

严酷的汽车环境要求高性能电源转换

■ Bruce Haug 凌力尔特公司产品市场工程师

摘要：汽车和卡车需要宽工作电压结合大的电压瞬态和宽温度变化范围，致使电子系统中的电压轨数量也在增加；并且即使车辆发动机未运行时也需要连续供电。凌力尔特公司的 LTC3890 作为 60V 输入降压型开关稳压控制器系列的器件，解决了上述汽车和卡车应用中遇到的很多关键问题。

关键词：汽车；开关稳压器；60V；DC/DC

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2010.07.002

汽车和重型设备环境对任何类型的电子产品而言都是非常严酷的。宽工作电压要求结合大的电压瞬态和宽温度变化范围，这些因素合起来使电子系统处于非常艰难的工作环境。使考虑因素更加复杂的是，电子系统中的电压轨数量也在增加。例如，一个典型的导航系统可能有 6 个或更多不同的电源，包括 8.5V、5V、3.3V、2.5V、1.8V 和 1.5V。同时，随着组件数量的增加，可用空间也在不断缩小。因此，由于空间限制和高温条件，高效率转换以最大限度地降低功耗变得更重要了。

一个用于汽车和卡车的良好开关稳压器需要规定在 4~60V 的宽输入电压范围内工作。60V 的额定值为通常箱位在 36~40V 范围的 12V 系统提供

了良好的裕度。此外，在卡车和重型设备中能见到的双电池应用中，由于其 24V 标称电池电压，甚至需要更高的工作电压。这类应用大多数箱位到 58V 最高工作电压，因此 60V 额定值通常足够了。汽车和卡车上需要过压箱位，以限定发动机启动器的电感性回扫电压所引起的瞬态电压最大值。

有很多汽车和卡车系统即使车辆发动机未运行时也需要连续供电，例如遥控车门开启系统和报警系统。就这类“始终保持接通”的系统而言，拥有一个具低静态电流的 DC/DC 转换器是非常重要的，因为在处于休眠模式时可最大限度地延长电池运行时间。在这类环境中，稳压器以通常的连续开关模式运行，直至输出电流降低至低于预先设定的 30~50mA 左右的门限为止。低于这个值以后，开关稳压器必须进入突发模式 (Burst Mode) 工作，以将静态电流降低到数十 μA 范围之内，从而降低从电池吸取的功率，以延长电池运行时间。

由于 60V 输入的 DC/DC 转换器供货不足，因此有些设计师转而求助

于基于变压器的拓扑或外部高压侧驱动器，以在电压高达 60V 时工作。另一些设计师则采用需要额外电源级的中间总线转换器。这两类替代性解决方案都提高了设计复杂性，而且在大多数情况下，降低了总体效率。凌力尔特公司提供了 60V 输入降压型开关稳压控制器系列的最新器件 LTC3890，解决了上述汽车和卡车应用中遇到的很多关键问题。图 1 显示了 LTC3890 将 9V 至 60V 输入转换成 3.5V/5A 和 8.5V/3A 输出应用中的工作原理图。

LTC3890/-1 是一个高压双输出同步降压型 DC/DC 控制器，在一路输出运行时仅消耗 50 μA 电流，两路输出都启动时则消耗 60 μA 。当两个输出都关断时，LTC3890/-1 仅消耗 14 μA 电流。其 4~60V 的输入电源范围用来保护该器件免受高压瞬态影响，并在汽车、重型设备和卡车冷车发动以及涵盖多种输入电源和电池化学组成时连续工作。在输出电流高达 20A 时，每路输出都可以在 0.8V 至 24V 的范围内设定，而且效率高达 98%，从而使该器件非常适用于 12V 或 24V 汽车、卡车、重型设备以及工业控制应用。

LTC3890/-1 以 50~100kHz 的可选固定频率工作，并可用其锁相环 (PLL) 同步至 75k~850kHz 的外部时钟。在轻负载时，用户可以选择连续工作、脉冲跳跃和低纹波突发模式工

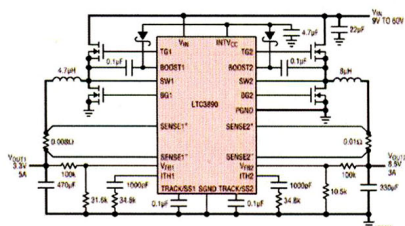


图 1 LTC3890 将 9V 至 60V 输入转换成 8.5V/3A 和 3.3V/5A 输出

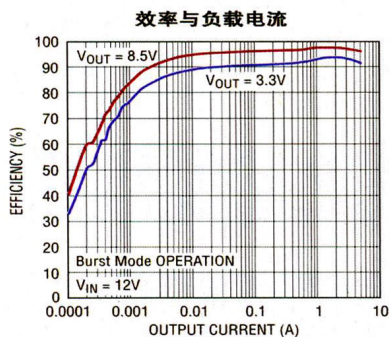


图2 LTC3890 的 12V 输入至 8.5V 和 3.3V 输出效率曲线

作。LTC3890 的两相工作降低了输入滤波和电容要求。其电流模式架构提供方便的环路补偿、快速瞬态响应和卓越的电压调节。通过测量输出电感器 (DCR) 两端的压降完成输出电流检测, 以实现最高效率, 或者也可以用可选检测电阻器完成输出电流检测。电流折返在过载情况下限制 MOSFET 产生的热量。这些特点结合仅为 95ns 的最短接通时间, 使该控制器成为高降压比应用的理想选择。

突发模式工作、脉冲跳跃或强制连续模式

LTC3890/-1 可以在低负载电流时启动进入高效率突发模式工作、恒定频率脉冲跳跃或强制连续传导模式。当配置为突发模式工作且在轻负载时, 转换器将产生几个突发脉冲, 以保持输出电容器上的充电电压不变。然后该器件会关断转换器, 并进入大多数内部电路都处于关断状态的休眠模式。输出电容器提供负载电流, 而且当输出电容器两端的电压降至设定值时, 转换器开始支持提供更多电流, 以补充充电电压。关断大多数内部电路的做法极大地降低了静态电流。

此外, 当控制器启动进入突发模

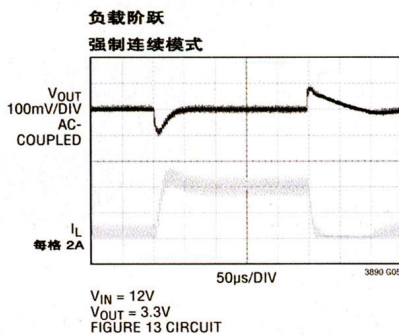


图3 4A 负载阶跃时 LTC3890 的瞬态响应曲线

式工作时, 电感器电流不允许反向。就在电感器电流达到零之前的瞬间, 反向电流比较器 IR 关断底部的外部 MOSFET, 以防止它变为负值。因此, 当配置为突发模式时, 控制器还可以断续模式工作。另外, 在强制连续工作时或由一个外部时钟源提供时钟信号时, 电感器电流在轻负载或大瞬态条件下允许反向。连续工作具有较低输出电压纹波的优势, 但产生较高的静态电流。

过流保护

在高压电源中, 快速准确的限流保护很重要。因为在输出短路时, 电感器两端的电压很高, 所以电感器可能快速饱和, 从而引起过大的电流流过。LTC3890/-1 提供以下选择: 利用与输出串联的检测电阻器检测输出电流; 或者用输出电感器两端的压降检测输出电流。无论用哪种方式, 输出电流都被连续监视, 并提供最高级别的保护。一些可替代的设计也许利用顶部或底部 MOSFET 的 RDS(ON) 来检测输出电流。然而, 这在开关周期内导致一个控制器“看不见”输出电流是多少的时间段, 而且可能引起转换器故障。

强大的栅极驱动器

开关损耗与输入电压的平方成正比, 而且这些损耗在栅极驱动器不够好的高输入电压应用中可能最为突出。LTC3890/-1 有强大的 1.1Ω 内置 N 沟道 MOSFET 栅极驱动器, 该驱动器最大限度地减少了转换时间和开关损耗, 从而最大限度地提高了效率。此外, 它还能更高电流的应用驱动多个并联的 MOSFET。

效率

图2所示的 LTC3890 效率曲线是具 12V 输入电压的图1原理图的示例。如图所示, 8.5V 输出可产生高达 98% 非常高的效率, 3.3V 时效率也超过 90%。此外, 这个设计在每路输出具 1mA 负载时, 效率仍然超过 75%, 这是由于突发模式工作。

快速瞬态响应

LTC3890 利用以快速 25MHz 带宽工作的放大器实现电压反馈。高带宽放大器结合高开关频率和低值电感器, 允许非常高增益的交叉频率。这允许补偿网络为实现非常快的负载瞬态响应而优化。图3说明了在 3.3V 输出上 4A 阶跃负载的瞬态响应, 与标称值有不到 100mV 的偏离。EW

参考文献:

- [1] LTC3890 - 60V Low IQ, Dual, 2-Phase Synchronous Step-Down DC/DC Controller[R/OL]. <http://www.linear.com/productDetail.jsp?navid=H0,C1,C1003,C1042,C1032,C1062,P90758>
- [2] Haug B. High-voltage capacitor charging made simple[R/OL]. http://cds.linear.com/docs/Article/EET_US_052009.pdf
- [3] Haug B. Low-power flyback converter eliminates optocoupler[R/OL]. http://powermanagement-europe.com/en/low-power-flyback-converter-eliminates-optocoupler.html?cmp_id=71&news_id=222900834
- [4] Haug B. Cutting the coupler[R/OL]. New Electronic(2007-8-4). <http://fpirelib.findlay.co.uk/articles/10675/Cutting%20the%20Coupler.pdf>
- [5] LTC1604 - High Speed, 16-Bit, 333kps Sampling A/D Converter with Shutdown[R/OL]. <http://www.linear.com/productDetail.jsp?navid=H0,C1,C1001,P1629>