面向高效、快速瞬态响应的汽车和工业用品的直通升压控制器

高级应用工程师Victor Khasiev

简介

升压电源拓扑结构在汽车和工业电子领域越来越受欢迎。许多系统都需要稳定的输入轨，其上游电源输入轨电压可能会有显著变化。升压变换器可用于显著提高应用的通用性。利用升压变换器，可以将新的电子设备无缝连接至任何供电轨，且无需重新设计前端或使用多个版本来覆盖各种供电场景。升压控制器还支持对输入电压下降具有高度抑制性的电子器件。这主要与汽车电子设备相关，因为汽车电子设备的供电轨电压在低温启动期间会明显下降。

LTC7804可简化升压变换器的设计，同时不会对其先进的性能产生不利影响。LTC7804的主要特性为：低静态电流、单输出同步整流、高达40 V的宽输入电压范围（输出电压可达36 V）、展频(SSFM)以及适用于高效、低电磁干扰PassThru™操作的内部充电泵。

可实现12 V输入至24 V输出的升压变换器

升压变换器的其中一个优势在于，除了提供稳定的中间输出轨之外，它还可以使系统不受前端电压下降的影响，如启动汽车的蓄电池供电轨电压下降。图1为由低引脚数控制器LTC7804、底部FET Q1、顶部FET Q2、导块L1和输入/输出滤波器组成的升压变换器原理图。该原理图采用的元件数量比较少，但可以将12 V供电轨升压至24 V，并提供6 A的输出电流。在低输入电压下降低输出电流，以确保输入电流低于17.5 A。

在该解决方案中，MODE引脚连接至GND，调用Burst Mode®操作，从而在轻负载条件下保持高效率。PLLIN/SPREAD引脚连接至$INTV_{CC}$，将开关频率设置为SSFM操作，从而可以轻松地满足已公布的EMI标准要求。该设计已经使用了专用的电流检测电阻进行了测试，但也可以选择使用DCR检测电阻，而不是电流检测电阻。该解决方案的效率如图2所示。

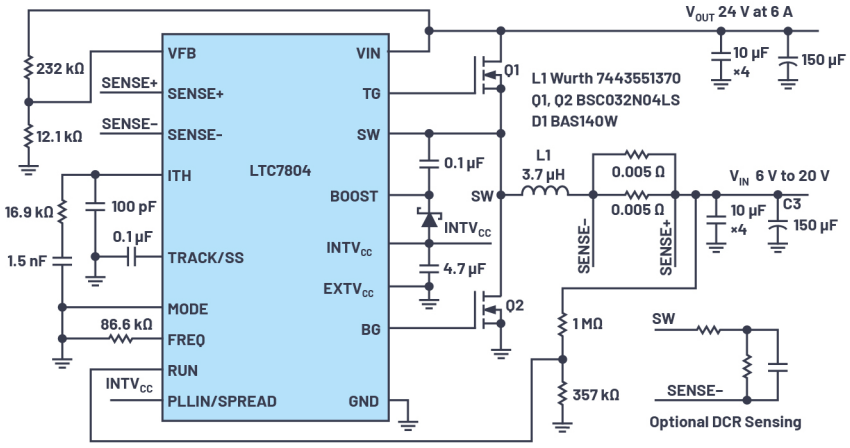

图1. 基于LTC7804（在6 A条件下，V_{IN}为6 V至20 V，V_{OUT}为24 V）的升压变换器电气原理图。

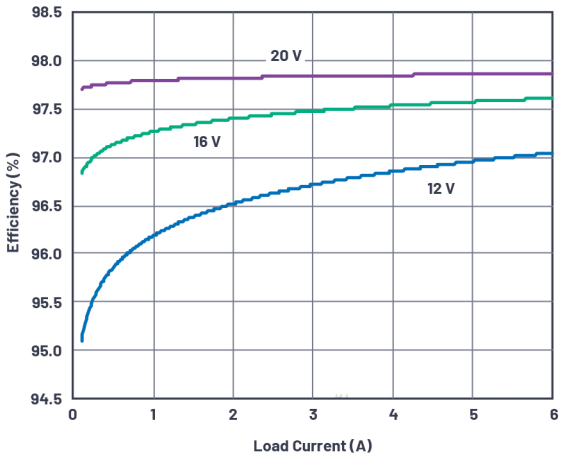

图2. 图1中升压转换器的效率曲线图。

抑制输入电压下降和直通模式操作

LTC7804的一个有趣应用就是提供汽车音频放大器和前置放大器。该应用有两个目的。首先，LTC7804可以抑制输入电压骤降，例如：在低温启动期间。其次，当输入电压升至高于输出电平时，它可以将输入桥接至输出，以最大程度提高效率，例如：在负载突降期间。前置放大器电源的电压输出设置值略低于典型12 V汽车电压轨的输入电压（约10 V）。如果输入电压等于或高于该设定值，则输入应直接转到输出。如果输入电压降至低于所需的中间电压，则升压变换器可将其输出保持在设定值。直通这个术语用于描述这种从输入直接到输出的操作模式。

图3所示为升压解决方案的完整原理图。它类似于图1所示解决方案，但控制信号的连接稍有不同。MODE引脚通过100 kΩ电阻连接至$INTV_{CC}$，以便选择脉冲跳频操作。该应用不支持升压模式操作，因为要实现直通操作，必须使能顶部MOSFET栅极充电泵（在升压模式操作中被禁用）。PLLIN/SPREAD引脚连接至GND，以禁用SSFM功能，因为某些音频系统的电源必须在固定频率下运行，这一点非常重要。如果知道真正问题在于频率，则建议通过PLLIN/SPREAD引脚同步至外部时钟；或者，将MODE引脚直接连接至$INTV_{CC}$，以便在FREQ引脚的设定操作频率下选择强制连续导通模式。

图4显示了该解决方案在工作波形下的工作原理。在测试中，输入电压从14 V开始，高于预先设定的变换器输出电压10 V。上管MOSFET Q1的栅极为高，Q1为开启状态（完全增强）。LTC7804内置充电泵可将变换器无限期地保持在该状态之下。在直通模式下，不存在开关操作，且14 V输入电压直接转向输出。只要输入电压高于或等于所需的输出电压，就会使能直通模式，如波形图中所示。即使输入电压降至5V，输出电压也能保持在10 V。一旦输入电压降至预设值以下，开关操作就会开始，以便将输出电压准确保持在该电平。GQ1-V_{OUT}波形是Q1栅极（GQ1节点）上相对于Q1源极(V_{OUT})的差分电压。

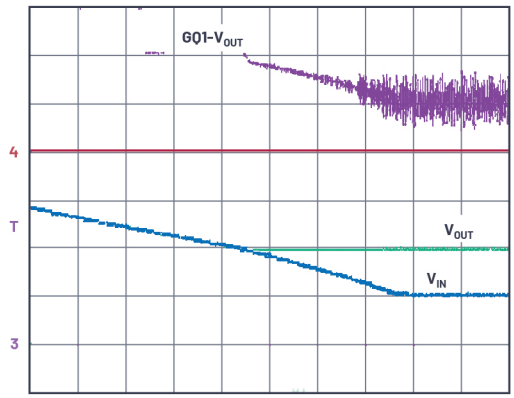

图4. V_{IN} > V_{OUT}时的直通操作。V_{IN}，其中V_{OUT}为5 V/div，时标为1 ms/div，且GQ1-V_{OUT}为示波器与2.5 V/div的数学函数。

两个变换器的开关频率均在500 kHz左右，以实现效率和尺寸的平衡，但是如果电感(L1)尺寸必须最小化，则可以将开关频率增加到3 MHz。该设计笔记中提出的两种解决方案都在DC2846A上进行了验证和测试。

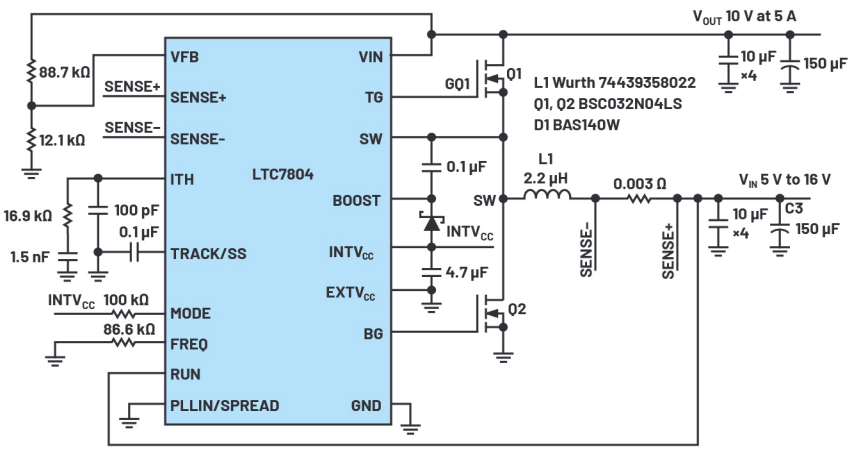

图3. 升压变换器可在直通模式下操作（在5 A条件下，V_{IN}为5 V至16 V，V_{OUT}为10 V）。

结论

LTC7804控制器可大大简化高效升压变换器的设计。通过使用相同的原理图和不同的外部元件，可轻松调整可用输出功率。高开关频率可显著减小电感的尺寸。当输入电压下降至明显低于或上升至明显高于输出电平时，内置充电泵和同步整流可确保最高效率，从而使LTC7804成为首选的汽车电子设备控制器。低静态电流还可以保护汽车和常开系统的电池使用寿命。

作者简介

Victor Khasiev是ADI公司的高级应用工程师，在AC/DC和DC/DC转换的电力电子领域拥有丰富的经验。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，涵盖了升压、降压、SEPIC、正-负、负-负、反激式、正激式转换器和双向备用电源。他持有高效功率因数校正解决方案和先进的栅极驱动器相关专利。Victor乐于为ADI公司客户提供技术支持解答有关ADI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。

在线支持社区

ADI EngineerZone™ 中文技术论坛

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ez.analog.com/cn

©2020 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

DN22395sc-10/20