

超小型、高效率电源模块助力光模组发展

摘要

随着全球数据中心和信息互联规模的不断扩大，纯电子方式的信息运算与传输已无法满足日益增长的需求，光电信息技术作为冉冉升起的新星得到越来越广泛的应用。光电技术的快速发展，对其核心器件光模块提出了严格的要求。本文深入探讨了 M3TEK 的一款超小型、超高效率电源模块在现代光通信模组中的关键应用特征，分析了其在封装，效率，热管理，动态响应等方面的技术优势，并展望了未来的发展趋势。

目录

1. 引言
2. 光模块中电源应用要求
3. MTM006 电源模块的核心特征
4. 结论
5. 参考文献

引言

光通信是以光信号为信息载体，以光纤作为传输介质，将电信号形式的信息通过电光转换，以光信号进行传输的系统。光通信系统传输信号过程中，发射端通过激光器芯片进行电-光转换，将电信号转换为光信号，经过光纤传输至接收端，接收端通过光检测器芯片进行光-电转换，将光信号转换回电信号进行处理运算。随着光通信技术向着高速率，高密度方向的发展，作为光电转换核心器件的光模块（光模组），在其功率密度，热管理，信号完整性等方面面临着巨大挑战。而电源管理技术的日益进步及其不断优化的性能特征，可以有效地解决光模组面临的这些挑战，对持续助力光通信技术的发展演进发挥着不可替代的作用。

光模块中电源应用要求

光模块中的电源系统主要负责为光模块中的各种器件提供稳定的供电，其中 Load Switch，DC-DC 转换器和 LDO 是电源系统中的重要组成部分，他们各自承担着不同的功能。Load Switch 负责控制电源对负载（例如光模块中的激光器、光电二极管等）的供电及保护；DC-DC 转换器具有效率高的优点，负责将输入电压转换为系统所需的不同电压；LDO 因其具有压降小噪声低的特点，可以为高精度高灵敏度的系统提供电源。

光模块对电源系统提出了严苛的要求，主要表现在以下几个方面：

- (1) 模块高度：最好小于 1.1mm；目前 1.6mm 也可以接受，但需要放在双层 PCB 的上层，或者机构件开窗；
- (2) 效率：高于 92% 的转换效率，同时具有轻载高效模式以适应光模组静态功耗需求；
- (3) 发热量：越小越好。电源系统的发热会导致光模块内部温度上升。光模块的工作温度是一项非常重要的监控指标。光器件波长和功率强烈依赖于温度，超标的温度的波动会导致通讯出现异常；
- (4) 动态响应：突发模式负载瞬态响应要及时，并且动态响应纹波应足够小，以保证输出电压的稳定。

MTM006 电源模块的核心特征

基于上述光模块电源系统的要求，M3TEK 研发了一款超小型、高效率的降压转换器模块 MTM006。MTM006 集成了高性能降压转换器和功率电感，支持最大 3A 的连续输出电流。其工作输入电压为 2.5V 至 5.5V，输出电压范围可以从最低 0.6V 到最高与输入相同的电压。MTM006 专有的 Fast-PWM 控制方案简化了环路补偿并提供出色的负载瞬态响应。其控制环路中的高增益误差放大器保证了输出电压的高精准度，不受负载和输入电压影响。MTM006N 的静态电流仅为 20 μ A，在轻载时处于 PFM 工作模式，因此可实现很高的轻载效率。MTM006A 工作在恒定的 FPWM 模式，可提供最优的瞬态响应和最低输出纹波。MTM006 还具有过流、过压、短路、热关断等保护模式，封装形式为 QFN2.5x3.5mm_18L，是光模组高性能电源方案的理想之选。

(1) 超小型封装

MTM006 采用 QFN2.5x3.5mm_18L 封装，内置降压转换 IC 和功率电感。与传统分立电感降压转换器相比，MTM006 只需要一个输入电容，一个输出电容和输出的分压电阻，便可实现完整的小面积电源解决方案。如图 1 为 MTM006 封装图。

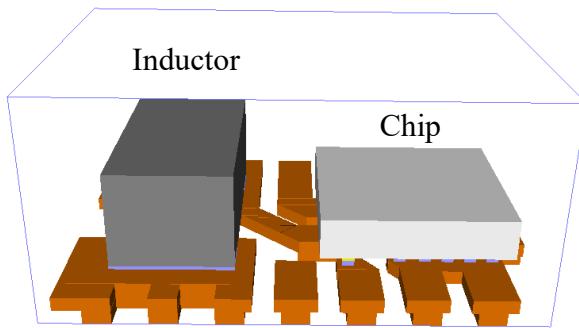


图 1 MTM006 封装图

MTM006 将电源系统中不可或缺的电感元件集成到内部，大大减小了 PCB 面积，并且消除了客户在选取电感时需要考虑的电感尺寸，高度，饱和电流等方面忧虑，可以更加便捷的设计使用。如图 2a 为 MTM006 应用电路图，图 2b 为 MTM006 对应的 PCB Layout.

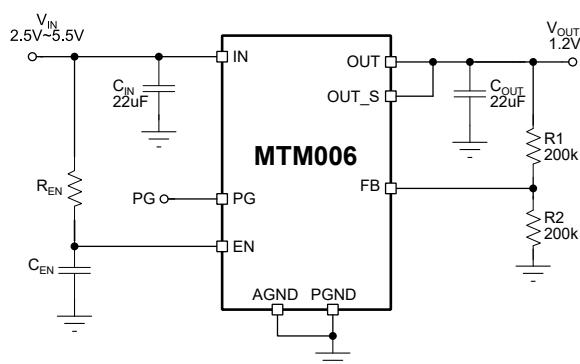


图 2a MTM006 应用电路图

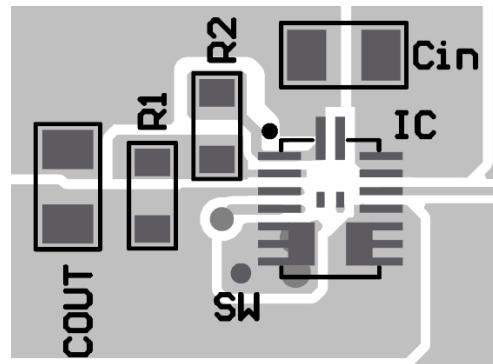


图 2b MTM006 PCB Layout

(2) 高效率

MTM006 为同步降压转换模块，内置上管 R_{on} 为 24mohm，下管 R_{on} 为 16mohm，电感 DC 阻抗为 37mohm。紧凑密集的 PCB 布局，减小了 PCB 板走线损耗，先进的封装技术改善了热阻，因此 MTM006 实现了高达 96% 的转换效率。

MTM006 有两款不同型号，PFM 模式的 MTM006N 和 FPWM 模式的 MTM006A。其中 MTM006N 静态电流仅为 20uA，在轻载时工作在变频模式（PFM），可以保持出色的转换效率。图 3 为 MTM006 效率曲线图。

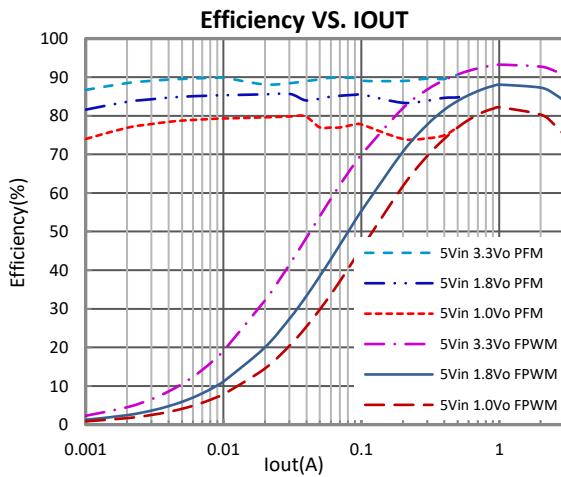


图 3 MTM006 效率波形图

(3) 热管理

MTM006 虽然封装尺寸小，但在散热方面也表现出了良好的性能。图 4a 为室温情况下，输入 5V，输出 1V，满载 3A 时的热成像图，可以看到芯片表面温度最高 78.7°C；图 4b 为室温情况下，输入 5V，输出 3.3V，满载 3A 时的热成像图，可以看到芯片表面温度最高 94.0°C。两张图片数据可以说明，MTM006 无论是在小占空比还是大占空比时，都表现出良好的热性能，完全可以满足光模块的温度要求。

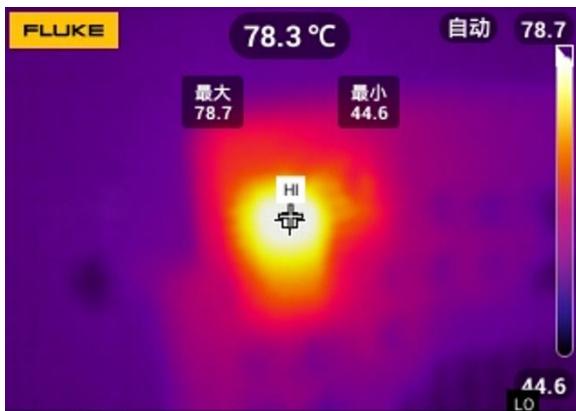


图 4a 5Vin1Vout3A 热成像图

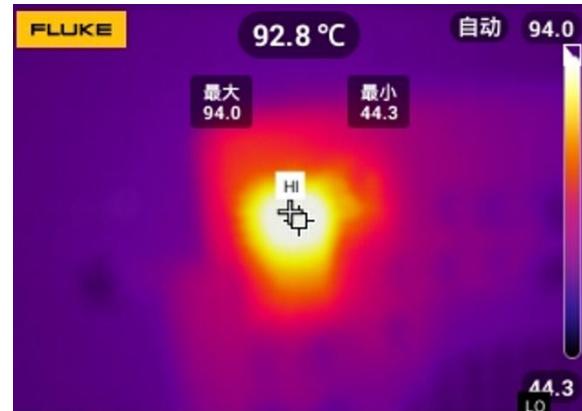


图 4b 5Vin3.3Vout3A 热成像图

(4) 动态响应

MTM006 采用固定导通时间（COT）控制模式。当反馈电压（FB）下降到参考值以下时，控制回路立即开启上管（HS）并维持其导通一个固定的时长，即系统根据输入输出电压计算出的固定导通时间。在这个固定时长内，上管开启，电感电流上升。固定时长结束后，上管关断，下管开启，电感电流下降，直到 FB 再次下降到参考值以下，控制回路关断下管开启上管进入下一个开关周期，如此往复循环。MTM006 采用专有技术来计算上管导通时间，补偿负载电流变化对占空比的影响，从而在整个负载电流范围内实现非常恒定的开关频率。与传统的固定频率 PWM 控制转换器

相比，恒定导通时间（COT）控制模式具有对 FB 电压下降的即时响应和简化的环路补偿优势，因此可提供出色的瞬态响应。如图 5 所示 TM006 负载跳变波形，可以看到，当负载从空载瞬间跳到重载再跳回到空载时，MTM006 输出电压只有很小的变化。

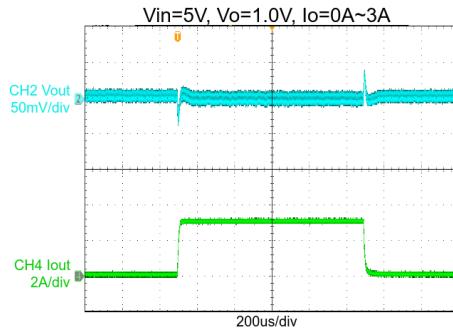


图 5 负载跳变

(5) 其他保护功能

MTM006 还具有一些保护功能以确保安全可靠的使用：

- (a) 软启动：MTM006 内置 0.80ms 软启动，可限制输入浪涌电流。在软启动期间，输出电压线性上升至设置电压，与负载电流水平和输出电容值无关；
- (b) 电流限和打嗝模式：MTM006 具有每周期 HS 限流保护功能，可防止电感电流失控。一旦触发 HS 限流，MTM006 将打开 LS，并等待电感电流下降到预定水平，然后才能再次打开 HS。如果这种电流限制条件持续出现超过预定时长，MTM006 将认为是过载或短路。无论哪种情况，MTM006 都会进入“打嗝”模式，关闭上下管，在设定的时间内停止开关，然后重新尝试启动。MTM006 始终以软启动方式启动，以限制浪涌电流并避免输出过冲；
- (c) PG 指示：MTM006 有一个输出电压良好的指示信号 PG 引脚。当输出电压处于设置值的 90% 和 110% 区间内，PG 会被内部上拉到输入电压，否则 PG 会被内部下拉到 GND。

结论

光模块的快速迭代（从 100G 向 800G/1.6T 演进）对电源管理芯片提出了前所未有的严苛要求。而 MTM006 无论从封装尺寸，还是从效率温升，动态响应等指标，都可以成为光模块的标配选择，未来像 MTM006 这种高度集成的电源解决方案会越来越多，并且集成度也会越来越高，电源系统的持续进步将推动着光通信设备向更高密度，更低功耗的方向发展。

参考文献

1. “MTM006 5.5V 3A 2.2MHz Ultra-Small and Ultra-Low Noise Power Module” M3TEK Datasheet.

关于作者

Yang Yang: is a manager for AE Department at M3Tek.

Frank Xi: is Director, RD&AE Department, for M3Tek.