

新型灌封式 6A 至 12A DC/DC μ Module 稳压器系列

可像 IC 那样安装，并内置电感器、功率 MOSFET 和电容器

凌力尔特公司
电源产品部
产品市场工程师
Afshin Odabae

在改善负载点 (POL) 稳压器性能的过程中，人们所面临的主要难题一直是如何在提高输出功率容量的同时缩减其外形尺寸。这是为了适应高功率应用（例如：采用 AdvancedTCA 或 CompactPCI 平台的嵌入式系统，它们对这些 POL DC/DC 电源的性能和尺寸施加了新的限制）的高安装密度 PCB 日益普及的趋势。这些 POL DC/DC 电源以及精细程度相似的数字系统设计师努力地在不扩大电路板尺寸或增加其最终产品的制造成本的情况下改善性能。因此，对于这些设计师而言，最佳的 POL DC/DC 稳压器除了不需要任何特殊的装配或加工工具之外，还应该具备紧凑、可靠、可进行表面贴装和采用热阻抗封装等特点，而且几乎没有电源设计方面的知识储备要求。

现有的 POL DC/DC 解决方案需要在功率密度和外形尺寸之间进行权衡取舍。这些开放式框架电路虽然可在高功率条件下使用，但采用了轮廓很高的元件和面积很大的 PCB。由于体积过于庞大，导致它们往往无法安装在间距紧密的高端数字系统板上。为了实现其小型化并满足空间约束条件的要求，不得不降低 POL DC/DC 稳压器的输出功率提供能力。不幸的是，当今的系统需要更多的功率，以驱动多个 FPGA、微处理器、兆字节存储器和其他具有快速 I/O 信号传输能力的 IC。因此，尽管体积变小了，但这些输出功率有限的 POL 稳压器却变成了不合要求的解决方案。

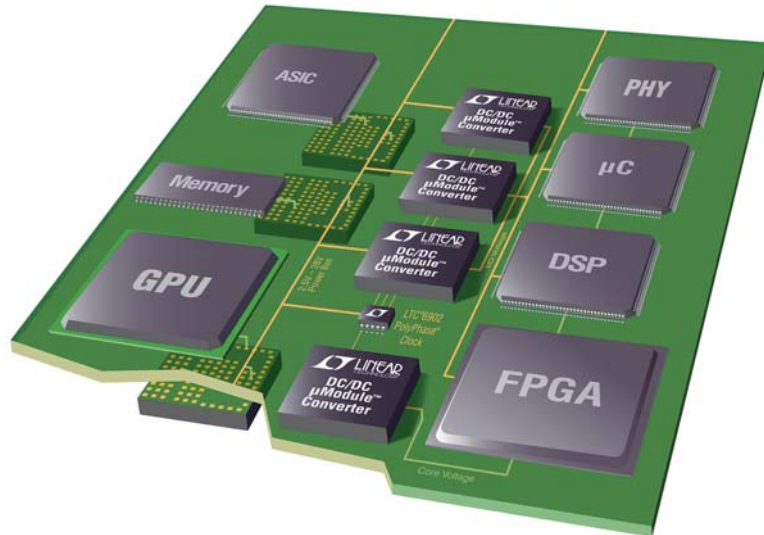


图 1: μ Module DC/DC 转换器是一款体小量轻的完整电源解决方案, 可以安装在 PCB 的顶部和/或底部, 从而为布设数字 IC 留出了空间

μ Module DC/DC 电源系列

与功率处理能力、电压范围和性能相似的分立型解决方案相比, μ Module DC/DC 电源的占板面积缩小了约 50%。该 DC/DC 解决方案系列造就了一种可进行高效同步操作、采用快速开关频率和高性能耐热增强型封装工艺的紧凑型设计。由于 μ Module 转换器轮廓扁平(高度仅 2.8mm)且重量很轻(1.7 克), 因而可以安装在高密度系统板的底部(这里的可用空间较大, 见图 1 和图 6)。

与现用的负载点(POL)板载模块相比(就相同的额定电压和额定功率而言), μ Module 第一个明显的优势在于其尺寸和高度分别缩减了约 50%和 40%。另一个切实的优点是 μ Module 所采用的灌封式设计。密封在 μ Module 中的元件可免遭诸如湿气、化学品和振动等环境因素所造成的磨损。铸模可使元件保持密闭, 并提供了一个保护层。而相比之下, 板载模块则将其所有元件均暴露在各种环境因素的影响之下, 这对其可靠性是很不利的。正是由于上述原因, 诸如工厂自动化和汽车诊断系统等工业系统以及航空应用(在这些场合中, μ Module 暴露于极限温度和振动条件下)对于采用密闭或灌封式 DC/DC 解决方案特别感兴趣。

可靠性非常高的应用(例如: 银行业的RAID系统)需要使用具有极高品质的DC/DC模块。 μ Module所采用的密闭式封装以及非常低(一位数)的FIT率(失效率, 即单位时间里的失效, 相关数据可登录www.linear.com.cn/micromodule查询)极大地改善了此类应用的可靠性和工作时间。

对于刀片式服务器、PCI 以及 μ TCA (比如: 单板计算机) 的设计师来说,

用于冷却系统的气流是另一个棘手的难题。元件越高（相对于 PCB 的表面），空气就越难均匀而轻松地从诸如 ASIC 和 FPGA 等高温元件的上方掠过。板载 DC/DC 模块具有高度约为 μ Module 厚度的 2.5 倍的元件（比如：电感器）。在安装了多块彼此十分靠近的架装板卡的系统中，如何利用空气的高效流动来实现散热成为一个更加重要的问题。这些系统的设计师试图尽可能地抑制元件的高度。只有 μ Module 系列能够提供极为扁平的高功率设计，并运用特殊的封装技术将热量从封装的顶部和底部散逸出去。

自 LTC4600（10A DC/DC μ Module 稳压器）面市以来，凌力尔特公司已经先后推出了 5 款新型稳压器，从而使得该系列进一步壮大，这些新型稳压器提供了旨在满足各种系统电源要求的新功能和功率级别。例如：在采用相同的 15mm x 15mm x 2.8mm LGA 封装的情况下，新型 μ Module 稳压器 LTM4601 的电流提供能力提高了 20%。LTM4601 还提供了诸如跟踪、锁相环（PLL）和远端采样等更多的功能。此外，为了简化布局以及 μ Module 转换器布局拷贝任务，每款 μ Module 稳压器的较低输出电流版本（LTM4602 和 LTM4603 6A 输出）与其较高电流版本（分别为 LTM4600 和 LTM4601）具有相同的引出脚配置和引脚功能。而且，除了前面讨论过的之外，新功能当中还包括远端采样（用于实现精准稳压）和电流均分（用于通过并联多个 μ Module 转换器来提高输出功率）。

请参阅表 1，以很快地了解一下该系列各成员之间的差异。

表 1：新型 μ Module DC/DC 系列：完整的 DC/DC 稳压器解决方案

V _{IN} : 4.5V~28V; V _{OUT} : 0.6V~5V			功能			LGA 封装 (θ_{JA} : 15°C/W)	
μ Module 器件型号	I _{OUT}	电流均分	PLL	跟踪、 裕度调节	远端 采样	高度	面积
LTM4602	6A	组合两个器件 以提供更高 的电流				2.8mm	15×15mm
LTM4603	6A		√	√	√		
LTM4603-1	6A		√	√			
LTM4600	10A						
LTM4601	12A		√	√	√		
LTM4601-1	12A		√	√			

完全内置化和高性能

DC/DC 控制器和 MOSFET（上端和下端）是专有产品，由凌力尔特公司制造（图 2）。由于对控制器和 MOSFET 的架构和性能给予了大量的关注，因而使得 μ Module 不仅能够在很宽的输入和输出电压以及负载电流范围内高效运作，

而且还允许采用小型分立元件，从而造就了占板面积为 15mm x 15mm、厚度仅 2.8mm 的完整解决方案。

DC/DC 控制器采用了谷值电流模式同步开关架构。该架构允许以非常低的占空比进行运作，旨在实现高输入至低输出电压 DC/DC 转换以及针对负载电流变化进行非常快的瞬态响应。其他的控制器必须等待一个时钟周期才能对负载瞬变做出响应，而 LTM4600~LTM4603 则由于采用了无时钟延迟操作几乎做到了瞬时反应。无时钟延迟和较快瞬态响应的好处是对输出电容的依赖性下降，而且输出电容器的数量有所减少。除此之外， μ Module 的电流模式架构和内部补偿还保持了操作的稳定性，从而允许在其输出端上增加更多的电容。

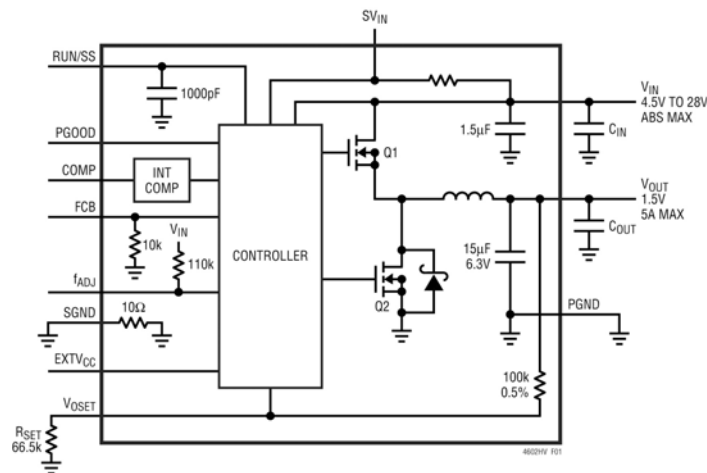


图 2: μ Module 稳压器包括电感器、功率 MOSFET、DC/DC 控制器、补偿电路和输入/输出旁路电容器（这里示出的是 LTM4602、6A μ Module）

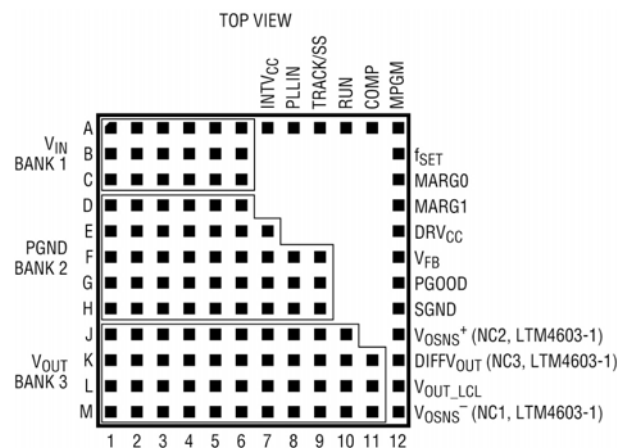


图 3: 采用 15mm x 15mm x 2.8mm LGA 封装的 μ Module 转换器的背部（这里示出的是 LTM4603）

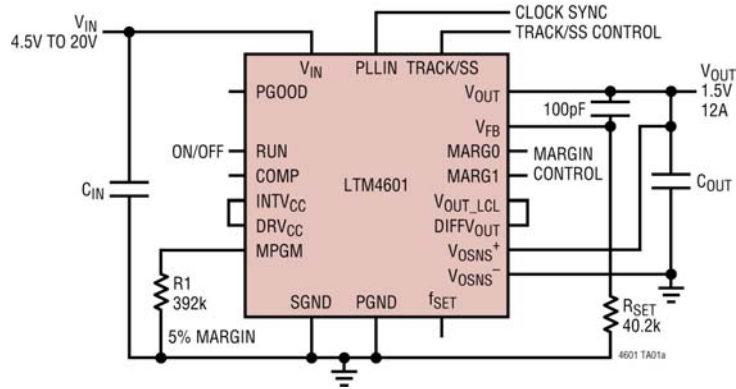


图 4: μ Module 所需的外部元件极少, 而且能够在因要求降低纹波电流而增设输入和输出电容器的情况下保持稳定 (这里示出的是 LTM4603)

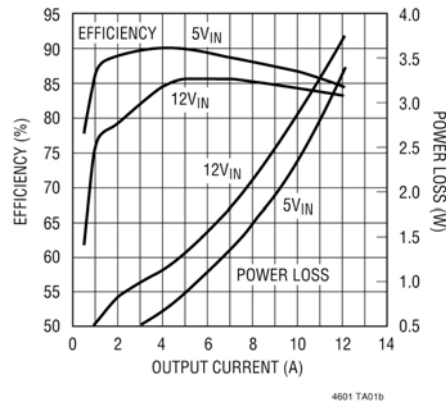


图 5: 图 4 所示电路的效率和功率损耗

对MOSFET进行高频开关操作的一个缺点是MOSFET开关损耗有所增加 (因栅极电容的充电和放电所致)。另一个影响MOSFET功耗的因素是其阻性损耗, 该损耗是MOSFET接通电阻 ($R_{DS(ON)}$) 的一个函数。在降压型转换器拓扑结构电路中, 开关损耗在 $V_{IN(MAX)}$ 条件下达到最大, 而阻性损耗则在输入电压为其最低值时达到最高 (假设读者熟悉同步降压型转换器中的MOSFET功耗计算公式)。换句话说, 必须对MOSFET进行优化, 以使其在高占空比和低占空比条件下运作时产生极低的功耗 (占空比是输入和输出电压的一个函数)。为 μ Module系列定义高端和低端 (同步) MOSFET的目的是在器件的宽工作输入电压范围内 (4.5V至 28V) 提供一个平衡的阻性和开关损耗。凌力尔特公司的工程师能够采用专有的DMOS技术 (以降低反向转移电容和 $R_{DS(ON)}$) 来制造这种MOSFET, 这样, 就可以安全地采用器件在整个电源电路被封闭于一个纤巧型模制封装内的情况下提供预期的功率。

由于 μ Module 的外形与 IC 芯片相似，并采用了低热阻焊料，因而形成了一种把热量从封装内部迁移至结点、并最终至 PCB 和周围空气中的极为有效的方法。

创新型封装工艺

对于凌力尔特公司的封装工程师来说，他们的目标是设计和制造占板面积最小、外形最为扁平、并且具有非常低热阻的封装。如果一个 DC/DC μ Module 不能提供所需的功率，或者存在着使器件产生过热的风险，那么宣称的高功率密度是没有意义的。此外，工程师们还希望其封装能够像 FPGA 或其他数字 IC 那样进行表面贴装，这样装配和生产车间就可以采用相同的“选取-摆放”机器和回流焊接法。 μ Module 稳压器并不需要特殊的加工工具。

μ Module DC/DC转换器的方形衬垫起到了两个作用。第一，提供诸如软启动、地和电源良好等信号功能。第二，一连串的衬垫聚集成组，可通过封装的底部共同地将热量转移至PCB(图 3 和图 6)。而且有三组，包括 V_{IN} 、电源地和 V_{OUT} 。

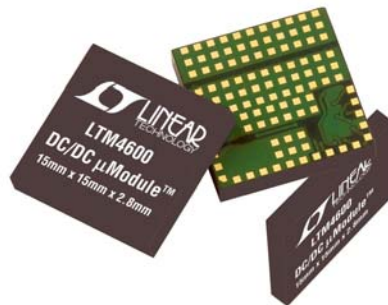


图 6: 耐热增强型封装工艺在 15mm x 15mm x 2.8mm 表面贴装型 LGA 封装中实现了非常高功率密度的开关模式 DC/DC 转换

优化的热性能

μ Module DC/DC 稳压器的封装设计是使热量从其顶部和底部散逸出去。此外，为了在扁薄、小巧的封装中实现热阻极低的器件，对 μ Module 的衬底、焊接方法、散热层和元件布局等均做了精心的考虑。因此，结点至环境和结点至外壳热阻达到了很低的数值（分别为 15°C/W 和 6°C/W）。凭借这些低热阻值，这些高功率 μ Module 解决方案能够安全且可靠地在其规定的输出功率容量条件下

工作，尽管它们被安放在一个纤巧的密闭封装之内。另外，为了降低 μ Module 的热阻，还采用了大量的铜箔。传导高电流的地、输入和输出通路均采用了铜平面，它和封装底部上的焊料掩模界定焊盘一起把热量从封装的内部散逸到 PCB 上。

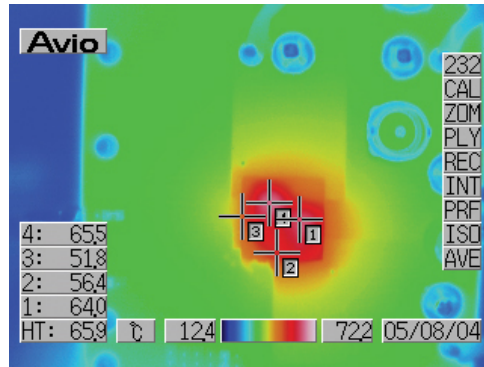


图 7：LTM4600 12V 至 3.3V/10A，顶视图（25°C，无气流，无散热器）

例如：效率为 91% 的 12V 至 3.3V/10A（33W）LTM4600 具有约 3W 的功率损耗（图 7）。该损耗是由 DC/DC 控制器部分的功耗以及内部上端 MOSFET 中的转换损耗所造成的。图 7 示出了该设计的一幅热成像照片和若干数据点。令人惊讶的是，在 3W 功耗条件下， μ Module 上的最高温度仅 66°C。需要注意的是：虽然这些测量结果令人称奇，但它们还只是在 μ Module 上并未采用散热器的情况下得到的。采用散热器将进一步改善散热效果。欲了解更多热分析的详细信息，请登录 www.linear.com.cn/micromodule，查阅应用指南 103（Application Note 103）。

即将推出更多的 μ Module DC/DC 转换器

本文介绍的这些 μ Module DC/DC 转换器的额定规格是针对一个很宽的工作输入电压范围和高输出功率而拟订的。凌力尔特公司正在以特定的电压、电流或应用要求为目标，对未来的 μ Module 进行优化，以不断壮大该产品系列。今后推出的 μ Module 产品将会更小、更薄。请静候佳音。