

在反相降-升压拓扑中使用降压转换器

作者：John Tucker
应用工程师

引言

在为某些应用提供核心动力时，可能需要用正输入电源生成负电压。在此情况下，可将降压转换器配置为反相降-升压拓扑，使输出电压接地为负。

基本降压拓扑

要了解反相降-升压电路的工作原理，首先应考虑如图1所示的降压转换器的基本拓扑。蓝色虚线框中的组件实际上集成于转换器的集成电路中，而框外的组件则是所需的外部组件。

FET开关处于开启状态时，电感器上的电压为： $V_{IN} - V_{OUT}$ ，而通过电感器的电流提升的速度如下：

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L}$$

开关处于关闭状态时，电感器电压发生逆变，以保持电感器电流的持续性。假定二极管上的电压下降幅度较小，那么电感器电流斜坡下降速率为： $di/dt = V_{OUT}/L$ 。无论FET开关处于开启还是关闭状态，电

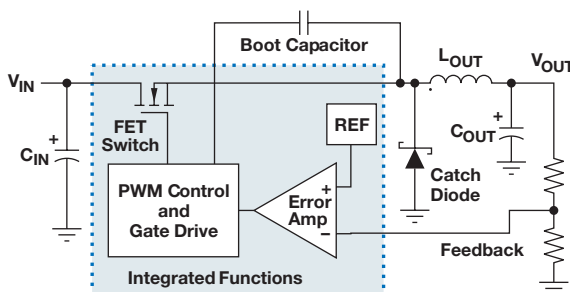


图1. 降压拓扑

最新一期在线精采内容

- 使用触摸屏控制器的辅助输入
- 驱动WLED不一定需要4V电压
- 单电池手持式应用的主机侧燃料计量系统设计考虑事项
- 在反相降-升压拓扑中使用降压转换器
- 如欲下载该版本，敬请访问：www.ti.com/aaaj

感器上都会始终承载稳态负载电流。平均电感器电流等于负载电流，而峰值间电感器纹波电流则为：

$$I_{L(PP)} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT})D}{f_{SW}L}$$

这里的 V_{IN} 是输入电压， V_{OUT} 为输出电压， D 为占空比 V_{OUT}/V_{IN} ， f_{SW} 为开关频率，而 L 则为输出电感。

反相降-升压拓扑

下面将此前操作与如图2所示的反相降-升压拓扑相比较。电感器与环流二极管(catch diode)相对于图1所示中的降压转换器交换了位置：

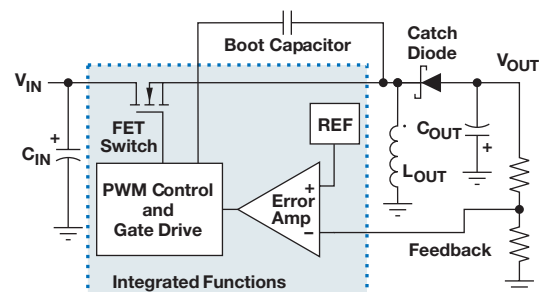


图2. 反相降-升压拓扑

而输出电容器则发生极性逆变，因为输出电压为负。在操作期间，FET开关开启时，电感器上的电压为 V_{IN} ，电流斜坡上升的速度为 $di/dt = V_{IN}/L$ 。当FET开关处于开启状态时，整个负载电流均由输出电容中存储的电力提供。当关闭FET开关时，电感器极性逆变，以保持电感器电流的持续性。电感器上的电压接近 V_{OUT} ，而电感器电流以 $di/dt = -V_{OUT}/L$ 的速率下降。在开关处于关闭状态时，电感器既向负载供电，也补充开关开启时电容损耗的电力。因此，对于降-升压电路而言，平均电感器电流如下：

$$I_L = \frac{I_{OUT}}{1-D},$$

而峰至峰电感器电流为

$$I_{L(PP)} = \frac{V_{IN}D}{f_{SW}L}.$$

占空比D约为

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN} + V_{OUT}}.$$

当降压转换器用作降-升压转换器时，上述电路操作的基本差异非常重要。

设计考虑

如果在反相降-升压配置中使用非同步降压转换器，那么必须将以下一些问题纳入考虑范围。上述设计公式均为简化式，假定使用的是理想化的半导体，而忽略了其他组件的损耗。为了实施如图2所示的降-升压拓扑，需要将降压转换器的接地引脚连接至 V_{OUT} ，而输出电容器的正极引线连接至接地。器件 V_{IN} 引脚至GND的电压就是 $V_{IN} - (-V_{OUT})$ ，而非降压转换器中的 V_{IN} 。这种组合电压必须小于选定器件 V_{IN} 的规定大小。

由于平均输出电流不能超过器件的额定输出，因此可用负载电流会下降 $1-D$ 。因此，在此设计方案中，极大可用DC负载电流为 $I_{SW} \times (1-D) = I_{Load}$ ，这里的 I_{SW} 是高侧开关FET的平均额定电流。

典型波形

为了演示反相降-升压转换器的一些性能特点，我们构建了一款测试电路。该电路使用24V输入与-5V输出电压，电流为2A。输出电压纹波与开关节点波

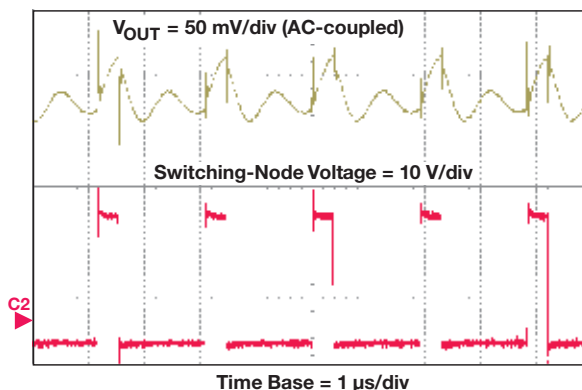


图3. 反相降-升输出电压纹波与开关节点电压

形如图3所示。请注意，就反相降-升压转换器而言，开关节点电压范围在 V_{IN} 到 V_{OUT} 之间变动，而对于降压转换器而言，则在 V_{IN} 到接地之间变动。本图左侧边缘的C2标记标示了接地参考线。此外，我们还可以看到，输出电压纹波没有反映出降压转换器典型的线性斜坡特点。输出电容在开关开启时提供负载电流，并在处于关闭状态时充电。这种充电和放电循环与AC纹波电流相叠加，能够形成如图所示的更为复杂的纹波电流。请记住，输出电压为负，因此波形的正极部分表示输出负极性减小的情况，即表示工作循环的放电部分。

结论

如果将电路配置为反相降-升压转换器，那么就能采用降压转换器从正输入电压生成负输出电压。虽然电路设计简单而直接，但我们还是应当记住这些非常重要的设计要求。输出电流比平均电感器电流小 $1-D$ ，因此可用输出电流将小于器件额定值。输出电压为负，并在器件接地引脚处可用，因此器件输入上的有效电压为 $V_{IN} - V_{OUT}$ 。这种电压变化不得超过器件的输入电压额定值。最后，器件的接地不应与系统接地相连。

参考文献1提供了本文的完整版本，文中详细介绍了更多设计细节，其中包括降压转换器以及反相降-升压转换器测试电路的波形比较。

参考文献

1. 如欲参考文章完整版，敬请访问：
<http://www-s.ti.com/sc/techlit/slyt286>

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/opticalnetwork
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated