

突破约束：基于简单降压控制器的精密双极性电源设计

作者：Victor Khasiev

共享



简介

工业、汽车、IT和网络公司是电源电子、半导体、器件和系统的主要购买者与消费者。这些公司使用各种可用的DC-DC转换器拓扑结构，采用不同形式的降压、升压和SEPIC结构。理想情况下，这些公司会针对每个新项目使用专门的控制器。然而，采用新芯片需要大量投资，因为必须花费很多时间和成本来测试新器件是否符合汽车标准，以及验证其在特定应用、条件和设备中的功能。显然，为了降低开发和设计成本，不同应用应采用已经过批准和验证的控制器。用于生成电源的最常用拓扑结构是降压转换器。但是，这种拓扑结构仅限于从高于输出的输入电压产生正输出。当输入电压低于输出电压时，不能直接利用它来产生负电压或提供稳定的输出。产生输出的这两个方面在汽车电子中均很重要，因为需要负电压来为放大器供电，或者当输入电压显著降低时，在冷起动的情况下整个系

统必须连续正常工作。本文详细介绍了在SEPIC、Cuk和升压转换器中使用简单降压控制器的方法。

从公共输入轨产生负电压和正电压

图1显示了基于单个降压控制器（具有两路输出）的双极性电源设计。为了最大限度地利用该芯片，必须使用一路输出来产生正电压，使用第二路输出来产生负电压。此电路的输入电压范围为6 V至40 V。 V_{OUT1} 产生10 A、3.3 V的正电压， V_{OUT2} 产生3 A、-12 V的负电压。两路输出均由U1控制。第一路输出 V_{OUT1} 是简单的降压转换器。第二路输出的结构更复杂一些。 V_{OUT2} 相对于GND为负，故使用差分放大器U2来检测负电压并将其调整为0.8 V基准电压。在这种方法中，U1和U2均以系统GND为基准，这大大简化了电源的控制和功能。如果需要其他输出电压，以下表达式有助于计算RF2和RF3的电阻值。

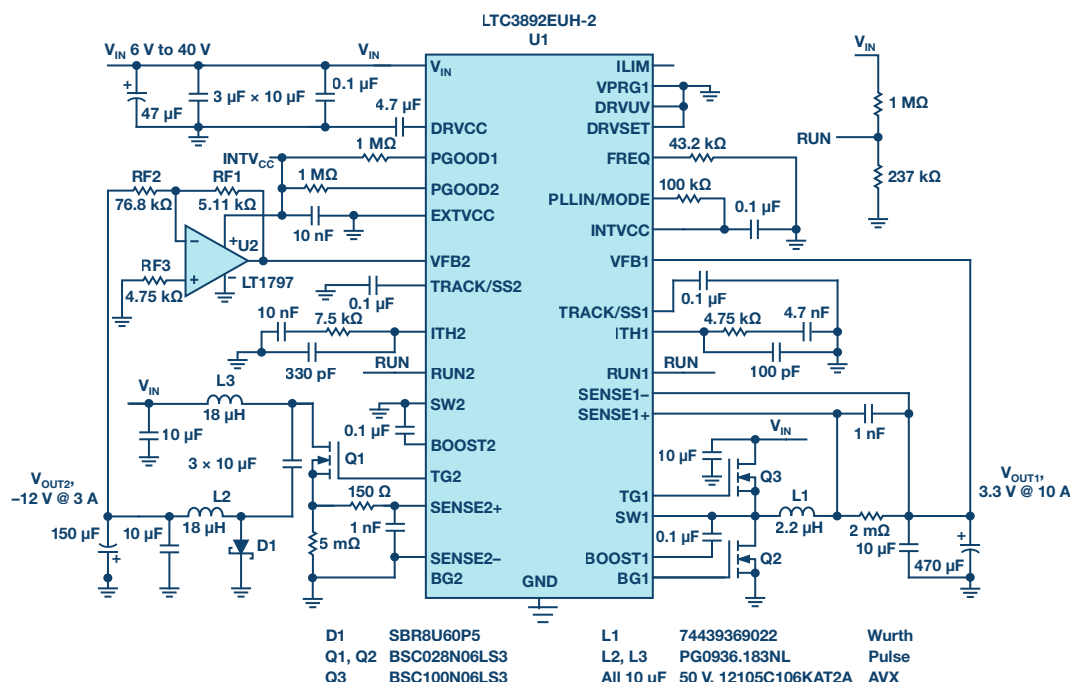


图1. LTC3892的电气原理图，可产生正负电压。 V_{OUT1} 为10 A、3.3 V， V_{OUT2} 为3 A、-12 V。

$$KR = \frac{0.8 \text{ V}}{|V_O|}$$

$$RF1 = 5.11 \text{ k}$$

$$RF2 = \frac{RF1}{KR}$$

$$RF3 = \frac{RF1 \times RF2}{RF1 + RF2}$$

V_{OUT2} 电源系采用Cuk拓扑结构, 相关技术文献中对此有广泛介绍。
为了解电源元件上的电压, 需要使用以下基本公式。

$$D = \frac{|V_O|}{|V_O| + V_{IN}}$$

$$V_C = \frac{V_{IN}}{1 - D}$$

$$V_{DS} = V_D = V_C$$

V_{OUT2} 效率曲线如图2所示。这种方法的LTspice®仿真模型参见[此处](#)。
在本例中, LTC3892 转换器的输入为10 V至20 V。输出电压为10 A、+5 V和5 A、-5 V。

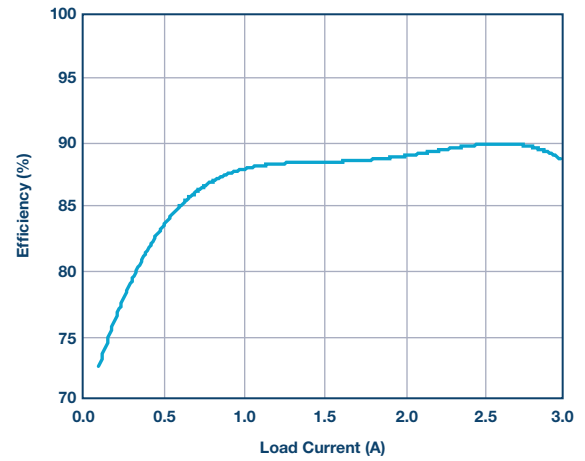


图2. 14 V输入电压时负输出的效率曲线。

从波动输入轨产生稳定电压

图3所示转换器的电气原理图支持两路输出: V_{OUT1} 为10A、3.3 V, V_{OUT2} 为3 A、12 V。输入电压范围为6 V至40 V。 V_{OUT1} 以类似方式创建, 如图1所示。第二路输出是SEPIC转换器。与上面的Cuk一样, 该SEPIC转换器基于非耦合的双分立电感解决方案。分立扼流圈的使用显著扩大了可用磁性材料的范围, 这对于成本敏感型器件非常重要。

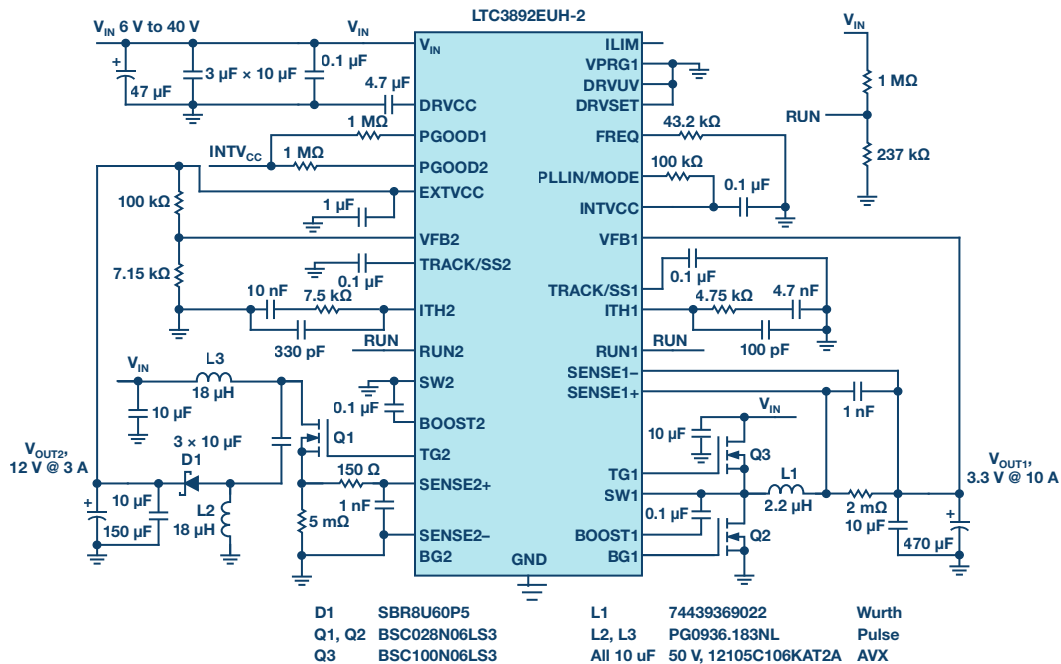


图3. SEPIC结构的LTC3892在降压应用中的电气原理图。

$$D = \frac{V_O}{V_O + V_{IN}} \quad V_C = V_{IN}$$

$$V_{DS} = V_D = V_{IN} + V_O$$

图4和图5显示了该转换器在电压下降和达到尖峰时（例如在冷启动或电源切断时）的功能。轨电压VIN围绕相对标称值12 V下降或上升。但是，VOUT1和VOUT2均处于稳压状态，为关键负载提供稳定的电源。双电感SEPIC转换器可以轻松重新连接成单电感升压转换器。

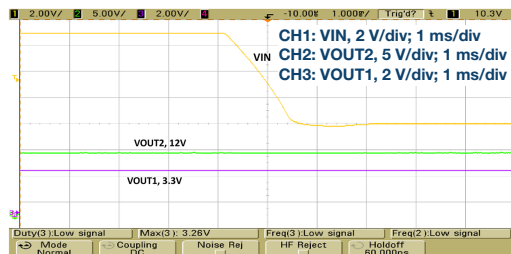


图4. 轨电压从14 V降至7 V，VOUT1和VOUT2均处于稳压状态。

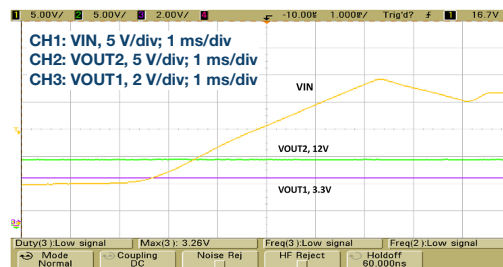


图5. 轨电压从14 V升至24 V，但VOUT1和VOUT2均处于稳压状态。

相关LTspice仿真模型参见[此处](#)。它显示LTC3892转换器的输入为10 V至20 V。输出电压为10 A、+5 V和5 A、-5 V。

结论

本文介绍了基于降压控制器构建双极性和双输出电源的方法。这种方法支持在降压、升压、SEPIC和Cuk拓扑中使用相同的控制器。这对于汽车和工业电子供应商来说非常重要，因为一旦经过核准，他们便可基于同一控制器设计出提供各种输出电压的电源。

Victor Khasiev [victor.khasiev@analog.com]是ADI公司高级应用工程师。Victor在交流-直流和直流-直流转换电源电子方面拥有丰富的经验。他拥有两项专利，并撰写了多篇文章。这些文章涉及ADI半导体器件在汽车和工业应用中的使用，包括升压、降压、SEPIC、正到负、负到负、反激式、正激式转换器和双向备用电源。他的专利与高效功率因数校正解决方案和先进栅极驱动器有关。Victor乐于为ADI公司客户提供技术支持，解答有关ADI公司产品、电源原理图设计和验证、印刷电路板布局、故障排查以及最终系统测试的问题。



Victor Khasiev