

高效低耗步步为营

用大电流LDO为FPGA供电

需要低噪声、低压差和快速瞬态响应

诸如可编程逻辑器件 (PLD) 等大电流、低电压数字 IC 几乎渗透到了每一种嵌入式系统中, 可编程逻辑器件包括现场可编程门阵列 (FPGA)、DSP、 μ P 和 ASIC。这些嵌入式系统包括但不限于工业、通信、电信、服务器、医疗、游戏、消费类音频/视频和汽车。FPGA 正在使非常尖端的应用在这些市场中得以实现。根据市场调查公司 In-Stat 和 Gartner 的预测, 2010 年 FPGA 市场将增长到超过 25 亿美元。

目前一代 FPGA 和 ASIC 处理器兼有大电流、低电压和快速瞬态响应的特点, 这对为内核、I/O 和收发器通道供电的电源提出了比以往更严格的要求。这些数字 IC 是强大的, 然而从电源的角度来看, 也是反复无常的。传统上, 一直用效率更高的开关稳压器为这些器件供电, 但是开关稳压器有潜在的噪声干扰问题、瞬态响应和布局限制。结果, 近些年来, 一直将 LDO 作为可供这些应用选择的器件, 但是 LDO 也不是没有它们自己的一些限制。不过, 幸运的是最近在这一领域出现产品创新, 使这种趋势已经有所改变, 而且较新推出的 LDO 不再有性能权衡问题。

设计挑战

在严格地遵循摩尔定律下, 芯片制造技术的线宽在不断缩小, 从而使这些数字 IC 能够以更低电压运行。很多输入电压轨要以更大的电流和更低的输出电压运行, 因而要求增加功耗。因此, 需要最先进的封装, 以使热量从电源 IC 中散发出来。就 LDO 而言, 低压差运行能力最大限度地减小了输入和输出电压之差, 同时这种稳压器保持输出稳定, 以减轻功耗和

■ 凌力尔特公司 Greg Hughes/Steve Knoth

高效低耗步步为营

封面故事

热量问题。

要求高电源抑制比 (PSRR) 和低输出电压噪声是另外两项需要克服的挑战。一个具有高电源抑制比的器件可以更容易地在输入端滤除和抑制噪声,从而产生一个干净和稳定的输出。此外,对于今天的新式低噪声轨来说,噪声灵敏度是设计时需要考虑的因素,给这样的低噪声轨供电,一个在宽带宽上具有低输出电压噪声的器件是有利的。由于高端 FPGA 对速度的要求在提高,因此,电源噪声容限在不断减小,以最大限度地缩减位误差。就这些高速 PLD 而言,这类噪声引起的数字故障极大地降低了有效的数据吞吐速度。大电流时的输入电源噪声显然是一个重要而又苛刻的性能规格。

更高的收发器速度 (例如在 FPGA 中) 表示需要更大的电流,因为几何尺寸更小的电路开关时需要更大的功耗。而且,这些 IC 是快速的,它们可能仅用几十至几百 ns 时间就能将负载电流从零提高到几安培,因而需要一个有超快瞬态响应的稳压器。

为数字IC供电的新型稳压器解决方案

对于为这些较新的 FPGA 供电来说,具有合适规格的线性稳压器是一种理想的解决方案。不过,就 LDO 而言,必须拥有以下特性才可以使用:

- 快速瞬态响应时间
- 在宽输入/输出电压范围内运行
- 大输出电流能力
- 非常低的输出噪声
- 以非常低的压差运行

行

- 卓越的热性能

- 在高频时有高的 PSRR

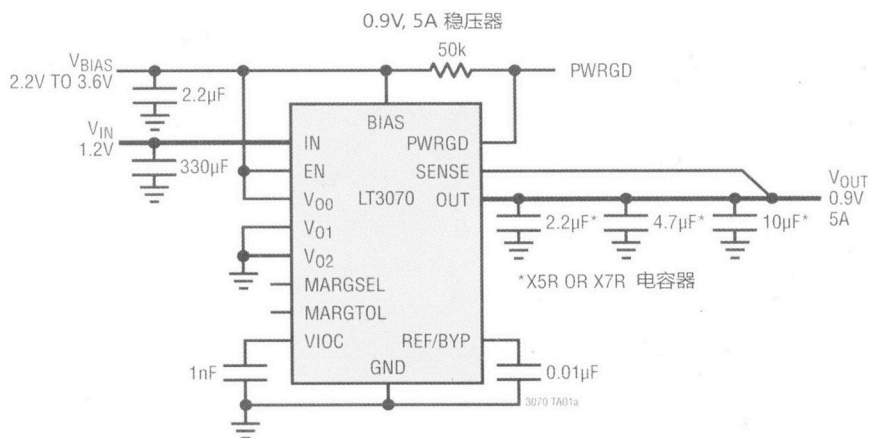
- 系统调试功能 …… 一个额外收获

凌力尔特公司最近推出了 LDO 器件 LT[®]3070, 该器件具有以上提到的所有特性。

超快(UltraFast™)5A可编程输出、5A 低噪声 LDO

LT3070 是一种超快、数字可编程线性稳压器,与目前可获得的任何单片 5A LDO 相比,具有最低的压差电压、最低的噪声和最快的瞬态响应。其基于 MOS 的架构在满负载时允许仅为 85mV 的超低压差,在输入或输出电压波动时,地引脚中的电流没有变化。在 10Hz 至 100kHz 带宽范围内,5A 时的输出电压噪声仅为 25uVRMS, PSRR 在 1MHz 时为 30dB。LT3070 的 1MHz 单位增益带宽加上其最小的 15uF 陶瓷输出电容,在响应快速 4.5A 输出负载步进时,提供仅为 30mV 的过冲/下冲,从而显著节省了大容量电容、电路板空间和成本。参见图 1 以获得详细信息。结果,LT3070 非常适用于有效地为低压、大电流器件供电。

图1 LT3070 的典型应用电路



高效低耗步步为营

LT3070 的输出电压是数字可编程的，范围为 0.8V 至 1.8V (以 50mV 增量)。在整个电压、负载和温度范围内，准确度严格规定为 $\pm 1\%$ 。一种数字裕度调节功能能以 $\pm 1\%$ 、 $\pm 3\%$ 或 $\pm 5\%$ 的增量调节系统输出电压，这在系统开发调试阶段是有利的。一个电源良好(PowerGood) 标记可指示输出电压是否处于稳定状态，或者该器件处于 UVLO 状态，而且该标记还对热故障提供早期告警指示。LT3070 的输入电源电压范围为 0.95V 至 3.0V，而偏置电源电压范围为 2.2V 至 3.6V。这个偏置电源为内部 NMOS 通路器件提供栅极驱动。

此外，多个 LT3070 器件还可以非常容易地并联，以实现更大的输出电流，并更好地在 PCB 上消散热量。该器件的跟踪功能可以控制一个外部降压型稳压器，以驱动这个上游降压型稳压器，保持 LT3070 的输入电压等于 V_{OUT} 加 300mV，从而最大限度地降低功耗，而不会损害 PSRR。如果输出电压动态变化，那么跟踪功能就自动调节该降压型稳压器的输出电压，以保持效率不变。内部保护电路包括 UVLO、反向电流保护、具电源折返的准确电流限制、以及具迟滞的热停机。最后，LT3070 采用耐热增强型、扁平 (0.75mm) 28 引线 4mm x 5mm QFN 封装，在 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 的结温范围内工作。

超快瞬态响应

LT3070 具有大带宽，可利用低 ESR 陶瓷输出电容器提供超快瞬态响应，从而节省大容量电容、PCB 面积和成本。注意：对于快速切换边缘来说，大容量电容器是不足够的，因为它们的寄生 ESL 显著高于用更小的陶瓷电容器去耦的 LT3070。

LT3070 的架构将内部 N 沟道功率 MOSFET 作为一个电源跟随器驱动。这种配置允许用户获得一个具有卓越高频 PSRR 性能的极低压差、超快瞬态响应稳压器。通过在最新式的微处理器应用中去掉昂贵的大容量钽或电解质电容器，LT3070 实现了卓越的稳压器带宽和瞬态负载性能 (如图 2 所示)。用户可以实现显著的成本节省，因为所有额外的大容量电容都不需要。此外，还非常显著地额外节省了插件成本、采购/库存成本以及电路板空间。

N 沟道电源跟随器 LDO 拓扑比对应的 P 沟道拓扑快得多。N 沟道电源端的低阻抗降低了 LT3070 的有效输出阻抗。P 沟道 LDO 输出的高阻抗漏极需要昂贵的输出电容，因此限制了这种方法的有效带宽。因此，LT3070 的低阻抗输出实现了卓越瞬态响应所需的 1MHz 环路带宽。

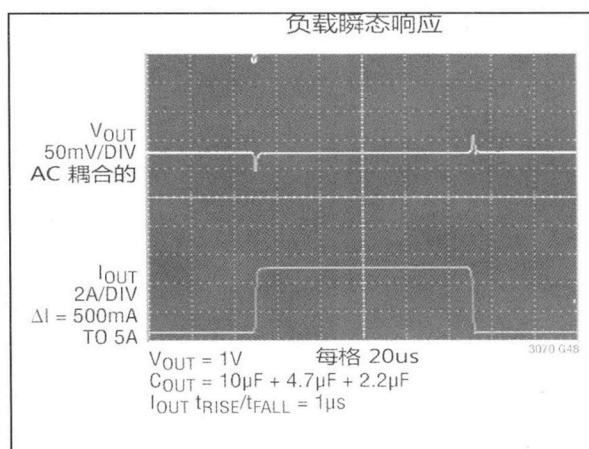


图2 LT3070 负载瞬态响应

输入至输出电压控制 (VIOC) 最大限度地提高效率

LT3070 具有一种独特的跟踪功能，以控制为它供电的上游降压型稳压器。VIOC 引脚是

高效低耗步步为营

封面故事

集成跨导放大器的输出，该放大器提供或吸收 250 μ A 电流。通过吸收来自 ITH 补偿节点的电流，它调节大多数 LTC 开关稳压器或 LTM 电源模块的输出。

通过将 LT3070 的输入电压保持在 VOUT 加 300mV，VIOC 功能控制为 LT3070 输入供电的降压型稳压器。选择这个 300mV 的 VIN — VOUT 电压差是为了提供快速瞬态响应和良好的高频 PSRR，同时最大限度地降低功耗并最大限度地提高效率。例如，1.5V 至 1.2V 转换和 1.3V 至 1V 转换在 5A 满输出电流时产生 1.5W 最大功耗。

图 3 说明了如果线性稳压器被禁止，该开关的反馈电阻器网络就设定开关稳压器的最大输出电压。不过，一旦 LT3070 启动，那么 VIOC 反馈环路就将开关稳压器的输出电压降回到 VOUT 加 300mV。

利用 VIOC 功能建立 LT3070 和开关稳压器之间的反馈环路。因此，反馈环路必须是频率补偿的，以实现稳定性。幸运的是，VIOC 至很多 LTC 开关稳压器 ITH 引脚的连接都呈现高阻

- 压差电压：典型值为 85mV
- 数字可编程的 VOUT：0.8V 至 1.8V
- 数字输出裕度调节： $\pm 1\%$ ， $\pm 3\%$ 或 $\pm 5\%$
- 低输出噪声：25 μ V RMS (10Hz 至 100kHz)
- 可并联：采用两个器件实现 10A 输出
- 准确的电流限制： $\pm 15\%$
- 在整个电压、负载和温度范围内实现 $\pm 1\%$ 的准确度
- 采用低 ESR 陶瓷输出电容器 (最小 15 μ F) 可稳定
- 高频 PSRR：1MHz 时为 30dB
- 使能功能接通/断开输出
- VIOC 引脚控制降压型转换器，以保持低功耗并优化效率
- PWRGD/UVLO 标记
- 电流限制折返保护
- 具早期告警指示器的热停机
- 扁平 (0.75mm) 28 引线 4mm x 5mm QFN 封装

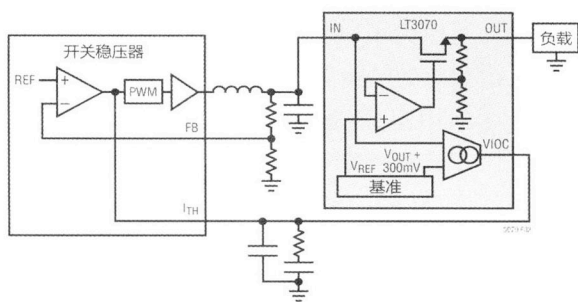


图3 LT3070 VIOC 控制方框图

抗特性，这是对反馈环路进行频率补偿的最佳电路节点，而且仅需要对已有补偿组件的值做最小的改变。

总结一下，LT3070 具有以下关键技术特点：

- 输出电流：5A

结论

高性能数字 IC 领域的趋势是电流日益提高，与此对应的是工作电压越来越低，这种趋势是通过缩小制造技术的线宽实现的。但是，伴随这些进步而来的是其他应用要求，包括需要快速瞬态响应、低噪声和高效率运行以最大限度减少热量。传统上，给这些数字 IC 供电一直由基于电感器的开关稳压器 IC 执行。不过，为解决这些问题，凌力尔特公司提供了新一代低压线性稳压器，这些稳压器无需电感器。新的 LT3070 是一种超快、数字可编程的线性稳压器，在目前可获得的所有单片 5A LDO 中，具有最低的压差电压、最低的噪声和最快的瞬态响应。此外，这款器件还可以用来有效地实现对开关稳压器的后调节。