

# 多相 DC/DC 转换器在整个负载范围内提供高效率

◆ 凌力尔特公司产品市场工程师/Bruce Haug

## 概述

目前，美国数据中心惊人地消耗全美总电力的 2.5%，这个数字正在以每年约 12% 的速度上升，而且升速没有任何放慢的迹象。由于这种电力需求持续增加，所以需要更高效率的电源转换，以减少浪费的电量。就大电流应用而言，智能多相控制器技术是一种非常好的解决办法。这种架构允许大电流稳压器在满负载时实现远超 90% 的效率。然而，这类设计大多数不满足在轻到中负载时实现较高效率的需求。节省轻到中负载时浪费的电力与节省重负载时浪费的电力一样重要。

大多数嵌入式系统通过 48V 背板供电。这个电压正常情况下被降至较低的 24V、12V 或 5V 中间总线电压，以向系统内的电路板支架供电。不过，要求这些电路板上的大多数子电路或 IC 在不到 1V 至 3.3V 的电压范围内、以数 10 mA 至数百 A 的电流工作。因此，要从 24V、12V 或 5V 电压轨降至子电路或 IC 所需的电压和电流值，负载点 (POL) DC/DC 转换器是必需的。

显然，在电压日益降低的同时提高电流的需求在不断增加，这正在驱动电源的发展。这一领域的很多进步可以追溯到电源转换技术领域取得的改进，尤其是在电源 IC 和电源半导体方面的改进。总之，这些组件对提高电源性能起到了很大作用，因为它们允许在对电源转换效率影响最小的前提下提高开关效率。这是通过降低开关和接通状态损耗，从而在提高效率的同时可允许高效

地去除热量。不过，向较低输出电压转变给这些因素施加了更大的压力，这反过来又导致了极大的设计挑战。

## 多相拓扑

多相工作是转换拓扑的一般性术语，在这类拓扑中，由两个或更多个转换器处理单个输入，而且这些转换器相互同步但以不同和锁定的相位运行。这种方法降低了输入纹波电流、输出纹波电压以及总的 RFI 特征值，同时允许单个大电流输出或具完全稳定输出电压的多个较低电流输出。这种方法还允许使用较小的外部组件，从而产生效率较高的转换器，并提供以更少的冷却措施改善热量管理这种附加的好处。

尽管一般而言，降压型转换器是更为普遍的应用，但是多相拓扑可以配置为降压型、升压型甚至正激式转换器。如今，从 12Vin ~ 1.xVout 的转换效率高达 95% 是很普遍的。

在较高功率时，可扩展的多相控制器利用输入和

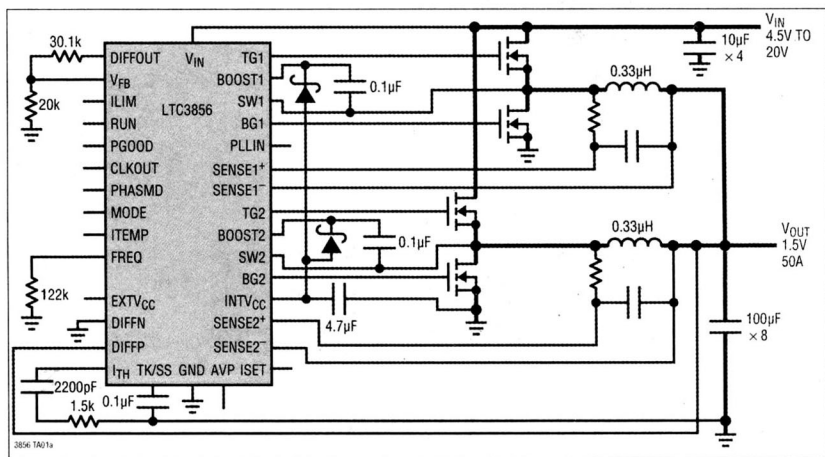


图1：1.5V/50A 大输出电流应用原理图

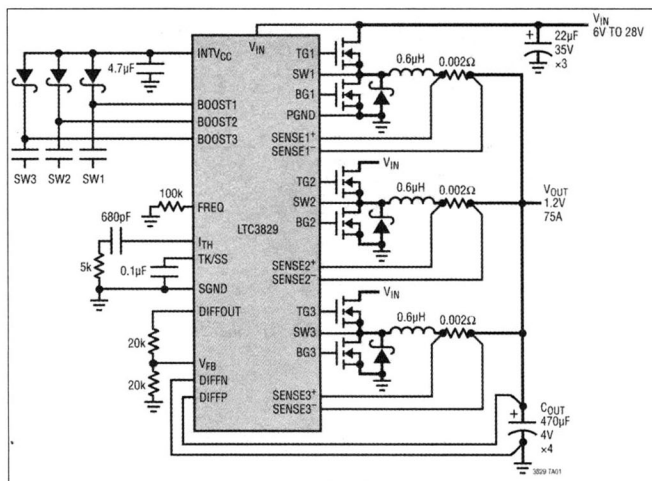


图2: 1.2V/75A 大输出电流应用原理图

输出纹波电流消除技术减小了电容器和电感器的尺寸和成本, 输入和输出纹波电流是由几个并联电源级的时钟信号交错引起的。通过将 PWM 电流模式控制器、真正远端取样、可选相位控制、内在均流功能、大电流 MOSFET 驱动器、以及过压和过流保护功能集成到单个 IC 中, 多相转换器有助于最大限度地减少外部组件数, 并简化整个电源设计。这简化了制造过程, 从而不仅有助于提高电源的可靠性, 还使电源成为可扩展的。这样的系统可以扩展到多达 12 个相位, 以实现高达 300A 的大电流输出。

凌力尔特公司提供几款多相 DC/DC 控制器, 其中 LTC3856 和 LTC3829 是最新推出的、面向大电流 POL 转换的单输出同步降压型控制器。这些器件不仅能提高满载效率, 还提供一种可选的 Stage Shedding™ 工作模式, 该模式可降低轻到中负载时的功率损耗。图1所示电路显示了一个典型的 LTC3856 应用原理图, 用来利用两个相位从 4.5V ~ 14V 输入电压产生 1.5V/50A 输出。

图2中的电路显示了一个典型的 LTC3829 应用原理图, 用 3 个相位从 6V ~ 28V 输入电压产生一个 1.2V/75A 输出。

LTC3856 有两个通道, 且用多个 IC 能实现多达12个相位。LTC3829 有3个通道, 当使用两个 IC 时, 能以多达6个相位工作。内置的差分放大器提供对正和负终端的真正远端输出电压取样, 从而能不受走线、通孔和互连线中 IR 损耗的影响, 而实现高准确度稳定。

## 附带的好处

这些控制器采用全 N 沟道 MOSFET, 在 4.5V ~ 38V 的输入电压范围内工作, 能产生 0.6V ~ 5V、准确度为  $\pm 0.75\%$  的输出电压。通过对输出电流检测, 或通过使用一个检测电阻器来监视输出电感器 (DCR) 两端的压降, 以实现最高效率。可编程 DCR 温度补偿在很宽的温度范围内保持准确的过流限制设定点。强大的内置栅极驱动器最大限度地降低 MOSFET 的开关损耗, 并允许使用多个并联连接的 MOSFET。固定工作频率可设定为 250kHz ~ 770kHz, 或可用其内部 PLL 同步至一个外部时钟。仅为 90ns 的最短接通时间使这些器件非常适用于高降压比/高频应用。

## Stage Shedding工作模式

在轻负载时, 与开关切换有关的功率损耗通常左右着一个开关稳压器的总损耗。在轻负载时消除一个或多个输出级的栅极电荷和开关损耗将极大地提高效率。

Stage Shedding工作模式允许在轻负载情况下关断一个或多个相位, 以降低与开关切换有关的损耗, 而且这种工作模式通常在负载电流降至不到 15A 时使用。总体效率可以提高多达 13%, 如图3所示。这张图还显示了较早和可比较的 LTC3729 两相控制器的效率。由于更强的栅极驱动和更短的死区时间, LTC3856 可在整个负载范围内实现比 LTC3729 约高 3% 至 4% 的效率。

当内置反馈误差放大器的输出电压达到用户可编程电压时, 就触发 Stage Shedding 工作模式。在这个设定电压上, 该控制器关断一个或多个相位, 并阻止功率 MOSFET 的接通和断开。这种能设定何时触发 Stage Shedding 工作模式的能力带来了能决定何时进入这种工作模式的灵活性。图 4 中显示了 SW 波形以及 LTC3829 怎样进入和退出 Stage Shedding 工作模式。

LTC3856 和 LTC3829 能以 3 种模式中的任何一种工作: 突发模式 (Burst Mode) 工作、强制连续模式或 Stage Shedding 模式, 所有这 3 种模式都是

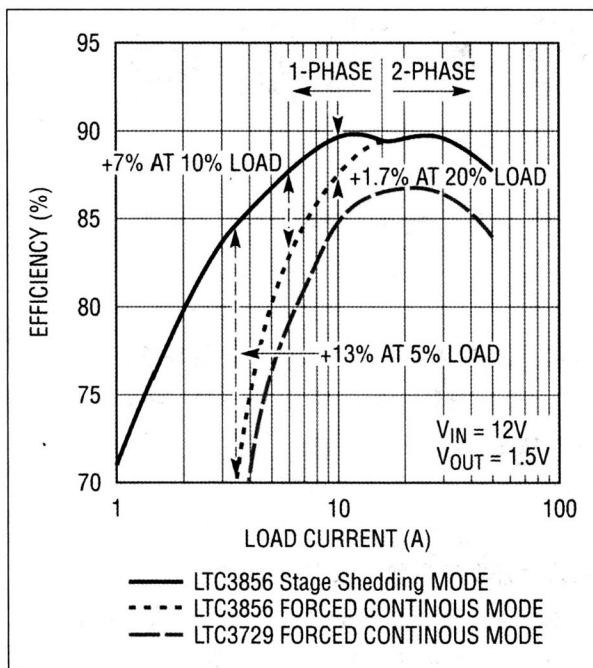


图3: 采用 Stage Shedding 工作模式的 LTC3856 效率与一款较早的控制器效率曲线

1-PHASE: 单相

2-PHASE: 两相

+7% AT 10% LOAD: 在 10% 负载时提高 7% EFFICIENCY: 效率

LOAD CURRENT: 负载电流

LTC3856 Stage Shedding MODE: LTC3856 Stage Shedding 模式

LTC3856 FORCED CONTINUOUS MODE: LTC3856 强制连续模式

用户可选的。在超过 15A 的重负载时，这些器件以恒定频率 PWM 模式工作。在非常轻的负载时，可选择突发模式工作，并将在负载电流不到 0.5A 时产生最高效率。突发模式工作在一个周期至几个周期的脉冲串之间切换，输出电容器在内部休眠时提供能量。

## 有源电压定位

LTC3856 和 LTC3829 还具有有源电压定位 (AVP) 功能，该功能在阶跃负载时减少

最大电压偏离，并在较重负载时降低功耗，从而进一步提高了效率。图 5 显示，图 1 中的电路有和没有 AVP 的行为差异。没有 AVP，对于一个 25A 阶跃负载而言，最大电压偏离为 108mV。有 AVP，对于同样的 25A 阶跃负载，最大电压偏离为 54mV。此外，当输出电流从 25A 上升到 50A 时，输出电压下降 54mV，结果负载消耗较低的 2.7W 功率。

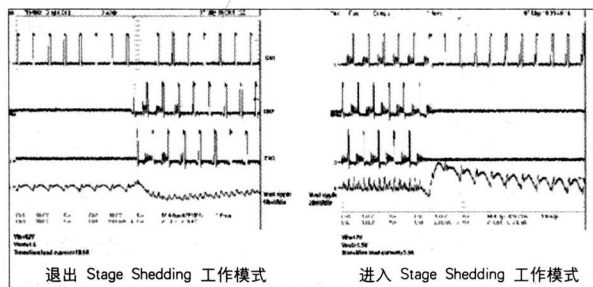


图4: LTC3829 Stage Shedding 相位波形

## 结论

未来几年，降低数据中心功耗的需求将成为焦点。就几乎任何种类的系统而言，由于在一个给定机柜中受限的空间和冷却以及在整个负载范围内需要高效率等多种限制条件，所以 POL DC/DC 转换器的设计师面临很多挑战。尽管必须克服大量限制因素，很多最新退出的多相稳压器还是提供了简单、紧凑、高效率和功能丰富的解决方案。通过迈向多元化的多相拓扑，设计师们可以有效地提高效率、节省空间、简化布局、降低电容器纹波电流、提高可靠性并节省成本。

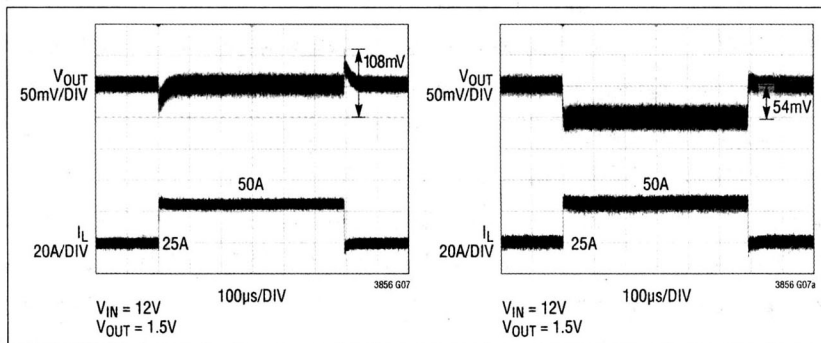


图5: 有源电压定位负载阶跃特性

备注: 50mV/DIV; 每格50mV