

# 高功率密度系统需要大电流转换器

High power density systems demand high current converters

作者 / Steve Knoth 凌力尔特公司（现隶属 Analog Devices 公司）电源产品高级产品市场工程师

Steve Zhou 凌力尔特公司（现隶属 Analog Devices 公司）电源产品高级设计工程师。

摘要：本文介绍了降压型稳压器设计中需要注意的问题及面临的新挑战，并介绍了LTC7150S和LTC7130两款满足特定需求的降压型变压器。

关键词：降压型变压器；LTC7150S；LTC7130

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2017.9.006

## 引言

2016年，不断扩大的大电流、低压数字IC市场规模达到了92亿美元（数据来源：Intense Research公司）。这类数字IC包括微控制器和微处理器（ $\mu\text{C}$ 和 $\mu\text{P}$ ）、可编程逻辑器件（PLD）、数字信号处理器（DSP）、专用集成电路（ASIC）和图形处理器单元（GPU）。此外，其中一个较大的细分市场——现场可编程门阵列（FPGA）IC，2014年，其市场规模为39.2亿美元，预计到2022年将达到72.3亿美元，从2016年到2022年，年复合增长率达7.41%（数据来源：marketsandmarkets）。高功率密度

数字IC几乎已经进入了所有嵌入式系统，包括工业、通信、电信、服务器、医疗、游戏、消费类音频/视频和汽车等系统。在这些市场中，FPGA正在使先进应用变为现实，例如，高级驾驶员辅助系统（ADAS）和防撞系统等消除人为差错的汽车应用。此外，政府要求的安全功能，例如防锁刹车系统、稳定性控制和电气控制的独立悬架系统都必须使用FPGA。在消费类电子产品领域，对物联网（IoT）和机器至机器（M2M）通信的需求以及数据与服务器中心的增长，也是驱动FPGA市场增长的一些因素，需要存储大量数据和进行云计算是数据和服务器中心增长的驱动因素。

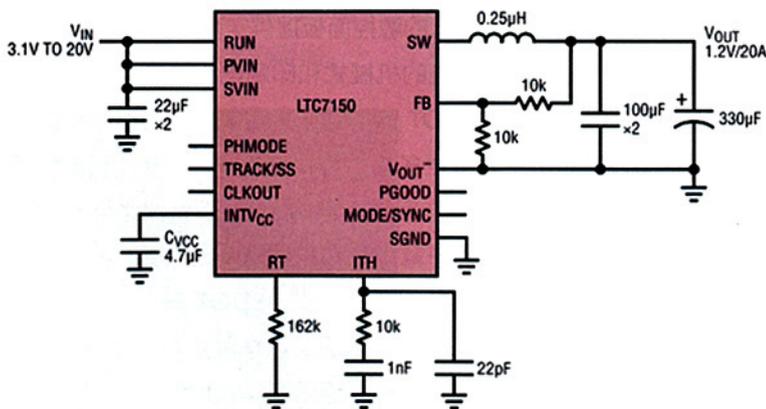


图1 LTC7150S的典型应用原理图

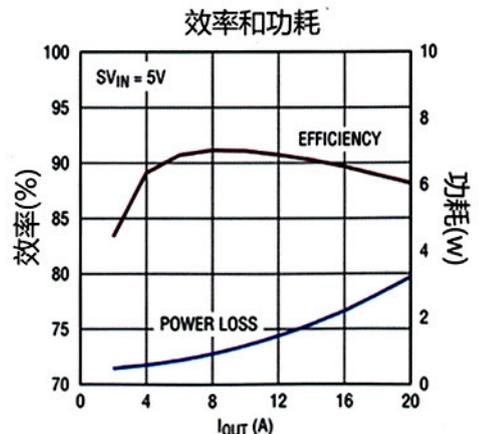


图2 LTC7150S的效率性能

这些基于高功率密度数字IC的系统对电源有一套独特的要求。就目前这一代 FPGA 和 ASIC 处理器而言，大电流、低电压和快速瞬态响应相结合，对于给这些器件供电的电源提出了越来越严格的要求。这些数字IC很强大，但是从电源角度来看却是不稳定的。传统上，用来给这类器件供电的一直是具单独大功率 MOSFET 的高效率开关稳压器控制器，但是这类控制器有潜在的噪声干扰、较慢的瞬态响应和布局限制问题。因此，近几年来，最大限度减少热量的低压差稳压器（LDO）一直被作为替代解决方案使用，但是这类稳压器也不是没有其自身的一些限制。不过，由于这一领域最新出现的产品创新，发展趋势正在发生变

相反，线性稳压器，尤其是LDO，就非常简单，因为这类稳压器仅需要两个外部电容器就可运行。然而，线性稳压器的功率也许会受限，这取决于该IC两端的输入至输出电压差大小和负载需要多大电流，以及封装的热阻特性。这就对线性稳压器进入数字IC供电领域造成了限制。

## 大电流单片降压型转换器的设计挑战

晶片制造技术线宽不断变窄，严格遵循了摩尔定律，因此要求数字 IC 以更低电压运行。几何尺寸更小的工艺允许在最终产品中集成更多需要大量功率的功能。例如，现代计算机服务器和通信路由系统需要

更大的带宽，以处理更多计算数据和互联网流量。汽车有更多车载电子产品，以提供娱乐、导航、自动驾驶功能，甚至引擎控制。结果，系统电流消耗和所需的总功率增加了。因此，需要最先进的封装和创新性内部电源级设计，以将电源 IC 中的热量散出来，同时提供前所未有的大功率。

较大的电源抑制比（PSRR）和较低输出电压噪声或纹波需求是另外两项需要考虑的挑战。具有较大电源抑制比的器件能够更容易地在输入端滤除和抑制噪声，从而产生干净和稳定的输出。此外，在很宽的带宽内具较低输出电压噪声或较低输出纹波的器件有利于给如今的新式低噪声轨供电，在这类轨中，噪声灵敏度是设计时需要考虑的主要因素。随着对高端 FPGA 速度要求的提高，电源噪声容限在不断降低，以最大限度减少误码。就这类高速PLD而言，这类噪声引起的数字故障极大地降低了有效数据吞吐速率。在大电流时，输入电源噪声显然是一种重要但要求苛刻的性能规格。

较高的收发器速率（例如在 FPGA）决定了较大的电流，因为几何尺寸很小的电路在切换时功耗较大。这类 IC 速度很快，可能在几十至数百纳秒内就

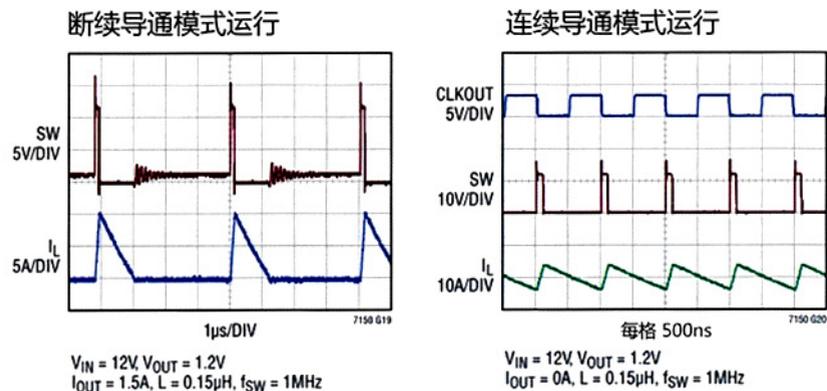


图3 LTC7150S的瞬态响应性能

化。较新型的大功率单片开关稳压器不再需要进行性能折衷，并正在迅速得到采用。

## 开关稳压器、充电泵及 LDO

低电压、大电流降压型转换和调节可以通过各种方法和各种设计折衷来实现。就刚起步的人而言，开关稳压器控制器以高效率运行，在很宽的电压范围内提供大电流，但是需要诸如电感器和电容器（以及在控制器情况下的 FET）等外部组件才能运行。无电感器充电泵（或开关电容器电压转换器）也可用来实现较低电压的转换，但是输出电流能力受限，瞬态性能不佳，且与现行线性稳压器相比，需要更多外部组件。因此，在数字IC电源应用中，不常见到充电泵。



表1 比较 LTC7150S 和 LTC7130 的关键性能规格

参数	LTC7150S	LTC7130	备注
V <sub>IN</sub> 范围	3.1V 至 20V	4.5V 至 20V	LTC7150S 可直接从 12V 总线、5V 或 3.3V 电源轨获得功率
V <sub>OUT</sub> 范围	0.6V 至 V <sub>IN</sub>	0.6V 至 5V	
F <sub>SW</sub> 范围	400kHz 至 3MHz	250kHz 至 770kHz	LTC7150S 需要的外部组件更小
t <sub>ON</sub>	25ns	90ns	LTC7150S 有更快的瞬态响应，因此 C <sub>OUT</sub> 可以减小
多相	多达 12 个相位	多达 12 个相位 (使用外部时钟芯片)	
电流限制	内部设定	用外部组件进行 DCR 检测	
封装: BGA	6mm x 5mm x 1.3mm (42 引脚)	6.25mm x 7.5mm x 2.22mm (63 引脚)	

高降压比电源。工作频率在400kHz至3MHz范围内，并可同步至一个外部时钟。在-40°C至125°C工作结温范围内，LTC7150S的总差分输出电压准确度为±1%，其他特点包括高速差分远端检测放大器、PHMODE 相位选择器引脚、准确的1.2V RUN引脚门限、VIN过压保护、电源良好标记和可编程软启动/跟踪。

LTC7150S采用耐热增强型42引线6mm x 5mm x 1.3mm BGA封装，提供RoHS无铅和有铅SnPb（63/37）涂层。E级和I级版本规定在-40°C至125°C结温范围内运行。

## 高效率、更低EMI和快速瞬态响应

器件型号LTC7150S集成了用于VIN和BOOST的陶瓷电容器，以保持所有快速AC电流环路都很小，因此改善了EMI性能。此外，该器件允许更快速的开关切换边沿，这在高开关频率时极大地提高了效率。

LTC7150S独特的受控接通时间架构允许该IC快速响应瞬态阶跃。这是在瞬态阶跃时完成的——开关频率自带加速能力，这就允许电感器电流更好地追随误差放大器（ITH）输出的意愿。这允许更积极地设定ITH补偿，从而可增大环路总带宽。

LTC7150S允许在高频时实现高效率，这是因为该器件有一个关键特点，即显著缩短了死区时间。该IC内部的伺服环路在SW上升沿之前将死区时间锁定为<1ns。死区时间缩短最大限度减少/消除了对底部

开关体二极管导通的需求。在顶部开关接通时，这从根本上消除了底部开关体二极管反向恢复的影响。因这个特点而使功耗相当显著地降低了。

更低的纹波电流可降低电感器的磁芯损耗、输出电容器的ESR损耗和输出电压纹波。在低频、小纹波电流时可实现高效率运行。不过，实现这一点需要一个大型电感器。在组件尺寸、效率和工作频率

之间需要折衷。图2中的曲线显示了LTC7150S的高效率性能。

这种独特的恒定频率 / 受控接通时间架构非常适合以高频运行的高降压比应用，同时需要快速瞬态响应。图3显示了LTC7150S的瞬态响应性能。

## 超低 DCR 电流检测应用

LTC7130是一款恒定频率、峰值电流模式控制、同步降压型DC/DC转换器，具温度补偿的超低DCR电流检测和时钟同步功能。该器件独特的架构减轻了补偿负担，能够直接并联以实现更强的输出电流能力。LTC7130还提高了电流检测信号的信噪比，从而允许使用DC电阻非常低的功率电感器，以在大电流应用中最大限度提高效率。这个特点还减少了低DCR应用中常见的开关抖动，并提高了电流限制的准确度。LTC7130的4.5V至20V输入范围支持多种应用，包括大多数中间总线电压，并与很多电池类型兼容。集成的N沟道MOSFET在0.6V至5.5V的输出电压范围内可提供高达20A的连续负载电流，从而使该器件非常适合负载点应用，例如大电流/低压DSP/FPGA/ASIC参考设计。其他应用包括电信/数据通信系统、分布式电源架构和一般的高功率密度系统。图4显示了一个典型的应用电路。表1对 LTC7150S 和 LTC7130 的特点进行了比较。

(下转第22页)

## (上接第30页) 结论

FPGA、微处理器等高性能数字IC的持续发展趋势是，电流越来越大，相应的工作电压越来越低，这是通过线宽日益变窄的晶片制造技术实现的。然而伴随这些进步而来的是其他应用需求，在电源管理领域，这类需求包括需要快速瞬态响应、低噪声/低纹波，以及高效率运行以最大限度减少热量。传统上，给这些数字

IC供电一直用LDO或基于电感器的开关稳压器控制器和外置功率器件完成。不过，凌力尔特公司提供了采用高热效率BGA封装的新一代单片、大电流降压型开关稳压器，以解决这些问题。这些产品包括LTC7150S和LTC7130，这两款器件都具有独特的功能，以解决多种应用为数字IC供电的问题。

