

# 面向高功率应用的高效率、高密度、开关电容器转换器

作者：Jian Li、Jeff Zhang、Ya Liu、和 Marvin Macairan，Analog Devices 公司

DC/DC 转换器的功率密度通常受限于体积庞大的磁性组件，特别是在输入和输出电压相对较高的应用中。虽然可通过提高开关频率来缩减电感器 / 变压器尺寸，但是由于存在与开关切换有关的损耗，所以这种做法会降低转换器效率。更好的方法是采用无电感型开关电容器转换器（充电泵）拓扑，可把磁性组件全部免除。与传统转换器相比，充电泵能够提高功率密度达 10 倍之多，且并未牺牲效率。用“跨接电容器”取代了电感器，以存储能量和把能量从输入传递至输出。尽管充电泵设计拥有优势，但是开关电容器转换器在传统上局限于低功率应用，这是因为在启动、保护、栅极驱动和稳压方面面临难题。

LTC<sup>®</sup>7820 是一款固定比例、高电压、高功率开关电容器控制器，可为高功率、非隔离式中间总线应用提供了具故障保护功能的小巧和成本效益型解决方案。LTC7820 的特点包括：

- 外形扁平、高功率密度、能提供 500W+
- 用于分压器 (2:1) 的  $V_{IN}$  最大值：72V
- 用于倍压器 (1:2) / 负输出转换器 (1:1) 的  $V_{IN}$  最大值：36V
- 宽的偏置  $V_{CC}$  范围：6V 至 72V
- 软开关：99% 峰值效率和低 EMI
- 稳态操作的软启动
- 输入电流检测和过流保护
- 集成的栅极驱动器
- 具可编程定时器和自动重试功能的输出短路 / 过压 (OV) / 欠压 (UV) 保护
- 耐热性能增强型 28 引脚 4mm x 5mm QFN 封装

具 4000W/in<sup>3</sup> 功率密度的 48V 至 24V/20A 分压器  
图 1 示出了一款采用 LTC7820 的 480W 输出分压器电路。输入电压为 48V，输出为 24V（在高达 20A 负载条

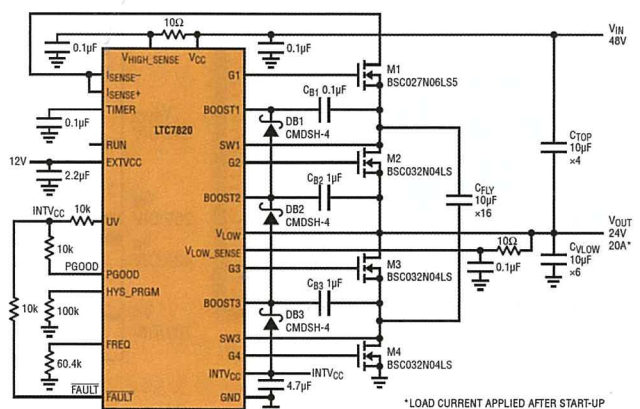


图 1：具 4000W/in<sup>3</sup> 功率密度的 48V 至 24V/20A 分压器

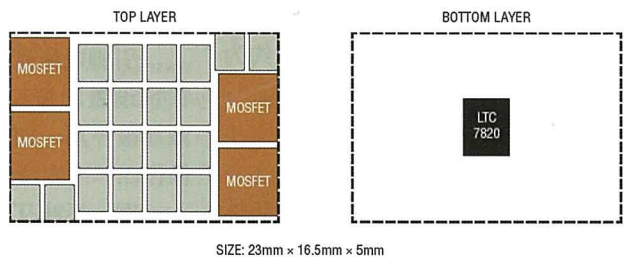


图 2：估计的解决方案尺寸具有 5mm 最大高度

件下)。16 个 10µF 陶瓷电容器 (1210 尺寸) 起一个跨接电容器的作用，以传输功率。如图 2 所示，该解决方案的大致尺寸为 23mm x 16.5mm x 5mm，而功率密度高达 4000W/in<sup>3</sup>。

## 高效率

由于在该电路中未使用电感器，因此所有 4 个 MOSFET 均执行软开关操作，从而极大地降低了因开关切换引起的损耗。如图 3 所示，该转换器能实现高效率，其中峰值效率为 99.3%，而满载效率则为 98.4%。图 4 中

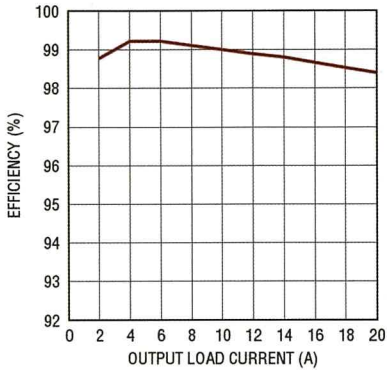


图 3: 在 48V 输入、24V 输出和 200kHz 开关频率时的效率

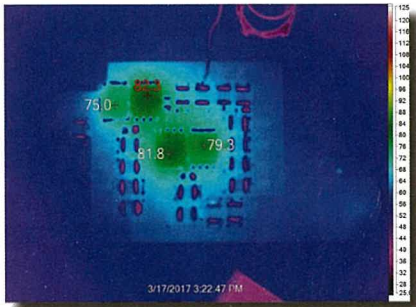


图 4: 在 48V 输入、24V/20A 输出和 200kHz 开关频率条件下进行的热测试

的温度记录仪示出了一款平衡的热设计，在 23°C 的环境温度和 无强制冷却气流的情况下，其热点温度约为 82.3°C。

### 预平衡可避免产生浪涌电流

除了令人印象深刻的效率和热性能之外，LTC7820 还运用了一种专有的预平衡方法，旨在最大限度减小分压器应用中的浪涌电流。在执行开关操作之前，LTC7820 控制器检测  $V_{LOW\_SENSE}$  引脚电压，并在内部把它与  $V_{HIGH\_SENSE}/2$  进行比较。如果  $V_{LOW\_SENSE}$  引脚电压远低于  $V_{HIGH\_SENSE}/2$ ，则一个电流源将给  $V_{LOW}$  引脚注入 93mA 电流，以上拉  $V_{LOW}$  引脚电压。如果  $V_{LOW\_SENSE}$  引脚电压远高于  $V_{HIGH\_SENSE}/2$ ，则另一个电流源将从  $V_{LOW}$  引脚吸收 50mA，以下拉  $V_{LOW}$  引脚电压。如果  $V_{LOW\_}$

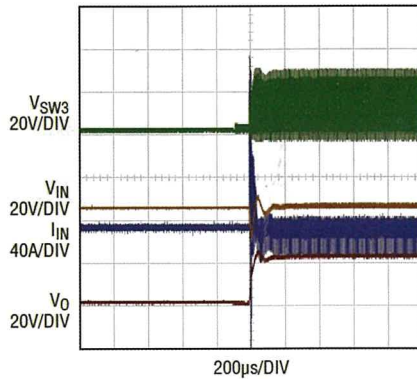


图 5: 未采用预平衡时的启动波形显示存在大的浪涌电流

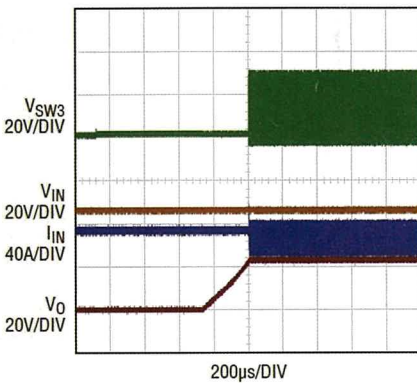


图 6: 采用 LTC7820 预平衡的启动波形显示浪涌电流被消除

$SENSE$  引脚电压接近  $V_{HIGH\_SENSE}/2$  (即在预设置的窗口之内)，则两个电流源均被停用，LTC7820 开始执行开关操作。

图 5 示出了在未使用预平衡的情况下，于启动时出现足以损坏 MOSFET 和电容器的巨大输入浪涌电流。与此相反，在运用了预平衡方法之后，则未发现过大的浪涌电流，如图 6 所示。

### 严紧的负载调节

尽管基于 LTC7820 的分压器是开环控制型转换器，但是由于其高效率的原因，负载调节是很严紧。如图 7 所示，在满负载时输出电压仅下降 1.7%。

### 保护功能

LTC7820 具备保护功能，以确保转换器的高可靠性。过流保护通过一个置于高压侧的检测电阻器启用。一个精准的轨至轨比较器负责监视  $I_{SENSE+}$  引脚和  $I_{SENSE-}$  引脚之间的差分电压，这两个引脚以开尔文 (Kelvin) 连接方式连接至一个检测电阻器。当  $I_{SENSE+}$  引脚电压比  $I_{SENSE-}$  引脚电压高 50mV 时，则触发一个过流故障，/FAULT 引脚被下拉至地电位，而且 LTC7820 停止开关操作并根据 TIMER 引脚设置启动重试模式。

更多的保护功能通过 OV/UV 窗口比较器提供。在正常操作中， $V_{LOW\_SENSE}$  引脚上的电压应接近  $V_{HIGH\_SENSE}$  电压的一半。一个窗口比较器负责监视  $V_{LOW\_SENSE}$ ，并把它与  $V_{HIGH\_SENSE}/2$  进行比较。迟滞窗口电压可以设置，并且等于 HYS\_PRGM 引脚上的电压。当在 HYS\_PRGM 引脚上布设一个 100k 电阻器时， $V_{HIGH\_SENSE}/2$  电压在启动和正常操作期间必须位于一个  $(V_{LOW\_SENSE} \pm 1V)$  的窗口之内，否则将触发一个故障，而且 LTC7820 停止开关操作。

### 结论

LTC7820 是一款固定比例、高电压、高功率开关电容器控制器，可满足总线转换器、高功率分布式电源系统、通信系统和工业应用的功率密度要求。无需电感器。

www.analog.com