

Design Note

Hocheffizienter, synchroner SEPIC für Automotive- und Industrie-Anwendungen

Victor Khasiev

Einführung

Der LT[®]8711 [1] ist ein Gleichspannungswandler, der für synchrone Buck-, Boost-, SEPIC- und ZETA- ('inverse sepic') Topologien sowie für nicht-synchrone Buck-Boost-Applikationen geeignet ist. Es gibt von Analog Devices eine große Zahl synchroner Buck- und Boost-Wandler und -Regler, aber die synchrone SEPIC-Topologie ist relativ selten. Ungeachtet dessen ist der SEPIC (Single-Ended Primary-Inductor Converter) nützlich, denn er unterstützt eine stabile Ausgangsspannung, auch wenn die Eingangsspannung weit unter die Ausgangsspannung fällt oder bis weit über sie hinaus ansteigt. Diese Eigenschaft kann in der Automobilelektronik besonders bei Kaltstarts oder Lastabwürfen unerlässlich sein und sich auch in der Industrieelektronik als nützlich erweisen, wenn die Stromversorgung in Fabriken über lange Leitungen erfolgt oder es zu Spannungseinbrüchen kommt. Öl- und Gasgeräte können an Zuverlässigkeit gewinnen, wenn SEPIC-Wandler zur Versorgung kritischer Verbraucher aus mehreren, verschiedenartigen Spannungsquellen eingesetzt werden. Sollte eine Quelle ausfallen, kann der SEPIC den Verbraucher aus einer anderen Quelle speisen, auch wenn diese eine andere Spannung aufweist.

Aufbau und Funktionsweise der Schaltung

In Bild 1 ist das Schaltbild eines synchronen SEPIC auf Basis des LT8711 zu sehen, der eine Leistungsstufe aus folgenden Komponenten ansteuert:

- Zwei nicht gekoppelte Induktivitäten L1 und L2
- Modulierender N-Kanal-MOSFET (MN1), angesteuert vom Pin BG

- Zwei synchrone P-Kanal-MOSFETs (MP1 und MP2), angesteuert vom Pin TG
- Entkopplungs-Kondensatoren (C1, C2 und C3)
- Eingangs- und Ausgangsfilter

In Bild 2 ist der Wirkungsgrad des Wandlers bei 14 V Eingangsspannung dargestellt. Die synchrone Topologie sorgt für einen hohen Wirkungsgrad von maximal 93,4 %. Aus den Bildern 3 und 4 ist die stabile Regelung des Ausgangs zu entnehmen, wenn die Eingangsspannung unter die Ausgangsspannung abfällt bzw. über sie hinaus ansteigt.

Die standardmäßige Demo-Schaltung DC2493A wurde modifiziert, um den Ausgangsstrom von 4 A auf 6 A anzuheben. Die MOSFETs MN1 und MP1 sowie die Induktivität L2 wurden durch die in Bild 1 gezeigten Bauelemente ersetzt.

Zur Evaluierung dieses Designs diente eine abgeänderte Demo-Schaltung DC2493A [2], deren Wärmebild in Bild 5 zu sehen ist. Das LTspice®-Modell einer ähnlichen Lösung ist unter [3] zu finden. Eine detaillierte Empfehlung für die Auswahl der Bauelemente für die SEPIC-Leistungsstufe ist außerdem im Datenblatt zum LT8711 enthalten. Es folgen die grundlegenden Formeln für die maximalen Spannungen und Ströme, die hilfreich für das Verstehen der Funktionsweise dieser Topologie sind.

$$I_{L1} = I_{IN} + \Delta I_{L1}$$

$$I_{L2} = I_{OUT} + \Delta I_{L2}$$

$$V_{BG} = V_{TG} = V_{IN} + V_{OUT}$$

$$I_{TG} = I_{BG} = I_{IN} + I_{OUT} + \Delta I/2$$

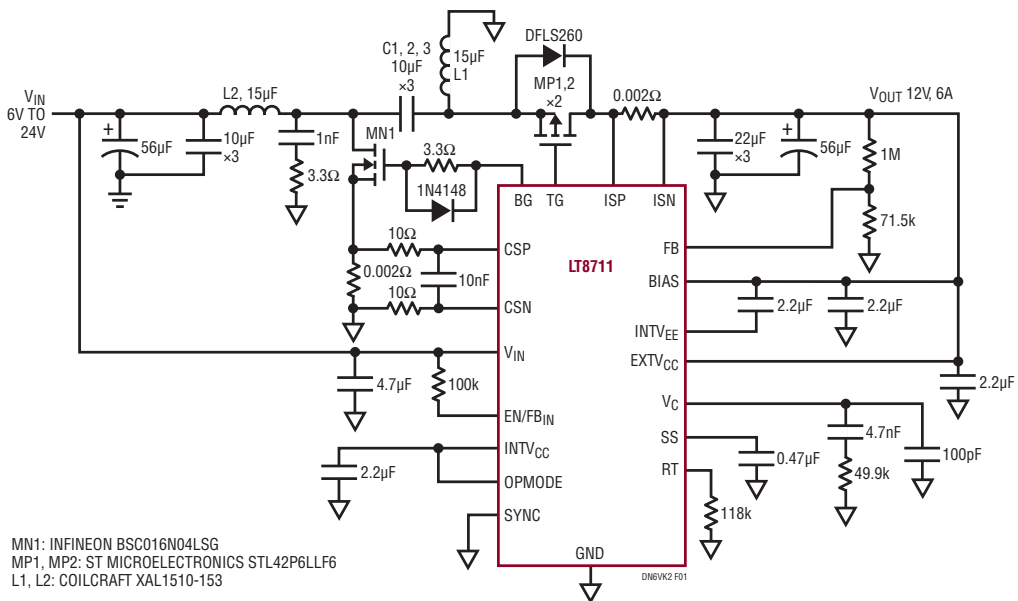


Bild 1: Beschriftung des LT8711 für SEPIC- und Buck-Anwendungen

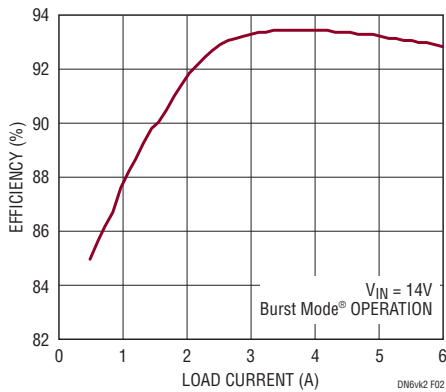


Bild 2: Wirkungsgrad des LT8711 in SEPIC-Konfiguration

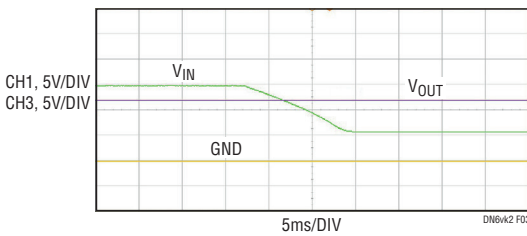


Bild 3: Nachbildung eines Kaltstarts. Obwohl V_{IN} von 15 V auf 6 V fällt, bleibt V_{OUT} stabil auf 12 V.

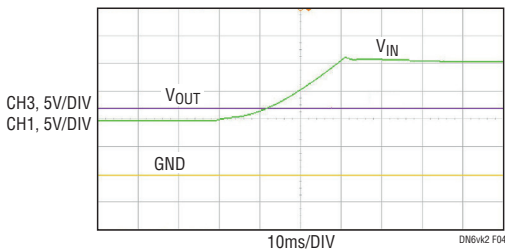


Bild 4: Nachbildung eines Lastabwurfs. V_{IN} steigt hier von 10 V auf 20 V an, aber V_{OUT} bleibt auf dem Sollwert.

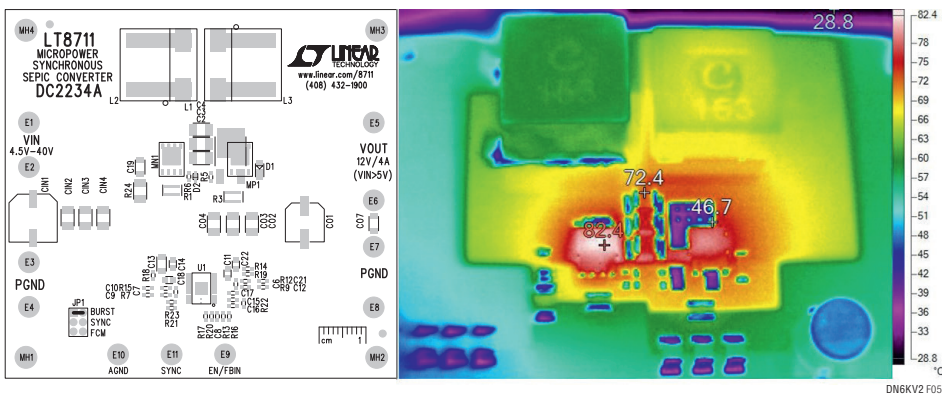


Bild 5: Leiterplatte des Designs DC2493A und Wärmebild des arbeitenden SEPIC ($V_{IN} = 14\text{ V}$, $V_{OUT} = 12\text{ V}$, $I_{OUT} = 6\text{ A}$). Das heißeste Bauteil ist MN1 mit +77 °C.

Data Sheet Download
www.analog.com/LT8711

Burst Mode sorgt für höhere Effizienz bei geringer Last

Bei wenig Last am Ausgang sowie im Standby-Modus ganz ohne Last kommt es in Anwendungen, die aus Batterien gespeist werden, auf einen hohen Wirkungsgrad und eine geringe Ruhestromaufnahme an. Mit ihrem IQ-Wert von 2,5 μA und dem Burst Mode sind die Bausteine LT8606, LT8607 und LT8608 ideal für diese Anforderungen geeignet. Bei geringer Last sowie ganz ohne Last senkt ein Wandler auf Basis des LT8606/LT8607/LT8608 seine Schaltfrequenz nach und nach ab, was die schaltbedingten Verluste reduziert und für eine geringe Ausgangsspannungs-Welligkeit sorgt. In Bild 3 ist der Wirkungsgrad der Schaltung aus Bild 1 bei geringer Last dargestellt.

Hohe Schaltfrequenz bei niedrigem EMI-Niveau

Neben hoher Effizienz sind in Automotive-, Industrie-, Computer- und Telekommunikations-Umgebungen auch ein niedriges EMI-Aufkommen bzw. elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) gefragt. Ein Anheben der Schaltfrequenz lässt zwar eine platzsparendere Implementierung zu, bringt aber meist eine Zunahme der elektromagnetischen Störaussendungen mit sich. Die integrierten MOSFETs der Bausteine LT8606/LT8607/LT8608 sorgen zusammen mit der eingebauten Kompensationsschaltung und der 2,2 MHz betragenden Schaltfrequenz für minimale Lösungsabmessungen, bringen aber infolge der fortschrittlichen Prozesstechnologie gleichzeitig hervorragende EMI-Eigenschaften mit sich. Zusätzlich reduzieren lässt sich das EMI-Niveau durch die Spread-Spectrum-Funktionalität für die Schaltfrequenz. Die EMI-Testergebnisse der Schaltung aus Bild 1 anhand der Norm CISPR25 sind in Bild 4 dargestellt.

Fazit

Der LT8711 ist ein vielseitiger und flexibler Controller für synchrone Buck-, Boost-, SEPIC und ZETA-Topologien sowie für nicht-synchrone Buck-Boost-Wandler. Besonders der synchrone SEPIC eignet sich für die effiziente Bereitstellung von Ausgangsspannungen, die in die Mitte des Eingangsspannungsbereichs fallen. Dies ist speziell in Automotive- und Industrie-Anwendungen wichtig.

Literaturhinweise

1. Datenblatt LT8711 (Micropower Synchronous Multitopology Controller with 42V Input Capability) <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/l8711.pdf>
2. Demo Board DC2234A, <http://www.analog.com/en/products/power-management/switching-regulators/sepic-regulators/l8711.html#product-evaluation-kit>
3. LT8711 Demo Circuit - Automotive Micropower Synchronous Sepic Converter (4.5-40V to 12V at 4A) <http://www.analog.com/en/products/power-management/switching-regulators/sepic-regulators/l8711.html#product-tools>

Bei technischen Fragen, Telefon +49 89 769030