gt\_bd\_zw

»» **Beispielanwendung**¶

02\_gt\_bd\_e0

»» Die folgende Anwendung wird evaluiert und auf Ausgangsspannungswelligkeit optimiert. Der LED-Treiber verfügt über sechs Stränge zu je acht LEDs. Die Eingangsnennspannung  $U_{in}$  beträgt 13,5 V, die Ausgangsspannung  $U_{out}$  beträgt 26,5 V. Die sechs Stränge des Ausgangsstroms haben jeweils 100 mA bei aktiven Stromsenken. Die Boost-Induktivität beträgt 10  $\mu$ H, die Schaltfrequenz 2 MHz. Zum Einsatz kommt der LED-Treiber A80602 von Allegro Micro Systems.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Die Eingabe von  $U_{in}$ ,  $U_{out}$ , Boost-Induktivität und Schaltfrequenz in der Gleichung ergibt einen anfänglichen tPEB-Sollwert von 4,8  $\mu$ s. In Bezug auf Bild 4 führt ein Wert von 9,6 k $\Omega$  vom PEB-Pin des A80602 gegen Masse zu einer Verzögerung von etwa 4,8  $\mu$ s.¶

02\_gt\_bd\_zw

»» **Pre-Emptive-Boost-Verzögerung optimieren**¶

02\_gt\_bd\_e0

»» Nachdem die ungefähre PEB-Verzögerung berechnet wurde, ist der letzte Schritt der Aufbau und die Evaluierung im Labor. Hier lässt sich tPEB optimieren, um die Ausgangsspannungswelligkeit zu minimieren. Die Bilder 5 und 6 zeigen die nicht optimierte beziehungsweise optimierte PEB-Verzögerung. Während die längere, nicht optimierte

Verzögerung zu einer zufriedenstellenden Uout-Welligkeit führt, lässt sie sich durch Einstellen von tPEB weiter verringern, sodass die LED-Stromsenke einschaltet, sobald der durchschnittliche Induktivitätsstrom erreicht ist. In diesem Beispiel verringerte die Optimierung das Uout-Überschwingen von 260 auf 150 mV.¶

02\_gt\_bd\_zw

»» **Kleinerer Ausgangskondensator**¶

02\_gt\_bd\_e0

»» Die PEB-Steuerung führt zu einer wesentlich geringeren Welligkeit der Ausgangsspannung als die herkömmliche oder Hysterese-Boost-Steuerung. Dadurch ist eine deutlich kleinere Ausgangskapazität erforderlich, was Größe und Kosten der Lösung reduziert. Bild 7 zeigt einen Vergleich zwischen einem LED-Treiber mit Hysterese-Boost-Steuerung und einem mit PEB-Steuerung. Drei verschiedene Uout-Kennlinien sind dargestellt. Die oberste Kurve ist Uout des LED-Treibers mit Hysterese-Boost. Die nächste Kurve zeigt Uout des Treibers mit PEB-Steuerung mit der gleichen Ausgangskapazität wie bei der Hysterese-Boost-Steuerung. Die dritte Kennlinie ist Uout der gleichen PEB-Steuerung – jedoch mit nur 25 Prozent der Ausgangskapazität. Trotz dieser erheblich geringeren Ausgangskapazität weist der Wandler mit einer PEB-Steuerung eine geringere Ausgangsspannungswelligkeit auf als der Wandler mit einer Hysterese-Boost-Steuerung.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Beim Übergang auf einen hohen PWM-Pegel tritt mit einer PEB-Steuerung an Uout kein erhebliches Überschwingen auf. Ist der PWM-Pegel jedoch niedrig, regelt der Wandler nicht und Uout fällt ab. Dieses Absinken hängt von der Ausgangskapazität, der PWM-Frequenz und dem PWM-Tastgrad ab. Bei einer bestimmten PWM-Frequenz und einem bestimmten Tastgrad verringert eine größere Ausgangskapazität den Uout-Abfall und damit die gesamte Uout-Welligkeit. Die Auswirkungen der geringeren Ausgangskapazität zeigen sich beim Vergleich der beiden Kennlinien mit niedrigerem Uout in Bild 7.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Hörbare Geräusche, die von Keramik-Ausgangskondensatoren erzeugt werden, sind bei Anwendungen mit hoher Uout-Welligkeit üblich. Mit zunehmender Größe des Kondensatorgehäuses neigt dieses Geräusch dazu lauter zu werden. Eine Verringerung der erforderlichen Ausgangskapazität ermöglicht den Einsatz kleinerer Kondensatoren, was den Geräuschpegel senkt. Eine große Uout-Welligkeit kann, wie anhand der Hysterese-Boost-Kennlinie in Bild 7 aufgezeigt, in einigen

Anwendungen zu hörbaren Geräuschen führen. Die reduzierte Uout-Welligkeit, die sich aus der PEB-Steuerung ergibt, löst dieses Problem.¶

02\_gt\_bd\_zw

»» **Weitere Leistungsmerkmale**¶

02\_gt\_bd\_e0

»» Die 8060x-Familie ist eine vielseitige, funktionsreiche Serie von LED-Treibern, die sich sehr gut für Automotive-Anwendungen wie Infotainment-Hintergrundbeleuchtung, Head-up-Displays und Innen-/Außenbeleuchtung eignen. Die Treiber sind nach AEC-Q100 qualifiziert, bieten umfangreiche Fehlerschutzfunktionen und verfügen über einen weiten Eingangsspannungsbereich, um die Anforderungen an Load Dump, Stopp/Start und Kaltstart zu erfüllen.¶

02\_gt\_bd\_ep

»» ALT80600 und A80603 kombinieren einen Schaltwandler mit einem integrierten Boost-MOSFET, während A80601 und A80602 einen externen Boost-MOSFET für eine höhere Ausgangsleistung ansteuern. ALT80600, A80601 und A80603 verfügen über vier LED-Stromsenken, während A80602 sechs Stromsenken aufweist. Einige oder alle dieser Stromsenken lassen sich für Anwendungen mit höherem Strom parallel schalten. Jeder dieser Treiber lässt sich in einem Boost- oder Sepic-Aufbau (Single-Ended Primary-Inductor Converter) einsetzen, um eine Vielzahl von Anwendungen zu bedienen. ¶

02\_gt\_bd\_ep

»» Die Schaltwandler sind für niedrige EMI ausgelegt und bieten Funktionen wie programmierbare Schaltfrequenz, geregelte Schaltanstiegsrate und einstellbares Dithering. Die PEB-Steuerung der 8060x-Treiber ermöglicht ein PWM-Dimmverhältnis von bis zu 15.000:1. Wenn weiter gedimmt werden soll, lässt sich die analoge Dimmfunktion des 8060x nutzen, um das maximale Dimmverhältnis auf 150.000:1 zu erhöhen. (neu)»| ■#

▼ Textabschnitt 2 [Wird bearbeitet]

04\_k1\_dc

»» **Autor**¶

04\_k1\_bd\_ft

»» **Ben West**¶

04\_k1\_bd\_e0

»» Principal Systems Engineer, -

[cindex](#) Allegro Micro Systems [/cindex](#) #

▼ Textabschnitt 3 [Wird bearbeitet]

02\_gt\_bd\_...

»» infoDIREKT »| 600ei1019¶

02\_gt\_bd\_...

Texteinpassung

»» #

▼ Textabschnitt 4 [Wird bearbeitet]

04\_k1\_dc

»» **Eck-DATEN**¶

04\_k1\_bd\_e0

»» Jüngste Fortschritte im Bereich der pulsbreitenmodulierten (PWM)-Dimmsteuerung von LED-Treibern haben das maximal erreichbare Dimmverhältnis drastisch erhöht, die Welligkeit der Ausgangsspannung reduziert und hörbare Störgeräusche beseitigt. Dieser Beitrag beschreibt eine neue Familie von LED-Treibern, die einen patentierten PEB-Regelalgorithmus (Pre-Emptive Boost) verwenden, um die Ausgangsspannungswelligkeit bei einer PWM-Steuerung für LED-Dimmen im Vergleich zu einer herkömmlichen LED-Ansteuerung zu verringern. #

▼ Textabschnitt 5 [Wird bearbeitet]

02\_gt\_bd\_zt

»» *Geringere Welligkeit der Ausgangsspannung ermöglicht den Einsatz von kleineren Kondensatoren.* #

▼ Textabschnitt 6 [Wird bearbeitet]

02\_gt\_bd\_zt

»» *PEB-Steuerung führt zu einer geringen Welligkeit der Ausgangsspannung.* #

▼ Textabschnitt 7 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» LED-Treiber der Serie 8060x¶

07\_ta\_bd\_ft

»» #

▼ Textabschnitt 8 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» Bild 1: Herkömmliches PWM-Dimmen – Boost-Schaltung und LED-Stromsenke werden gleichzeitig aktiviert und deaktiviert. Es dauert mehrere Schaltzyklen bis der Induktivitätsstrom den stationären Wert erreicht hat.¶

01\_gt\_bu\_st

Texteinpassung

»» ¶

01\_gt\_bu\_qu

»» #

▼ Textabschnitt 9 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» Bild 2: PWM-Dimmbetrieb mit Hysterese-Steuerung – Boost-Schaltung und die LED-Stromsenken werden gleichzeitig aktiviert; die Boost-Schaltung bleibt aber für eine Weile aktiviert, um Uout aufzubereiten.¶

07\_ta\_bd\_ft

Texteinpassung

»» #

▼ Textabschnitt 10 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» Bild 3: PWM-Dimmbetrieb mit Pre-Emptive-Boost-Steuerung – Die LED-Stromsenken bleiben ausgeschaltet, bis der Induktivitätsstrom ausreicht, um ein Absinken der Ausgangsspannung zu verhindern. #

▼ Textabschnitt 11 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» Bild 4: PEB-Verzögerung des A80602 – Widerstand versus Verzögerung. Ein Wert von 9,6 k $\Omega$  vom PEB-Pin des A80602 gegen Masse führt zu einer Verzögerung von etwa 4,8  $\mu$ s.¶

01\_gt\_bu\_st

»» #

▼ Textabschnitt 12 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» Bild 5: Nicht optimierte PEB-Verzögerung - Verzögerung = 4,8  $\mu$ s, Uout-Schwankung = 260 mV.#

▼ Textabschnitt 13 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» Bild 6: Optimierte PEB-Verzögerung - Verzögerung = 2,8  $\mu$ s, Uout-Schwankung = 150 mV.#

▼ Textabschnitt 14 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_st

»» Bild 7: Ausgangsspannungswelligkeit - Hysterese-Steuerung versus PEB-Steuerung.#

▼ Textabschnitt 15 [Wird bearbeitet]

01\_gt\_bu\_qu

»» Bilder: Allegro Micro Systems#