

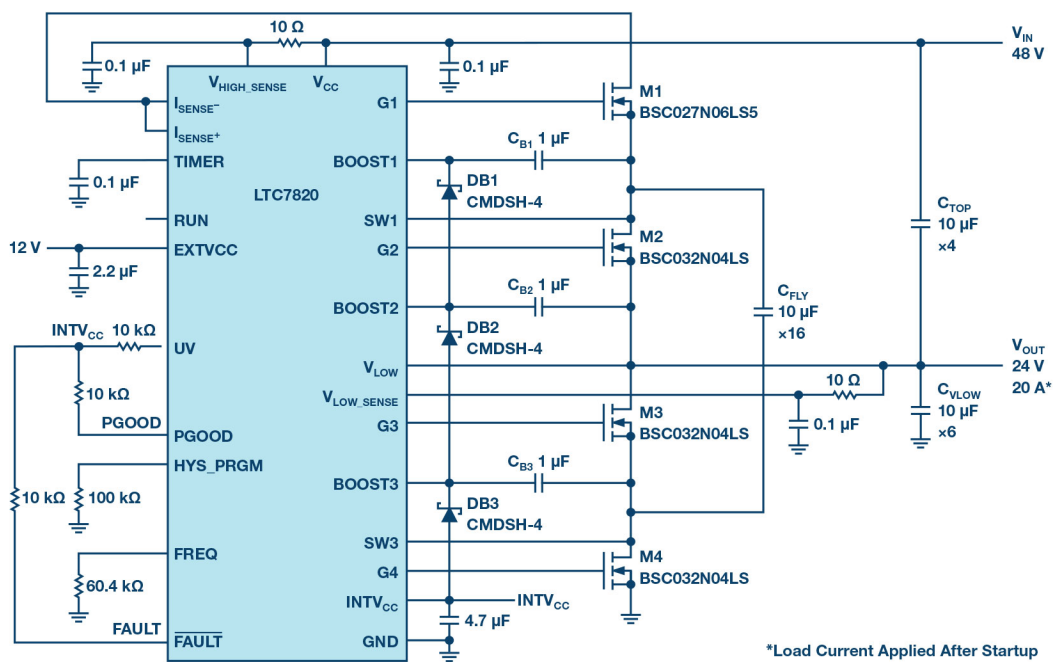
面向高功率应用的高效率、高密度 开关电容电源

Jian Li、Jeff Zhang、Ya Liu 和 Marvin Macairan
ADI 公司

DC/DC 转换器的功率密度通常受到体积庞大的磁性元件的限制，特别是在输入和输出电压相对较高的应用中。通过提高开关频率可以减小电感/变压器的尺寸，但因开关切换引起的损耗也会造成转换器效率降低。更好的方法是采用无电感开关电容电源（电荷泵）拓扑完全消除磁性元件。与传统DC/C电源相比，电荷泵可在不牺牲效率的情况下将功率密度提高10倍之多。飞跨电容代替了电感存储能量并将其从输入端传递到输出端。尽管电荷泵设计具有优势，但由于启动、保护、MOS管门极驱动等方面存在挑战，开关电容电源历来局限于低功率应用。

LTC7820 是一款固定转换比例、高电压、高功率开关电容电源控制芯片，可为高功率、非隔离中间总线应用提供具有故障保护功能的小巧、高性价比解决方案。LTC7820 的特性包括：

- ▶ 薄型外形，高功率密度，可提供 500 W 以上的功率
- ▶ 用于分压器 (2:1) 的 V_{IN} 最大值：72 V
- ▶ 用于倍压器 (1:2)/逆变器 (1:1) 的 V_{IN} 最大值：36 V
- ▶ 宽偏置 V_{CC} 范围：6 V 至 72 V
- ▶ 软开关：99% 峰值效率 and 低 EMI
- ▶ 软启动进入稳态
- ▶ 输入电流检测和过流保护
- ▶ 集成 MOS 管驱动器
- ▶ 具有可编程定时器和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 4 mm × 5 mm QFN 封装



*Load Current Applied After Startup

图 1. 功率密度为 4000 W/in³ 的 48 V 至 24 V/20 A 分压器。

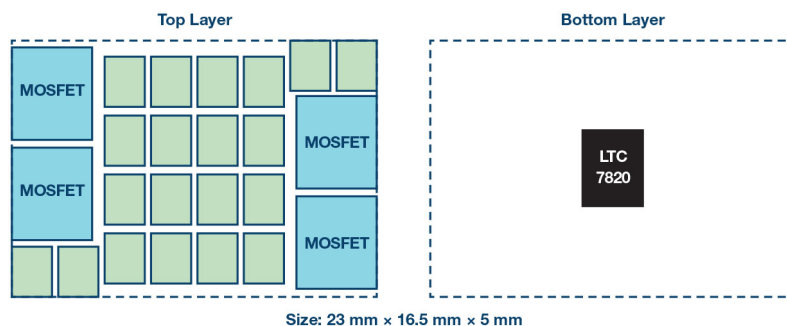


图 2. 解决方案估计尺寸（最大高度为 5 mm）。

功率密度为 4000 W/in^3 的 48 V 至 24 V/20 A 分压器

图 1 显示了一款采用 LTC7820 的 480 W 输出的分压器电路。输入电压为 48 V，输出为 24 V，负载电流高达 20 A。16 个 10 μF 陶瓷电容（1210 尺寸）用作飞跨电容以传输功率。如图 2 所示，该解决方案的大致尺寸为 23 mm x 16.5 mm x 5 mm，而功率密度高达 4000 W/in^3 。

高效率

由于在该电路中未使用电感，所有 4 个 MOSFET 均可实现软开关，从而极大地降低了因开关切换引起的损耗。如图 3 所示，该转换器可实现高效率，其峰值效率为 99.3%，满负载效率为 98.4%。图 4 中的热成像图显示了平衡的热设计，在 23°C 的环境温度和没有强制风冷的情况下，其热点温度约为 82.3°C。

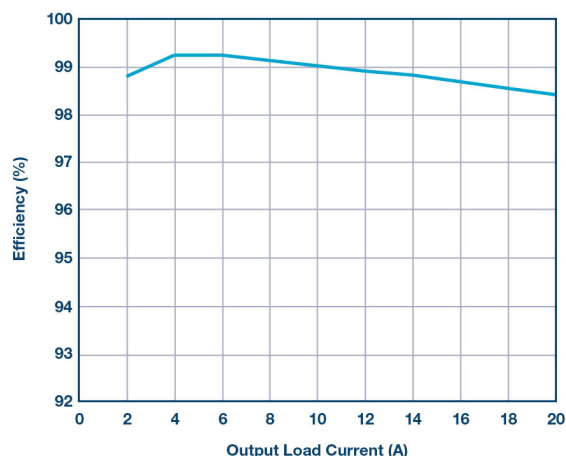


图 3. 48 V 输入、24 V 输出和 200 kHz 开关频率时的效率。

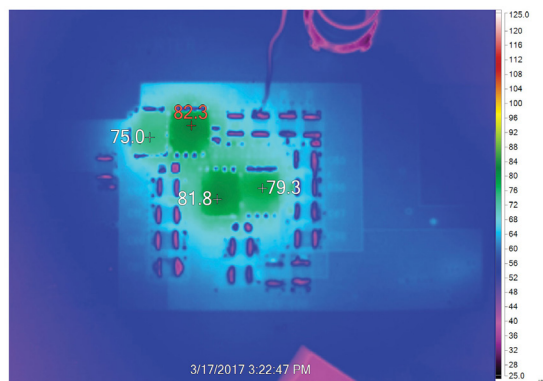


图 4. 48 V 输入、24 V/20 A 输出和 200 kHz 开关频率时的热测试结果。

预平衡可避免产生浪涌电流

除了出色的效率和热性能之外，LTC7820 还采用了一种专有的预平衡方法，旨在最大限度地减小分压器应用中的浪涌电流。在执行开关操作之前，LTC7820 控制芯片检测 $V_{\text{LOW_SENSE}}$ 引脚的电压，并在内部将它与 $V_{\text{HIGH_SENSE}}/2$ 进行比较。如果 $V_{\text{LOW_SENSE}}$ 引脚上的电压远低于 $V_{\text{HIGH_SENSE}}/2$ ，则一个电流源会在 V_{LOW} 引脚上注入 93 mA 的电流以将 V_{LOW} 上拉。如果 $V_{\text{LOW_SENSE}}$ 上的电压远高于 $V_{\text{HIGH_SENSE}}/2$ ，则另一个电流源将从 V_{LOW} 吸收 50 mA 的电流以将其下拉。如果 $V_{\text{LOW_SENSE}}$ 上的电压接近 $V_{\text{HIGH_SENSE}}/2$ (即在预编程的窗口之内)，则两个电流源都被关断，LTC7820 开始执行开关操作。

图 5 显示了在未采用预充电的情况下，启动时会出现巨大的输入浪涌电流，足以损坏 MOSFET 和电容。与此相反，在运用了预平衡方法后，则未观测到过大的浪涌电流 (如图 6 所示)。

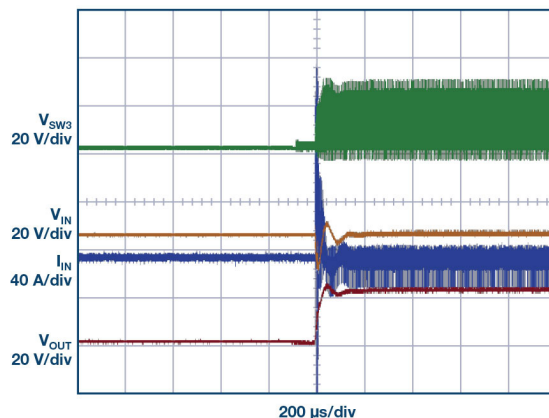


图 5. 未采用预平衡时的启动波形显示存在巨大浪涌电流。

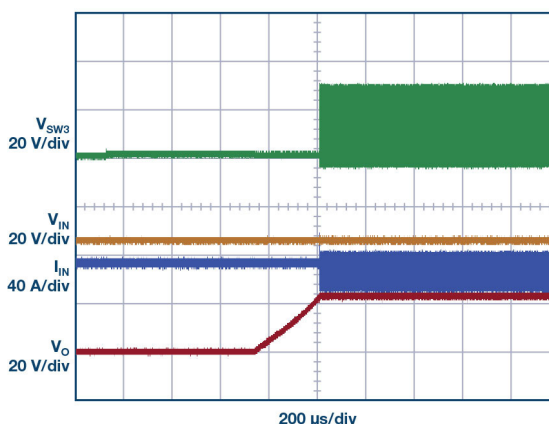


图 6. 采用 LTC7820 预平衡的启动波形显示浪涌电流被消除。

良好的负载调整率

尽管基于 LTC7820 的分压器是开环控制电源，但是得益于其高效率，仍然可以获得良好的负载调整率。如图 7 所示，满负载时的输出电压仅下降 1.7%。

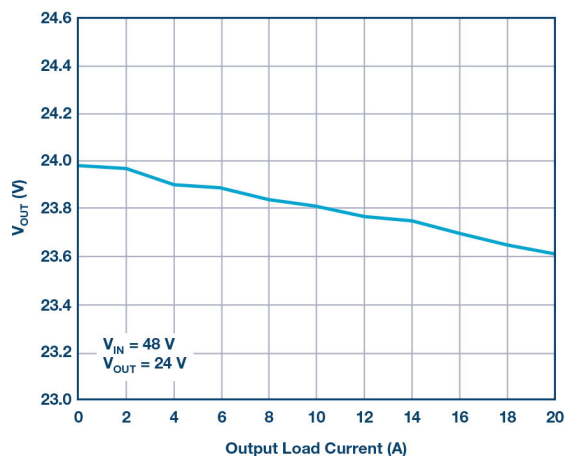


图 7. 负载调整率。

保护功能

LTC7820 具有保护功能，可确保高可靠性。过流保护通过高压侧的一个电流采样电阻实现。精密轨到轨比较器负责检测 I_{SENSE+} 引脚和 I_{SENSE-} 引脚之间的差分电压，这两个引脚采用开尔文方式连接至电流采样电阻。当 I_{SENSE+} 上的电压比 I_{SENSE-} 高 50 mV 时，则触发一个过流保护，FAULT 引脚下拉至地，LTC7820 停止开关操作并根据定时器引脚设置启动重试模式。

通过 OV/UV 窗口比较器可提供进一步的保护。在正常工作中， V_{LOW_SENSE} 上的电压应接近 V_{HIGH_SENSE} 电压的一半。窗口比较器负责检测 V_{LOW_SENSE} ，并将其与 $V_{HIGH_SENSE}/2$ 进行比较。可对迟滞窗口电压进行编程，并使其等于 HYS_PRGM 引脚上的电压。在 HYS_PRGM 引脚上采用一个 100 k Ω 电阻时， $V_{HIGH_SENSE}/2$ 电压在启动和正常工作期间必须位于 $(V_{LOW_SENSE} \pm 1V)$ 的窗口之内，否则将触发保护，并且 LTC7820 停止开关操作。

结论

LTC7820 是一款固定转换比例、高电压、高功率开关电容控制芯片，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。无需使用电感。

作者简介

Jian Li 于 2004 年获得中国清华大学控制理论与控制工程硕士学位，并于 2009 年获得美国弗吉尼亚理工大学电力电子学博士学位。目前，他是 ADI 公司电源产品应用工程经理。他拥有 9 项美国专利，并发表了 20 多篇学报和会议论文。联系方式: jian.li@analog.com。

Xu (Jeff) Zhang 出生于中国北京。他拥有清华大学电气工程学士学位和硕士学位以及科罗拉多大学博尔得分校博士学位。他于 2010 年加入凌力尔特公司（现隶属 ADI 公司），目前担任 Power by Linear™ 产品部门的电源 IC 设计工程师。联系方式: xu.zhang@analog.com。

Ya Liu 是 ADI 公司电源产品应用部门的一名高级应用工程师，工作地点位于美国加利福尼亚州米尔皮塔斯。目前，他主要为开关电容转换器和混合转换器提供应用支持。他还为 PSM 控制器和模拟降压控制器提供支持。Ya Liu 拥有浙江大学（位于中国杭州）电气工程学士学位以及弗吉尼亚理工学院暨州立大学（简称弗吉尼亚理工大学，位于布莱克斯堡）电气工程硕士学位。他拥有 2 项中国专利和 3 项美国专利。联系方式: ya.liu@analog.com。

Marvin Macairan 目前是 ADI 公司 Power by Linear™ 应用部门的助理应用工程师。他负责为应用工程师提供支持并优化突出 ADI 电源产品的演示板。他拥有位于圣路易斯奥比斯波的加州州立理工大学电气工程硕士学位。联系方式: marvin.macairan@analog.com。

在线支持社区

访问 ADI 在线支持社区，与 ADI 技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问 ezchina.analog.com



全球总部
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部
上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田区中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区西小口路 66 号
中关村东升科技园
B-6 号楼 A 座一层
邮编: 100191
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. DN20995sc-0-1/19

analog.com/cn

