

多相电流模式控制器可为最新一代的 20nm FPGA 供电

作者: Bruce Haug, 高级产品市场工程师, 凌力尔特公司

目前可提供的 28nm 以下现场可编程门阵列 (FPGA) 采用了业界仅有速度高达 1,500Gbps 浮点运算的硬浮点数字信号处理 (DSP) 模块。这些 FPGA 采用 28nm 以下工艺技术制造, 可提供高达 17.4Gbps 的运算速度以支持长距离背板, 并具有高达 28.3Gbps 的数据速率以把高端带宽性能引入中端设备。

这些新型 FPGA 需要高达 105A 电流来为其内核供电, 并采用 VID (电压识别) 6 位接口严密地控制其工作电压 (10mV 步进) 以实现最优性能。对于如此大的电流, 应使电流检测元件的电阻尽可能低以最大限度地降低电源传导损耗, 这一点是至关重要的。然而, 低电阻的电流检测元件产生较低的斜坡电压, 这在采用电流模式控制器时不利于实现稳定的运作。低斜坡电压导致一个电流模式控制型开关电源具有显著的抖动, 而且它在

许多应用中有可能变得不稳定。因此, 常规的做法是采用电压模式控制器作为替代, 尽管其存在性能不足和潜在的可靠性问题。

尽管如此, 相比于电压模式替代方案, 电流模式控制型开关电源仍然拥有几个优势。具体如下:

1. 利用旨在提供输出短路和过载保护的快速、逐周期电流检测实现了较高的可靠性。
2. 较简单的反馈环路补偿。
3. 在大电流多相设计中可实现准确的均流。
4. 较快的瞬态响应。

然而, 对于大电流输出 (通常大于每相 20A), 要求 mΩ 以下 DCR 铁氧体电感器以实现高效率。但是这些电感器将不会产生使电流模式控制器在所有操作条件下均保持稳定所需的足够电压斜坡信号。于是, 电压模式解

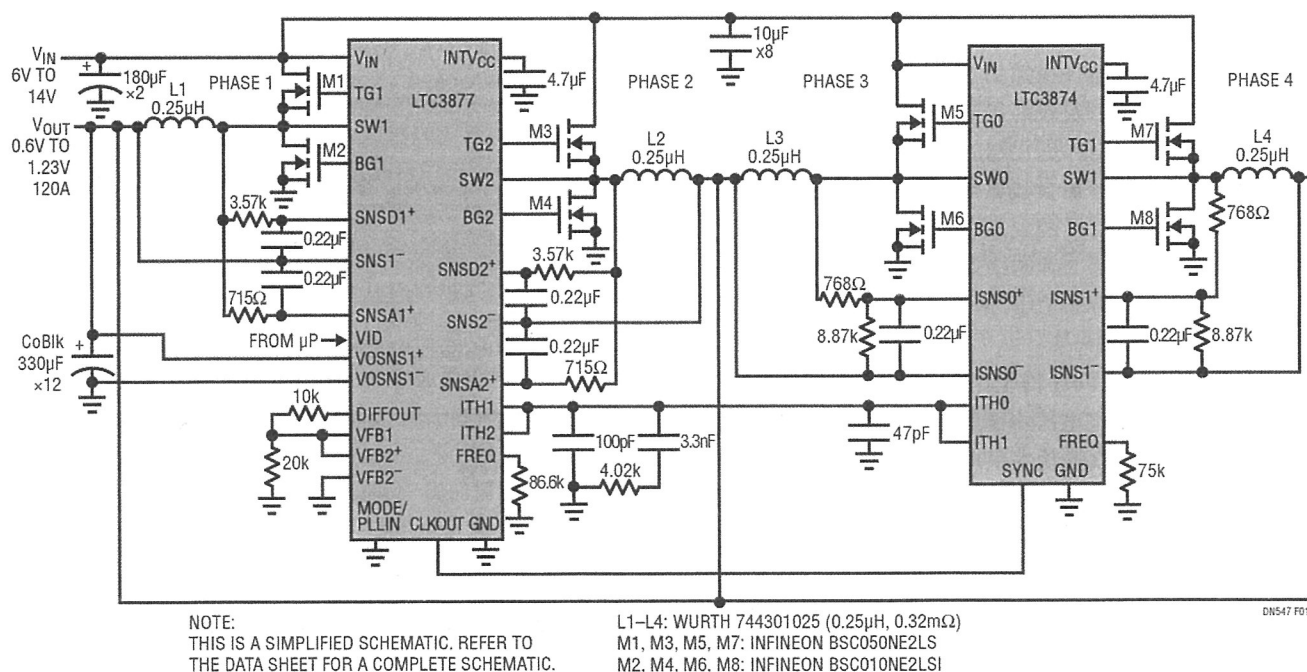


图 1: 用于提供低电压 120A 输出的 LTC3877/LTC3874 组合原理图

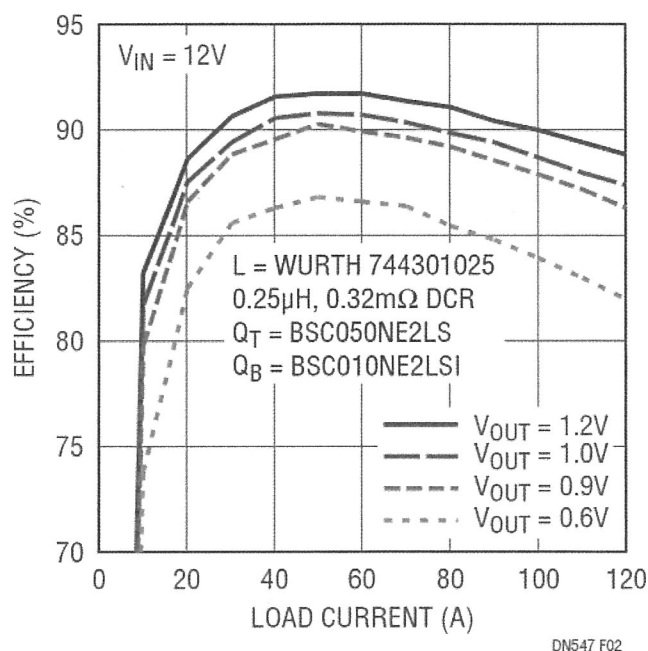


图 2: 4 相 120A VID 转换器的效率

决方案就变得更有吸引力。迄今为止，情况就是如此。

近期推出的电流模式两相 DC/DC 降压型控制器 LTC3877 具有检测非常低的斜坡电压并保持卓越稳定性的能力。该器件以真正电流模式控制方式运作，并可凭借其新颖的检测方案使用非常低 (低至 $0.3\text{m}\Omega$) 的 DC 电阻 (DCR) 功率电感器，这能提高电流检测信号的信噪比。这种检测方法显著地降低了通常与低 DCR 电阻应用有关的开关抖动，而且 LTC3877 可调的电流限制可针对非常低的 10mV 至 30mV 检测电压进行配置，以最大限度地降低功率损耗。由于减低了电感器功率损耗且拥有检测较低斜坡电压的能力，故而该较低的电感器 DCR 允许最大输出电流高至每相 30A 。因此，4 相设计可支持一个 120A 负载。

另外，LTC3877 还具有 6 位电压识别 (VID) 控制功能，可实现 10mV 输出电压步进分辨率，当为具非常严格输入电压容差的 FPGA 和 ASIC 供电时，这种特性是必要的。可并联多达 12 相和采取异相的时钟以最大限度减少输入和输出滤波。LTC3877 的相位扩展器还可用于高相位数应用，从而对凌力尔特的低 DCR 峰值电流模式控制器起到补充作用，并提供针对多相从属设计的所有必要功能，包括用于稳态和动态负载的准确相位间之均流。当输出并联时，LTC3877 相位之间保持优于 $\pm 2.5\%$ 的电流失配，从而使该器件理想地满足高达 300A 的非常大电流之要求。

在 -40°C 至 125°C 的工作温度范围内，LTC3877 保

持 $\pm 1\%$ 的输出电压准确度 (包括内部电阻分压器和远端差分检测放大器误差)。两个内置差分放大器针对两路输出实现远端输出电压检测。该器件的最短接通时间为 40ns ，因此在高工作频率时可实现高的降压比。LTC3877 的可选固定工作频率范围为 250kHz 至 1MHz ，或者该器件还可同步至一个外部时钟。强大的内置全 N 沟道栅极驱动器最大限度地降低了 MOSFET 开关损耗，而其 DCR 温度补偿可在很宽的温度范围内保持恒定的电流限制门限。其他特点包括可调软启动或跟踪、折返电流限制、短路软恢复、输出过压保护以及两个电源良好输出电压信号。LTC3877 采用 44 引线 $7\text{mm} \times 7\text{mm}$ QFN 封装。

因此，可使用 LTC3877 与 LTC3874 的组合，以通过利用 6 位 VID 接口来给内核电源轨供电，从而降低 FPGA 的静态和动态功耗。

采用 VID 的 120A 电流解决方案

图 1 中的简化原理图示出了 LTC3877 与 LTC3874 双通道相位扩展器配合使用的情形。最终的 4 相设计能利用 0.6V 至 1.23V 的 VID 控制型输出电压产生高达 120A 。每相采取了异相时钟，从而实现了较低的输出纹波和较快的负载阶跃瞬态响应。

如图 2 所示，对于 $1.2\text{V}/120\text{A}$ 输出的满载效率为 88.8% ，并在 60A 时达到 92% 的峰值。获得这高效率是源于强大的内置栅极驱动器、两个控制器 IC 的简短死区时间、MOSFET 的选择和低 DCR 铁氧体电感器。

该设计中所使用的电感器具有 $0.32\text{m}\Omega$ 的导线电阻，因此 4 个电感器的组合 DCR 功率损耗为 $(120\text{A}/4)^2 \times 0.00032 \times 4 = 1.2\text{W}$ ，采用公式 $P_{\text{LOSS}}(\text{DCR}) = I^2 \times \text{DCR} \times \text{相的数量}$ 。不具备 $\text{m}\Omega$ 以下 DCR 检测功能的标准电流模式控制器将需要至少 $1\text{m}\Omega$ 的电感器电阻，这就产生了 $(120\text{A}/4)^2 \times 0.0010 \times 4 = 3.6\text{W}$ 的较高功率损耗。当与 1.2V 输出一起使用时，这种较低电阻电感器设计把功率损耗降低了 2.4W ，并将满载效率提升了 1.3% 。

LTC3877 包括两个电流检测引脚 (SNSD+ 和 SNSA+) 以采集电感器斜坡电压信号并对其进行处理，以为低电压检测信号提供 14dB 的信噪比改善。电流限制门限是电感器峰值电流及其 DCR 值的一个函数，并能以 5mV 步进准确地设定在 10mV 至 30mV 的范围内。器件与器件之间的电流限制误差在整个温度范围内仅为 1mV ，从而确保了出色的准确度。

此外，LTC3877 还包含两个差分放大器，以适合那些需要进行远端采样的应用。对负载实施差分检测极大地有利于大电流、低电压应用中的调节，在此类应用

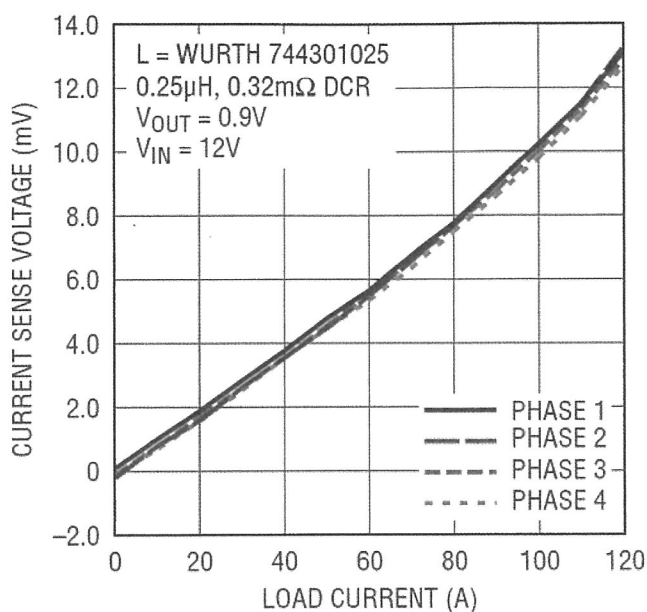


图3: 采用 LTC3877 和 LTC3874 的 4 相均流

中, 电路板互连损耗会在总的误差分配中占到很大的一部分。LTC3877 采用一种恒定频率峰值电流模式控制架构, 其保证了逐周期峰值电流限制和电源相位之间的卓越均流。由于运用了一种可改善电流检测电路之信噪比

的独特架构, 因此该器件特别适合低电压、大电流电源。改善的信噪比可最大限度地抑制由有可能损坏信号的开关噪声所引起的抖动。

LTC3877 和 LTC3874 均采用了一种专为 mΩ 以下 DCR 检测而设计的专有 DCR 电流检测架构, 其可提供均流和电流限制的严格控制。图 3 示出了图 1 中的 4 相转换器的均流性能。当检测输出电感器两端的电压降时, 相位之间的均流误差小于 1mV。

结论

LTC3877 允许把 mΩ 以下 DCR 电感器与其电流模式控制架构一起使用, 以在大电流应用中提高效率。电流模式控制器提供了几项胜过电压模式控制器的优势, 即: 利用快速逐周期电流检测实现的较高可靠性、相位之间的准确均流、简单的反馈环路补偿和较快的瞬态响应。LTC3877 非常适用于最新一代 FPGA 中常见的大电流负载点 VID 应用, 并能够很容易地支持高达每相 30A (总共 60A) 的电流。对于更高功率应用, 增设 LTC3874 相位扩展器可额外提供每相 30A 的电流, 总电流达到 120A。此外, 由于这种转换器组合降低了功率损耗, 因此效率升幅的增加最大限度地减少了热设计工作量。

www.linear.com.cn