

Design Note

170-W-Spannungsverdoppler mit „Mini“-Abmessungen von 23 mm × 16,5 mm

Ya Liu, Jian Li, Jeff Zhang und Brian Lin

Einführung

In Eingangs- und Ausgangs-Anwendungen mit hohen Spannungen sorgen induktivitätslose Switched-Capacitor-Wandler (Ladungspumpen) für eine deutliche Verbesserung des Wirkungsgrads und ergeben kleinere Lösungsabmessungen als konventionelle, mit Induktivitäten bestückte Aufwärts- oder Abwärts-wandler-Topologien. Wird eine Ladungspumpe anstatt einer Induktivität benutzt, dient ein „fliegender Kondensator“ zum Speichern und Übertragen von Energie zwischen Eingang und Ausgang. Da die Energiedichte von Kondensatoren deutlich größer ist als die von Induktivitäten, ergibt sich beim Einsatz einer Ladungspumpe eine zehnmal höhere Leistungsdichte. Allerdings waren Ladungspumpen in der Vergangenheit stets auf Anwendungen geringer Leistung beschränkt, was durch Probleme mit dem Anlaufen, dem Schutz, der Gate-Ansteuerung und der Regelung begründet war.

Der LTC®7820 löst diese Probleme und macht Lösungen mit hoher Leistungsdichte und hohem Wirkungsgrad (bis 99 %) mög-

lich. Der für hohe Leistungen und hohe Spannungen ausgelegte Controller mit fest vorgegebenem Spannungsverhältnis enthält vier N-Kanal-MOSFET-Gatetreiber zur Ansteuerung externer Leistungs-MOSFETs, um einen Spannungsteiler, einen Spannungsverdoppler oder einen Spannungsinverter zu konfigurieren. Möglich sind die Halbierung von Eingangsspannungen bis 72 V, die Verdopplung von Eingangsspannungen bis 36 V und die Invertierung von Eingangsspannungen ebenfalls bis 36 V. Jeder externe Leistungs-MOSFET wird mit einer konstanten, vorab programmierten Schaltfrequenz und einem Tastverhältnis von 50 % angesteuert.

Bild 1 zeigt eine auf dem LTC7820 basierende Spannungsverdoppler-Schaltung mit 170 W Leistung. Bei einer Eingangsspannung von 12 V wird eine Ausgangsspannung von 24 V bei bis zu 7 A Laststrom erzeugt. Die Schaltfrequenz beträgt 500 kHz. 16 Keramik-Kondensatoren von je 10 µF (X7R im Format 1210) fungieren zusammen als fliegender Kondensator zur Bereitstel-

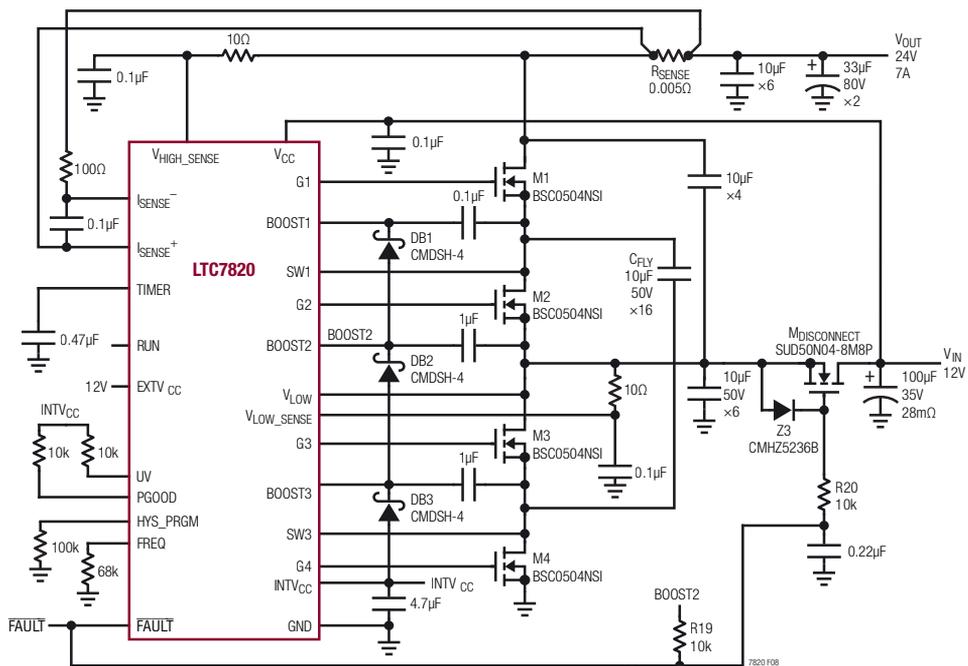


Bild 1: Dieser auf dem LTC7820 basierende Spannungsverdoppler von 12 V Eingangsspannung auf 24 V Ausgangsspannung (bei 7 A) bietet einen hohen Wirkungsgrad und eine hohe Leistungsdichte

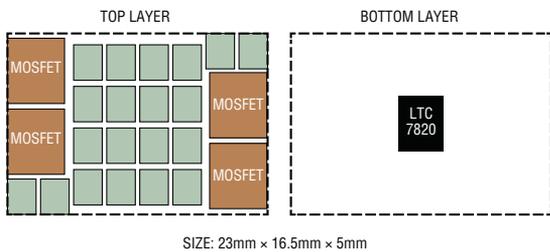


Bild 2: Geschätzte Lösungsabmessungen

lung der Ausgangsleistung. Wie Bild 2 zeigt, hat die Lösung Abmessungen von ungefähr 23 mm x 16,5 mm x 5 mm, und die Leistungsdichte beträgt immerhin knapp 92 W/cm³.

Hoher Wirkungsgrad

Da die Schaltung keine Induktivitäten enthält, werden alle vier MOSFETs weich geschaltet, wodurch sich die Schaltverluste deutlich verringern. Außerdem können in einem Spannungsverdoppler in Switched-Capacitor-Technik MOSFETs mit niedrigerer Nennspannung verwendet werden, was zu erheblich geringeren Leitungsverlusten führt. Wie Bild 3 zu entnehmen ist, kommt der Wandler auf einen maximalen Wirkungsgrad von 98,6 % und arbeitet bei Vollast mit einem Wirkungsgrad von 98 %. Die Verluste verteilen sich auf die vier Schalter, was die entstehende Abwärme gut ausgleicht und bei einem intelligenten Layout für eine geringe Erwärmung sorgt. Das Wärmebild in Bild 4 weist in ruhender Luft und bei +23 °C Umgebungstemperatur eine Maximaltemperatur von +35 °C aus.

Genauere Lastregelung

Obwohl der auf dem LTC7820 basierende Spannungsverdoppler ungeregelt arbeitet, sorgt der hohe Wirkungsgrad des LTC7820 dennoch für eine exakte Lastregelung, wie Bild 3 erkennen lässt: die Ausgangsspannung bricht bei Vollast nur um 0,43 V, also um 1,8 % ein.

Anlaufverhalten

In Spannungsverdoppler-Anwendungen kann der LTC7820 ohne einen durch das Laden der Kondensatoren bedingten Inrush-Strom anlaufen, wenn die Eingangsspannung bei null beginnend langsam zunimmt. Solange die Eingangsspannung langsam (in Millisekunden gerechnet) ansteigt, kann die Ausgangsspannung der Eingangsspannung folgen. Die Spannungsdifferenz zwischen den Kondensatoren bleibt somit gering, sodass es zu keinen hohen Inrush-Strömen kommt.

Erreichen lässt sich die kontrollierte Anstiegsgeschwindigkeit der Eingangsspannung mit einem Trenn-FET am Eingang oder mithilfe von Hot-Swap-Controllern, wie es im Datenblatt des LTC7820 unter „Typical Applications“ gezeigt ist. In der Schaltung von Bild 1 ist der Eingang mit einem Trenn-FET versehen. Im Unterschied zu Spannungsteiler-Anwendungen muss der Spannungsverdoppler jedes Mal von einer Eingangsspannung von null anlaufen. Er kann jedoch direkt mit einem hohen Laststrom starten. Bild 5 zeigt das Startverhalten bei 7 A Laststrom.

Data Sheet Download
www.linear.com/LTC7820

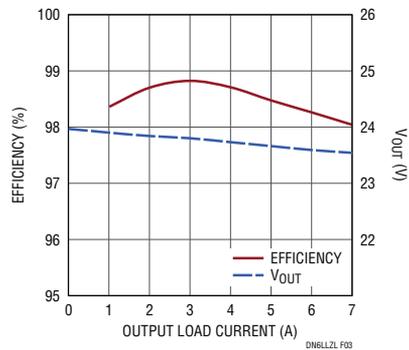


Bild 3: Wirkungsgrad und Lastregelung des Spannungsverdopplers von 12 V auf 24 V/7 A bei 500 kHz Schaltfrequenz

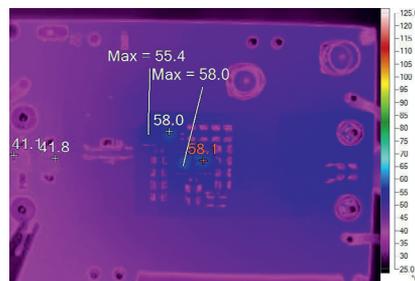


Bild 4: Wärmebild bei 12 V V_{IN}, 24 V V_{OUT}, 7 A Laststrom, T_A = 23 °C und ruhender Luft

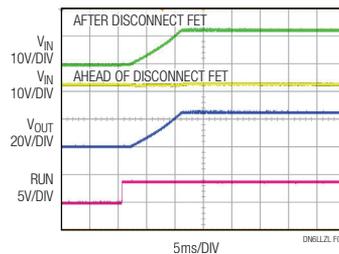


Bild 5: Anlaufverhalten bei 7 A Laststrom

Fazit

Der LTC7820 ist ein mit festem Spannungsverhältnis arbeitender Switched-Capacitor-Controller, der mit seinen eingebauten Gate-Treibern externe MOSFETs ansteuert und damit einen sehr hohen Wirkungsgrad von bis zu 99 % sowie eine hohe Leistungsdichte erreicht. Dank der robusten Schutzvorrichtungen eignet sich ein Switched-Capacitor-Wandler auf Basis des LTC7820 für Anwendungen mit hohen Spannungen und hoher Leistung. Beispiele sind Bus-Wandler, dezentrale Stromversorgungs-Systeme hoher Leistung, Kommunikationssysteme und industrielle Anwendungen.

Bei technischen Fragen, Telefon +49 89 76 90 30