



# Lichtreflexe

## Applikationsspezifische Leuchtdiodenansteuerungen entwerfen

Kein Zweifel, in Sachen Licht sind Leuchtdioden auf dem Vormarsch. Zeit also für Lichtarchitekten und Beleuchtungsmanager sich mit den unterschiedlichen Ansätzen zur Lichtsteuerung auseinanderzusetzen. Der Artikel vermittelt dem Manager eine Architekturübersicht und vermittelt dem Entwickler den Einstieg zur Lösung typischer Ansteuerungsprobleme.

**Sinkende Herstellungskosten ermöglichen** Leuchtdioden, in unterschiedlichsten Anwendungen einzudringen, etwa bei tragbaren Elektronikgeräten, in der Fahrzeugtechnik und bei der Gebäudebeleuchtung. Ihre Lebenserwartung von mehr als 50.000 Betriebsstunden, der Wirkungsgrad von über 120 Lumen pro Watt sowie ihre Ansprechreaktion von durchschnittlich fünf Nanosekunden machen sie zu äußerst attraktiven Beleuchtungsquellen. Die exakte Einstellung einer bestimmten Helligkeit erfordert jedoch einen konstanten Stromfluss, der unabhängig von der Eingangsspannung aufrecht erhalten werden muss und hier liegt der Hase im Pfeffer: Leuchtdioden zeigen ähnliche Strom/Spannungscharakteristika wie Dioden, wobei unterhalb des Einschaltswellwerts von ungefähr 3,5 Volt für eine weiße Leuchtdiode ein sehr niedriger Strom fließt. Oberhalb des Schwellwerts steigt der Strom jedoch exponentiell an. Eine Leuchtdiode ließe sich natürlich mit einem vorgeschalteten Reihenwiderstand an eine Spannungsquelle legen - allerdings unter dem Vorbehalt, dass diese Beschaltung nur für eine einzige Durchlassspannung gültig wäre. Doch Leuchtdioden erwärmen sich bei steigenden Durchlassströmen und dies führt zu einer Veränderung der Durchlassspannung und der dynamischen Impedanz. Bei der Bestimmung der Impedanz ist daher die thermische Umgebung zu berücksichtigen.

### Die technische Basis analysiert

Die Verlustleistung in einer Leuchtdiode bestimmt sich aus ihrem Widerstand, multipliziert mit dem Quadrat des Effektivstroms, wobei sich der Widerstand aus dem Produkt aus der durchschnittlichen Stromstärke und der Durchlassspannung errechnet. In Sachen Lebenserwartung geht die Fachwelt von einer Verdoppelung aus, wenn sich die von der Verlustleistung abhängige Sperrschichttemperatur einer Leuchtdiode um 10°Celsius mindert. So wird denn auch empfohlen, mit einer Lichtausbeute von höchstens 70 Prozent des Maimalwerts zu arbeiten. Dadurch ermäßigt sich der Schätzwert der Sperrschichttemperatur von über 74 auf unter 63°Celsius, was einem Lebenserwartungsanstieg von 15.000 auf 40.000 Stunden entspricht. Zur Strombegrenzung ließe sich ein einfacher Widerstand oder ein Analogregler heranziehen, doch beide Alternativen vergeuden in der Regel zu viel Energie. Wenn eine Leuchtdiode jedoch über einen Schaltregler angesteuert wird, dann führt der Strom abhängig von der Filteranordnung einen Riffelstromanteil, der den Effektivwert des Stroms und damit die Ver-

Bild: Fotolia, Visual7

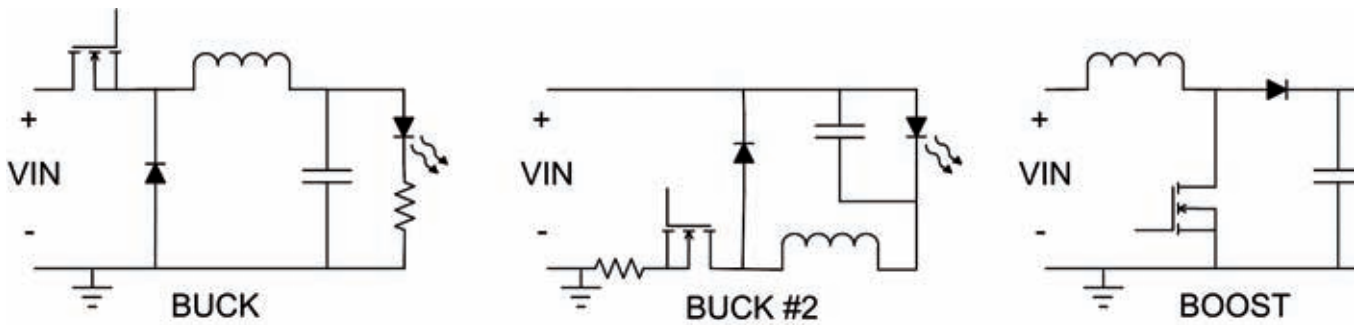


Bild 1: Einfache Buck- und Boost-Schaltungen zur Stromversorgung von Leuchtdioden -bei Buck ist die Eingangsspannung höher, bei Boost niedriger als die Ausgangsspannung.

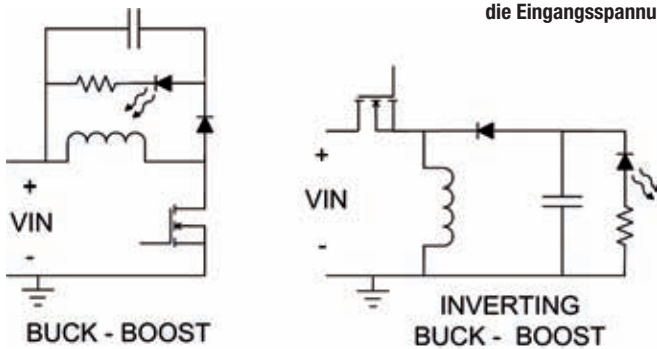


Bild 2: Buck-Boost-Schaltungen ermöglichen Eingangsspannungen, die größer oder kleiner als die Ausgangsspannung sein dürfen.

Schal- tungsart	$V_{in}$ immer > $V_{out}$	$V_{in}$ immer < $V_{out}$	$V_{in}$ < $V_{out}$ und $V_{in}$ > $V_{out}$	Galvanisch getrennt
Buck	■			
Boost		■		
Buck-Boost			■	
Buck oder Boost			■	
SEPIC		■	■	
Flyback	■	■	■	■

Tabelle 1: Die fünf mögliche Grundschaltungsarchitekturen für eine Leuchtdioden-Stromversorgung.

lustleistung sowie die Sperrschichttemperatur der Leuchtdiode geringfügig erhöht. Die Praxis bevorzugt dennoch niedrige Stromriffer, zumal die Herstellerempfehlungen hinsichtlich des Leuchtdioden-Spitzenstroms zu berücksichtigen sind.

Tabelle 1 gibt Auswahlkriterien für die optimale Schaltungsarchitektur zur Leuchtdiodenansteuerung. Die relevanten Planungsparameter heißen Eingangsspannungsbereich, Zahl der anzusteuern Leuchtdioden sowie Leuchtdiodenstrom, Isolation, elektromagnetische Einflüsse und die gewünschte Effizienz. Die meisten Ansteuerungen fallen unter die schaltungstechnischen Kategorien; Buck, Boost, Buck-Boost, SEPIC und Flyback.

Bild 1 zeigt drei Grundschaltungen: Die erste Grundschaltung veranschaulicht einen Abwärtsregler für Fälle, in denen die Ausgangsspannung immer kleiner als die Eingangsspannung bleibt. Der Regler steuert die Stromspeisung durch Verändern des Einschaltzeitpunkt des Mosfets. Die Strommessung wird durch eine Spannungsmessung über einen Widerstand erreicht, der in Reihe zu der oder mehreren Leuchtdioden liegt. Der Clou liegt bei der Mosfet-Ansteuerung: Aufgrund von Kosten- und Performanceüberlegungen wird ein n-Kanal-Fet empfohlen, der eine Floating-Gate-Ansteuerung benötigt. Dies erfordert entweder einen Transformator oder einen Floating-Drive-Schaltkreis, der einer höheren Spannung standhält, als in die Schaltung eingespeist wird.

In der Alternative Buck#2 wird der Mosfet mit einem Massebezug gesteuert, was die Anforderungen an den Steuerschaltkreis erheblich mindert: Dieser kann den Leuchtdiodenstrom direkt am Mosfet oder optional an einem in Reihe zur Leuchtdiode liegenden Widerstand messen. Die Option benötigt eine Schaltung zur Pegelverschiebung für den Massebezug der Messung und erschwert den Schaltungsentwurf. Der Boost-Typus kommt dagegen zum Tragen, wenn die Ausgangsspannung immer größer als die Eingangsspannung bleibt. Der Mosfet wird mit Massebezug angesteuert und der Strommesswiderstand liegt ebenfalls an Masse. Ein Nachteil macht sich bei einem Kurzschluss bemerkbar, da der Strom durch die Induktivität gegebenenfalls nicht begrenzt wird und so gegebenen-

falls eine zusätzliche Schmelzsicherung, ein Sicherungsautomat oder eine komplexe Schutzschaltung fällig wird.

Bild 2 zeigt zwei Buck-Boost-Schaltungen, die sowohl den Abwärts, als auch den Aufwärtsbetrieb abdecken. Bei der Anordnung des Strommesswiderstands sowie Gate-Ansteuerung des Mosfets gelten die gleichen Kompromisse, wie bei den Buck-Topologien. Die Buck-Boost Schaltung zeigt eine Gate-Ansteuerung mit Erdbezug. Diese benötigt ein pegelverschobenes Strommesssignal, während die invertierende Buck-Boost-Schaltung eine erdbezogene Strommessung sowie eine pegelverschobene Gate-Ansteuerung braucht. Wird hier jedoch die Steuerung zum negativen Ausgang referenziert, lassen sich Strommesswiderstand und die Leuchtdiode austauschen. Dadurch können der Ausgangsstrom direkt gemessen und der Mosfet direkt angesteuert werden.

Ein Nachteil von Buck-Boost-Schaltungen steckt in den vergleichsweise hohen Strömen. Bei gleicher Ein- und Ausgangsspannung sind die Ströme über Induktivität und Leistungsschalter mehr als doppelt so hoch wie der Ausgangsstrom, was sich auf Effizienz und Verlustleistung in der falschen Richtung auswirkt. Dieser Effekt lässt sich jedoch durch die in Bild 3 gezeigte Buck-oder-Boost-Topologie abschwächen. Diese Schaltungsart erzeugt eine Buck-Ebene mit nachgeschaltetem Boost. Wenn die Eingangsspannung höher als die Ausgangsspannung ist, reguliert die Buck-Stufe die Spannung, während die Boost-Stufe keinen Einfluss →

## Auf einen Blick

### Mit Halbleiterlicht professionell umgehen

Der Beitrag zeigt dem Lichtarchitekten die Grundarchitekturen für Halbleiterlicht. Diskutiert werden deren Vor- und Nachteile in Abhängigkeit von äußeren Gegebenheiten wie Aus- und Eingangsspannung, galvanischer Trennung oder Dimmen. Letzlich gefragt ist die richtige Balance zwischen Effizienz, Kosten und Zuverlässigkeit. (hm)

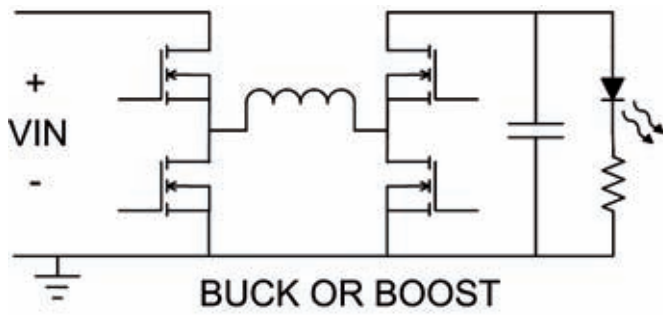


Bild 3: Sowohl Buck-oder-Boost- als auch SEPIC-Architekturen ermöglichen einen höheren Wirkungsgrad als die Buck-Boost Schaltungen aus Bild 2.

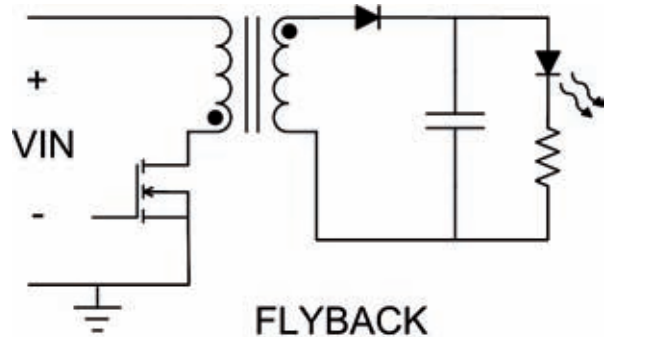
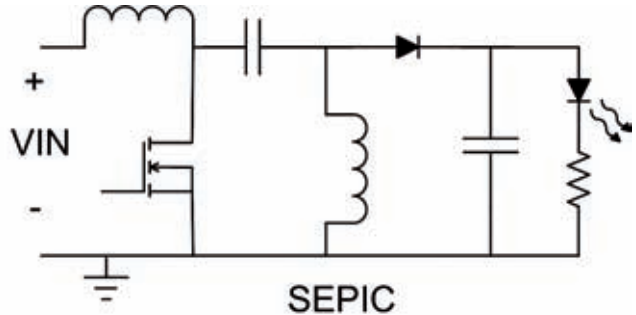


Bild 4: Die Flyback-Architektur bietet eine galvanische Trennung des Aus- vom Eingang und ermöglicht gleichzeitig eine Leistungsfaktorkorrektur.

Schaltungsart	Typische Anwendungen
Buck	Fahrzeugtechnik, Leitsysteme, Projektoren, Architektur
Boost	Fahrzeugtechnik, LCD Rückbeleuchtung, Taschenlampen (Blinklicht)
Buck-Boost, Buck oder Boost, SEPIC	Medizin, Fahrzeugfrontscheinwerfer; Taschenlampen (Blinklicht), Warnleuchten, Leitsysteme
Flyback	Gebäudebeleuchtungen

Tabelle 2: Unterschiedliche Leuchtdiodenanwendungen erfordern zur Stromversorgung unterschiedliche Schaltungsarchitekturen.

auf die Leistung hat. Ist die Eingangsspannung kleiner als die Ausgangsspannung, dann reguliert die Boost-Stufe und die Buck-Stufe verliert ihren Einfluss. Bei fast gleichen Eingangs- und Ausgangsspannungen hat diese Schaltungsart den Vorteil, dass die Schalt- und Induktivitätsströme den Ausgangsströmen annähernd gleich sind. Der Ripplestrom in der Induktivität ist ebenfalls niedriger als bei anderen Schaltungen und trotz der vier Leistungsschalter wird eine wesentlich höhere Effizienz erzielt. Die ebenfalls abgebildete SEPIC-Schaltung benötigt weniger Mosfets, dafür allerdings mehr passive Bauteile. Bei SEPIC entsteht eine einfache Fet-Steuerung mit Erdungsbezug, zudem lassen sich beide Induktivitäten zusammenfassen, was platz- und kostensparend wirkt. Wie bei Buck-Boost entstehen allerdings höhere Schaltströme als bei Buck-oder-Boost sowie pulsierende Ausgangsströme, die hohe Effektivwertströme verkraftende Kondensatoren erfordern.

Eine Isolation von Eingangs- und Ausgangsspannung kann auf Grund von Sicherheitsüberlegungen erforderlich sein. Für diesen Anwendungsfall ist der in Bild 4 gezeigte ein Flyback-Wandler die effektivste Lösung, denn er benötigt im Vergleich zu anderen isolierten Schaltungen die wenigsten Komponenten. Das Windungszahlverhältnis des Transformators lässt sich im Sinne der Design-Flexibilität so dimensionieren, dass für die Ausgangsspannung ein Buck, Boost, oder Buck-Boost-Verhalten entsteht. Ein Nachteil ist, dass es sich beim Transformator normalerweise um eine kundenseitige Komponente handelt, zudem treten im Fet sowie in den Eingangs- und Ausgangskondensatoren hohe Komponentenbelastungen auf. Bei Konstantlichtanwendungen kann der Leistungsfaktor mittels eines Regelkreises mit langsamer Rückkopplung korrigiert werden und den Leuchtdiodenstrom phasengleich zur Eingangsspannung regeln - was in Sachen Leistungsfaktor Maßstäbe setzt.

In vielen Anwendungen müssen sich Leuchtdioden dimmen lassen: Dies kann durch Verändern oder eine Pulsweitenmodulation des Leuchtdiodenstroms erfolgen. Nicht sehr effektiv ist die Stromreduzierung, da sich die Lichtausbeute nicht linear zum Stromfluss verhält. Hinzu kommt, dass sich das Farbspektrum bei niedrigen

Strömen verändert: Das menschliche Wahrnehmungsvermögen für Helligkeitsveränderungen verhält sich exponentiell, demnach erfordert das Dimmen große prozentuale Stromveränderungen, wobei ein Regelungsfehler von drei Prozent bei vollem Strom und zehnprozentiger Last infolge von Schaltungstoleranzen zu einem Fehler von 30 Prozent führen kann. Die Pulsweitenmodulation dimmt wesentlich genauer, obwohl die Ansprechgeschwindigkeit problematisch sein kann. Bei Beleuchtungen und Anzeigen wird ein Modulationswert über 100 Hertz benötigt. In diesen Bereichen nimmt das menschliche Auge Flackereffekte nicht mehr wahr. Ein zehnprozentiger Modulationspuls arbeitet jedoch im Millisekundenbereich und erfordert eine Bandbreite über zehn Kilohertz.

**Schlussfolgerungen leicht gemacht**

Leuchtdioden kommen immer öfter in den unterschiedlichsten Anwendungen zum Einsatz. Um diese Anwendungen zu unterstützen, werden eine Vielzahl unterschiedliche Stromversorgungsschaltungen erforderlich sein. Ausschlaggebend für die richtige Wahl werden hier die Eingangsspannung, die Ausgangsspannung und die Forderung nach galvanischer Trennung sein. Wenn die Eingangsspannung immer höher oder niedriger als die Ausgangsspannung ist, wird die Entscheidung höchstwahrscheinlich auf Buck oder Boost fallen. Fällt dieses Verhältnis jedoch nicht so klar aus, wird die Auswahl etwas schwieriger und es muss eine Balance zwischen Effizienz, Kosten und Zuverlässigkeit gefunden werden. So wurden in Tabelle 2 den Grundarchitekturen jeweils Anwendungsbereiche zugeordnet. (John Betten ist leitender Applikationsingenieur, Robert Kollman ist Senior Applications Manager bei Texas Instruments in Freising)

- i** infoDIREKT [www.elektronikjournal.de](http://www.elektronikjournal.de) 020ej10608  
Link zu Texas Instruments
- ✓** VORTEIL Die schnelle Wahl der richtigen Schaltungsarchitektur erspart dem Leuchtdioden-Stromversorger Experimente.