

苛刻的环境需要高性能的电源转换

Bruce Haug 高级产品市场工程师
凌力尔特公司

背景

军用汽车为满足命令与控制、通信、武器管理、监控和对抗等需要,所要求的电子系统也越来越复杂。尺寸、重量和电源是设计人员面对的主要难题,因为车辆空间有限,而有大量的系统,同时还要装载士兵和他们的物资。热管理和配电特别重要,新的高性能电源转换技术可帮助设计师开发更小型、更高热效并更可靠的系统。

军用车辆电子设计师面对更为复杂的问题是需要遵从 MIL-STD-1275D 或类似的国家标准,这些标准明确了 28V 电源系统的稳态和瞬态电压要求,典型工作输入电压范围为 16V 至 40V。MIL-STD-1275D 所规格的浪涌电压为 60V 和 100V,要求在这些更高的电压水平运行或需要一个额外的箝位电路来维持安全的工作输入电压。出于复杂的设计考虑,电子系统内的电压轨数量也在不断增多。例如,一个典型的导航系统可能有 6 个或更多电压轨,包括 8.5V、5V、3.3V、2.5V、1.8V 和 1.5V。同时,随着组件数量的增多,可用空间在不断缩小,因此,由于空间限制和高温条件,高效率转换使功率消耗最小化变得至关重要了。

许多军用汽车即使在车辆的引擎未运转时也需要持续给车上电子系统供电。这类“始终保持接通”的系统很有必要采用拥有低静态电流的 DC/DC 转换器,以在处于休眠模式时,最大限度地延长电池运行时间。在这类环境中,稳压器以正常的连续开关模式运行,直到输出电流降至低于约 30mA 至 50mA 的预定门限为止。低于这个门限值以后,开关稳

压器必须进入突发模式 (Burst Mode®) 工作,以将静态电流降至几十微安范围以内,从而降低了从电池吸取的功率,以延长电池运行时间。

面对 60V 输入 DC/DC 转换器供应短缺的局面,有些设计师开始求助于一种基于变压器的拓扑或外部高压侧驱动器,以在高达 60V 时工作。其他一些设计师采用了中间总线转换器,从而需要一个额外的电源级。这两类替换解决方案都提高了设计的复杂性,而且在大多数情况下还降低了总体效率。不过,凌力尔特公司推出了 LTC3890,这是一个不断扩大的 60V 输入降压型开关稳压器控制器系列的最新器件,该器件解决了上述汽车、军用车辆和卡车应用中的很多关键问题。图 1 显示了 LTC3890 在一个应用中的工作原理图,该应用将 9V 至 60V 输入转换为 3.3V/5A 和 8.5V/3A 输出。

LTC3890 介绍

LTC3890/-1 是一款高压双输出同步降压型 DC/DC 控制器,当一个输出工作时,仅吸取 50μA 电流,而两个输出都启动时,仅吸取 60μA 电流。两个输出都都关断时,

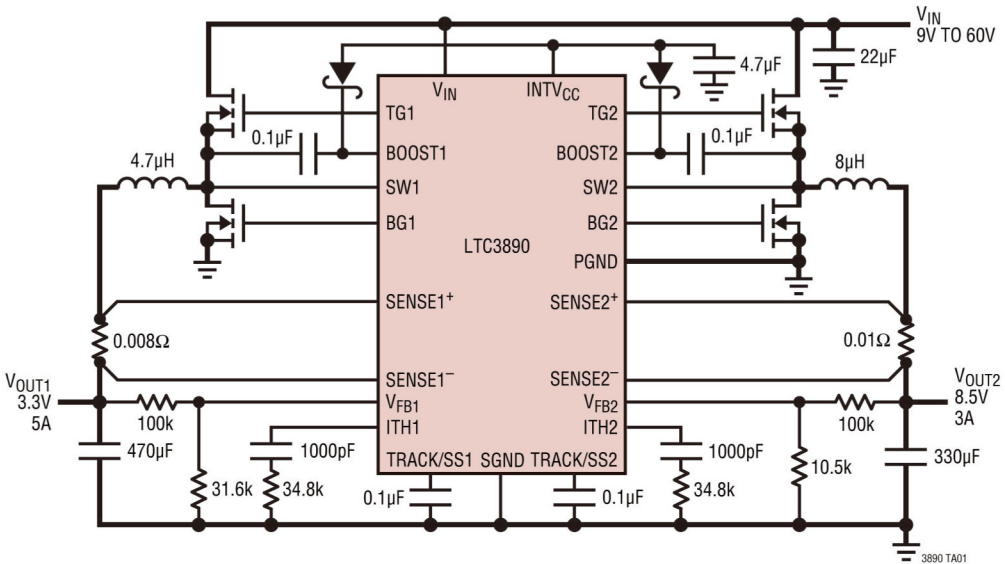


图 1 将 9V 至 60V 输入转换为 8.5V/3A 和 3.3V/5A 输出的 LTC3890 原理图

LTC3890/-1 仅吸取 $14\mu\text{A}$ 电流。该器件 4V 至 60V 的输入电压范围用来防止受到高压瞬态的影响，并在重型设备车辆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，保持连续工作。每个输出都可以在输出电流高达 25A 时，设定为 0.8V 至 24V，同时效率高达 98%，这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 以范围为 50kHz 至 900kHz 的可选固定频率工作，而且可用锁相环 (PLL) 同步至 75kHz 至 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非常容易的环路补偿、快速瞬态响应和卓越的电压调节。输出电流检测通过测量输出电感器 (DCR) 两端的电压降实现，以获得最高效率，或者通过使用可选检测电阻器进行输出电流检测。在过载情况下，电流折返限制 MOSFET 产生的热量。这些特点加上仅为 95ns 的最短接通时间，使该控制器非常适用于高降压比应用。

该器件有两种版本，LTC3890 是全功能器件，功能包括时钟输出、时钟相位调制、两个单独的电源良好输出和可调电流限制。LTC3890-1 没有这些额外的功能，采用 28 引脚 SSOP 封装。LTC3890 采用 32 引线 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ QFN 封装。两种封装均提供 H 级和 MP 级，运行结温分别为从 40°C 至 150°C 和 -55°C 至 150°C 。

突发模式工作、脉冲跳跃或强制连续模式

在低负载电流时，LTC3890/-1 可在启动时进入高效

率突发模式工作、恒定频率脉冲跳跃或强制连续传导模式。配置为突发模式工作且在轻负载情况时，该转换器将突产生几个脉冲，以保持输出电容器上的充电电压。然后转换器关断，并进入休眠模式，在休眠模式时，转换器的大部分内部电路都关断。这时由输出电容器提供负载电流，当输出电容器两端的电压降至设定值时，转换器恢复突发模式工作，从而提供更大的电流，以补充充电电压。关断大部分内部电路的做法极大地降低了静态电流，在“始终保持接通”的系统中，这有助于在系统未运行时延长电池运行时间。图 2 显示了上述工作过程的概念性时序图。

突发模式输出纹波不受负载的影响，因此只有休眠时间间隔的长短会改变。在休眠模式，除了需要快速响应的关键电路，大部分内部电路都关断了，从而进一步降低了静态电流。当输出电压降至足够低时，休眠信号变低，该控制器接通顶端的外部 MOSFET，恢复正常的突发模式工作。另外，在轻负载电流时，还有一些用户要以强制连续或恒定频率脉冲跳跃模式工作的实例。这两种模式都非常容易配置，但是会有较大的静态电流和较小的峰值至峰值输出纹波。

此外，当该控制器启动为突发模式工作时，电感器电流不允许反向。反向电流比较器 IR 在电感器电流快要到达零之前关断底端的外部 MOSFET，从而防止该电流变为负。因此，当配置为突发模式工作时，该控制器仍以断续模式工作。

此外，处于轻负载或大瞬态情况下，在强制连续工作或由外部时钟源提供时钟时，电感器电流允许反向。连续工作的优势是输出电压纹波较小，但产生较大的静态电流。

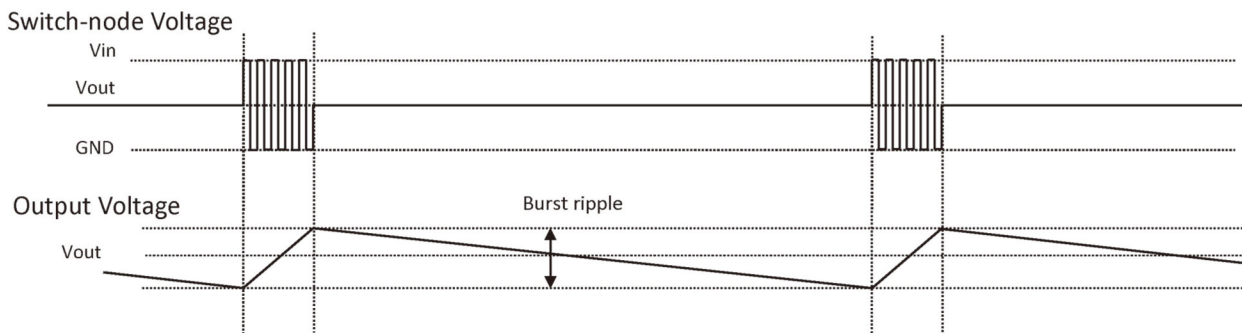


图 2 LTC3890 突发模式工作的电压时序图

Switch Node Voltage: 开关节点电压

Output Voltage: 输出电压

Burst triple: 突发纹波

过流保护

在高压电源中，快速准确的过流限制保护是很有必要。因为输出短路时电感器两端出现高压，所以电感器可快速地达到饱和而导致过大电流流过。LTC3890/-1 可使用与输出串联的检测电阻器或者使用输出电感器两端的压降来检测输出电流。无论采用哪种方法，输出电流都是连续监视的，而且提供最高级别的保护。一些可替换的设计也许使用顶端或底端 MOSFET 的 $R_{DS(ON)}$ 来检测输出电流。不过，这导致在开关周期内，有一段时间控制器不知道输出电流是多少，有可能引起转换器故障。

强大的栅极驱动

开关损耗与输入电压的平方成正比，而且当栅极驱动器不够强大时，这类损耗在高输入电压应用中可能产生重大影响。LTC3890/-1 具有强大的 1.1Ω 内置 N 沟道 MOSFET 栅极驱动器，最大限度地减小了转换时间和开关损耗，从而最大限度地提高了效率。此外，该器件还能在更大电流的应用中驱动多个并联 MOSFET。

效率

图 3 示出了 LTC3890 的效率曲线，这是图 1 原理图具 12V 输入电压时的典型效率曲线。如图所示，8.5V 输出产生高达 98% 的效率。3.3V 时效率也超过了 90%。此外，这个设计由于采用突发模式工作，所以每个输出有

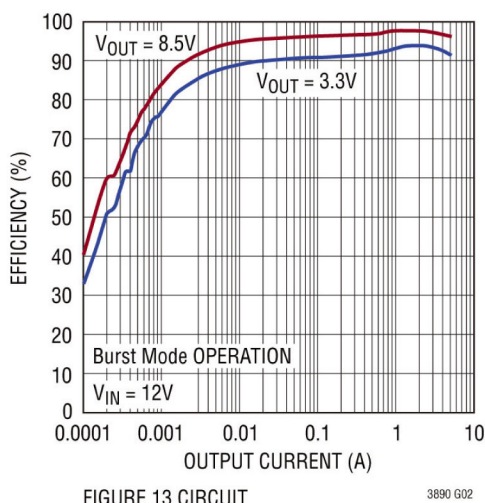


图 3 从 12V 输入至 8.5V 和 3.3V 输出时 LTC3890 的效率曲线

Efficiency vs Load Current: 效率随负载电流的变化
OUTPUT CURRENT: 输出电流

1mA 负载时，效率仍然超过 75%。

快速瞬态响应

LTC3890 采用一个以 25MHz 带宽工作的快速放大器实现电压反馈。该放大器具有大带宽以及高开关频率和低值电感器，允许非常高增益的交叉频率。这使补偿网络能为实现非常快的负载瞬态响应而优化。图 4 说明了 3.3V 输出、4A 阶跃负载的瞬态响应，与标称值的偏离不到 100mV。

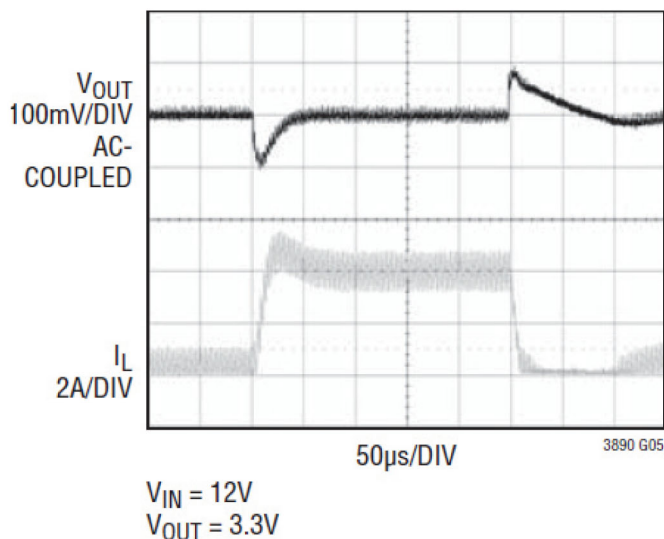


图 4 4A 阶跃负载时 LTC3890 的瞬态响应曲线

AC-COUPLED: AC 耦合
50µs/DIV: 每格 50µs

结论

LTC3890 提供的各种功能使其非常适用于苛刻的军用电源供应应用。在要求于苛刻的高压瞬态环境和宽温度范围内能安全和高效率地工作，该器件提供了新的性能水平。该器件的特色包括 60V 输入能力，这使其非常适用于军用汽车和重型设备应用。其低静态电流在休眠模式时节省了电池电量，从而能延长电池运行时间，这在“始终保持接通”的总线系统中是非常有用的。

此外，LTC3890 很容易应用于各种输出电压，包括高达 24V 的输出电压。另外，其最短接通时间很短，这使 LTC3890 能用在高降压比应用中。该器件无需笨拙的变压器（或外部保护）就能从 60V 直接降低输入电压，这有利于构成更简单、更可靠和紧凑的解决方案。