

在系统中成功运用DC-DC降压/升压调节器

作者: Ken Marasco

DC-DC开关转换器的作用是将一个直流电压有效转换成另一个。高效率DC-DC转换器采用三项基本技术: 降压、升压, 以及降压/升压。降压转换器用于产生低直流输出电压, 升压转换器用于产生高直流输出电压, 降压/升压转换器则用于产生小于、大于或等于输入电压的输出电压。本文将重点介绍如何成功应用降压/升压DC-DC转换器。降压和升压转换器已在2011年6月和9月的《模拟对话》中单独介绍过, 此处将不再赘述。

图1所示为采用单个单元的锂离子电池供电的典型低功耗系统。电池的可用输出范围为放电时的约3.0 V到充满电时的4.2 V。系统IC需要1.8 V、3.3 V、和3.6 V的电压, 以实现最佳工作状态。锂离子电池开始工作时的电压为4.2 V, 结束工作时的电压为3.0 V, 在此过程中, 降压/升压调节器可以提供3.3 V的恒定电压, 而降压调节器或低压差调节器(LDO)则可在电池放电时提供1.8 V的电压。理论上, 当电池电压高于3.5 V时, 可使用降压调节器或LDO产生3.3 V电压, 但当电池电压降至3.5 V以下时, 系统就会停止工作。允许系统过早关闭会减少电池需要重新充电前的系统工作时间。

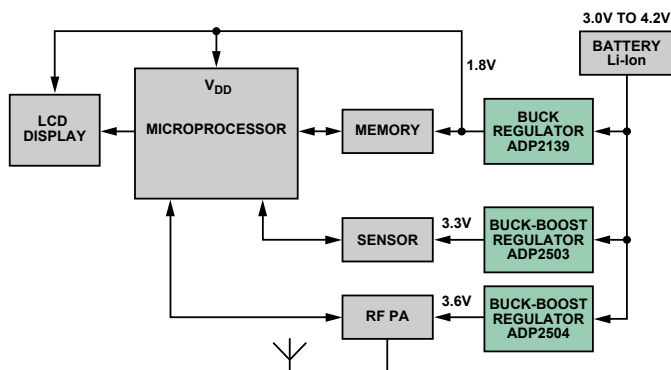


图1. 典型低功耗便携式系统

降压/升压调节器内置四个开关、两个电容和一个电感, 如图2所示。如今的低功耗、高效率降压/升压调节器在降压或升压模式下工作时, 只要主动操作其中两个开关, 就可以降低损耗, 提高效率。

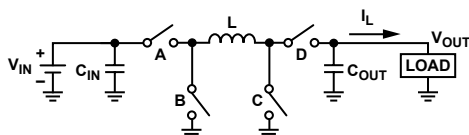


图2. 降压/升压转换器拓扑结构

当 V_{IN} 大于 V_{OUT} 时, 开关C断开, 开关D闭合。开关A和B的工作方式和在标准降压调节器中一样, 如图3所示。

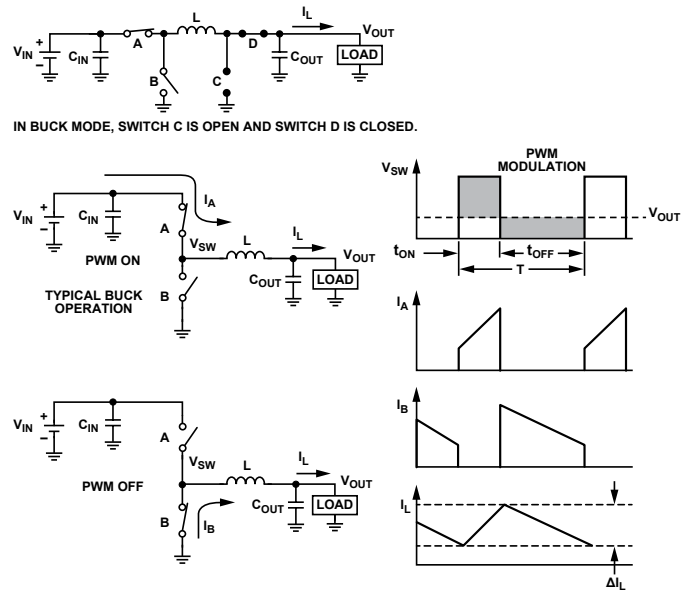


图3. $V_{IN} > V_{OUT}$ 时的降压模式

当 V_{IN} 小于 V_{OUT} 时, 开关B断开, 开关A闭合。开关C和D的工作方式和在升压调节器中一样, 如图4所示。最困难的工作模式是当 V_{IN} 处在 $V_{OUT} \pm 10\%$ 范围内时, 此时调节器会进入降压/升压模式。在降压/升压模式下, 两种操作(降压和升压)会在一个开关周期内发生。应特别注意降低损耗、优化效率, 以及消除由于模式切换造成的不稳定性。这么做的目标是保持电压稳定, 使电感中的电流纹波降至最低, 保证良好的瞬态性能。

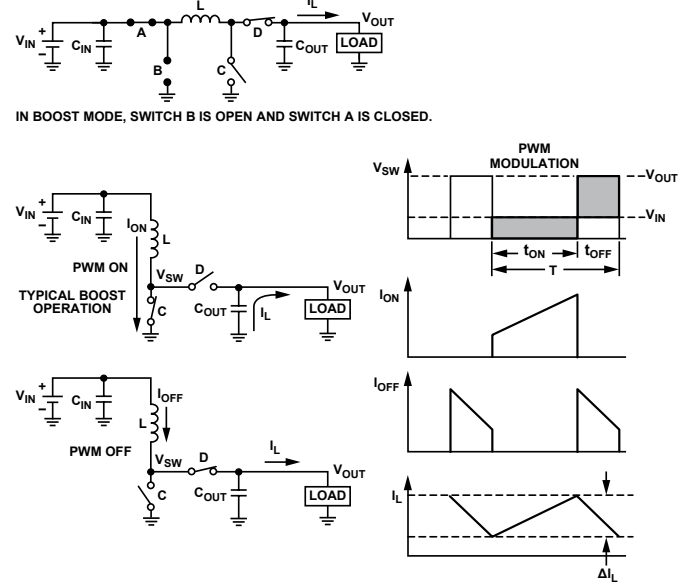


图4. $V_{IN} < V_{OUT}$ 时的升压模式

对于高负载电流, 降压/升压调节器采用电流模式、固定频率、脉冲宽度调制(PWM)控制, 以获得出色的稳定性和瞬态响应。为确保便携式应用的电池寿命最长, 还采用了省电模式, 在轻载时可降低开关频率。对于无线应用和其它低噪声应用, 可变频率省电模式可能会引起干扰, 通过增加逻辑控制输入, 可强制转换器在所有负载条件下均以固定频率PWM方式工作。

降压/升压调节器提高系统效率

如今的很多便携式系统都采用单元锂离子电池供电。如上所述, 电池会从满充状态时的4.2 V开始工作, 缓慢放电至3.0 V。当电池输出降至3.0 V以下时, 系统就会关闭, 防止电池因过度放电而受损。采用低压差调节器产生3.3 V电压轨时, 系统会在

$$V_{IN\ MIN} = V_{OUT} + V_{DROPOUT} = 3.3\ V + 0.2\ V = 3.5\ V$$

时关断, 此时只用了电池所存储电能的70%。但如果采用降压/升压调节器(如ADP2503或ADP2504), 系统就可以持续工作到最小实际电池电压。ADP2503和ADP2504(参见附录)均为高效率、600 mA和1000 mA低静态电流、降压/升压DC-DC转换器, 工作时的输入电压可高于、低于或等于稳压输出电压。电源开关采用内置形式, 最大限度地减少了外部元件的数量和印刷电路板(PCB)的面积。通过这种方法, 系统可以一直工作到3.0 V, 从而充分利用电池存储的电能, 增加了电池需要重新充电前的系统工作时间。

为了节省便携式系统的电能, 各种子系统(如微处理器、显示屏背光和功率放大器)不用时会在全开和休眠模式之间频繁切换, 造成电池电源线路较大的电压瞬变。这些瞬变会使电池输出电压短时降至3.0 V以下, 并触发低电量警告, 从而使系统在电池完全放电前关闭。降压/升压解决方案可以承受的电压摆幅低至2.3 V, 有助于维持系统潜在的工作时间。

降压/升压调节器主要规格特性与定义

输出电压范围选项: 降压/升压调节器提供额定的固定输出电压, 或者提供选项, 允许通过外部电阻分压器对输出电压进行编程设置。

地电流或静态电流: 输送给负载的直流偏置电流(I_q)。器件的 I_q 越低, 则效率越高, 然而, I_q 可以针对许多条件进行规定, 包括关断、零负载、脉冲频率(PFM)工作模式或脉冲宽度(PWM)工作模式。因此, 为了确定某个应用的最佳升压调节器, 最好查看特定工作电压和负载电流下的实际工作效率。

关断电流: 这是使能引脚禁用时器件消耗的输入电流。低 I_q 对于电池供电器件在休眠模式下能否长时间待机很重要。在逻辑控制的关断期间, 输入与输出断开, 从输入源汲取的电流小于1 μ A。

软启动: 具有软启动功能很重要, 输出电压以可控方式缓升, 从而避免启动时出现输出电压过冲现象。

开关频率: 低功耗降压/升压转换器的工作频率范围一般是500 kHz到3 MHz。开关频率较高时, 所用的电感可以更小, 还可减少PCB面积, 但开关频率每增加一倍, 效率就会降低大约2%。

热关断(TSD): 当结温超过规定的限值时, 热关断电路就会关闭调节器。一直较高的结温可能由工作电流高、电路板冷却不佳和/或环境温度高等原因引起。保护电路包括迟滞, 因此, 发生热关断后, 器件会在片内温度降至预设限值以下后才返回正常工作状态。

结束语

低功耗降压/升压调节器凭借成熟可靠的性能与深入有力的支持, 使采用DC-DC开关转换器的设计变得简单。ADI公司不仅提供了全面的数据手册并在其应用部分列出了设计计算, 还提供了ADIsimPower

设计工具以简化最终用户的任务。欲查看ADI公司调节器的选型指南、数据手册和应用笔记, 请访问: <http://www.analog.com/en/power-management/products/index.html>。如需帮助, 请访问ADI中文技术论坛, 网址为www.analog.com/zh/forum, 或通过电话4006-100-006或电子邮件china.support@analog.com联系ADI公司。

参考文献

Marasco, K. "How to Apply DC-to-DC Step-Up (Boost) Regulators Successfully." *Analog Dialogue*. Volume 45. September 2011.

Marasco, K. "How to Apply DC-to-DC Step-Down (Buck) Regulators Successfully." *Analog Dialogue*. Volume 45. June 2011.

Marasco, K. "How to Apply Low-Dropout Regulators Successfully." *Analog Dialogue*. Volume 43. August 2009.

<http://www.analog.com/en/power-management/products/index.html>.

<http://www.analog.com/en/power-management/switching-regulators-integrated-fet-switches/products/index.html>.

<http://www.analog.com/en/power-management/switching-controllers-external-switches/products/index.html>.

<http://designtools.analog.com/dtPowerWeb/dtPowerMain.aspx>.

作者简介

Ken Marasco [ken.marasco@analog.com] 是ADI公司系统应用经理, 负责便携式电源产品的技术支持, 在ADI公司便携式应用小组已经工作了三年。他毕业于NYIT, 持有应用物理专业学士学位, 在系统和元件设计方面拥有37年的丰富经验。



附录

降压/升压DC-DC开关转换器的工作频率是2.5 MHz

ADP2503和ADP2504均为高效率、低静态电流、降压/升压DC-DC转换器, 工作时的输入电压可高于、低于或等于稳压输出电压。这两种转换器内置功率开关和同步整流器, 所需的外部器件数量极少。对于高负载电流, 这两种器件采用电流模式、固定频率、脉冲宽度调制(PWM)控制方案, 以便获得出色的稳定性和瞬态响应。为确保便携式应用的电池使用寿命最长, 这些器件还提供省电模式选项, 在轻负载条件下可降低开关频率。对于无线应用和其它低噪声应用, 可变频率省电模式可能会引起干扰, 而通过逻辑控制输入同步, 则可强制转换器在所有负载条件下均以固定频率PWM方式工作。

ADP2503和ADP2504采用2.3 V至5.5 V输入电压工作, 单个锂电池或锂聚合物电池、多个碱性电池或NiMH电池、PCMCIA、USB及其它标准电源均可为其供电。这两种器件具有各种固定输出可供选择, 也可采用可调型号, 通过外部电阻分压器对输出电压进行编程设置。此外, 还内置补偿功能, 最大程度地减少外部元件的数量。