

# 从 3605 到 4644——电源芯片的前世今生？

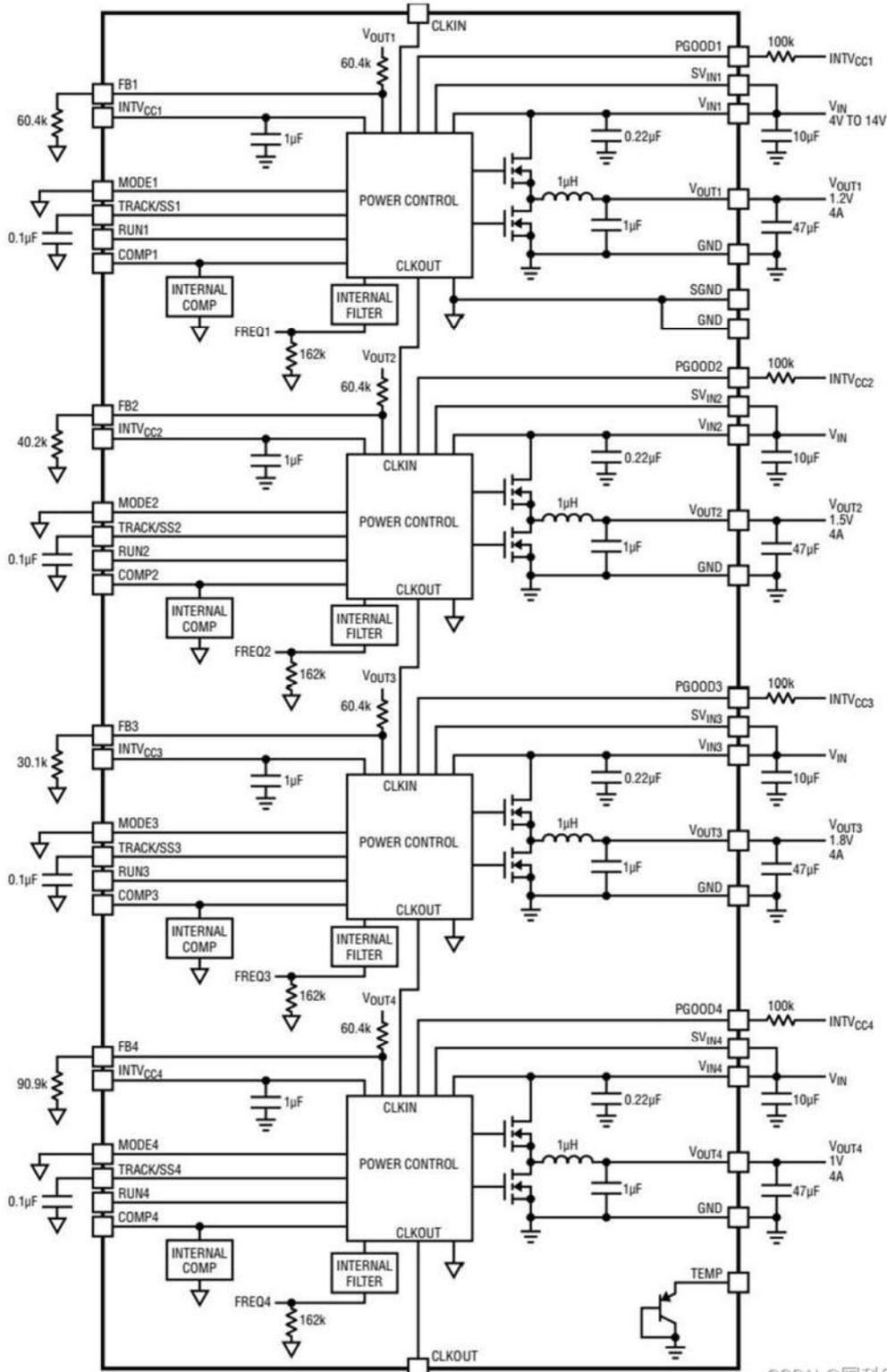
本期聊聊大家并不陌生的一款电源芯片——4644。

该芯片最早来自 ADI 的 LTM4644 芯片，是一款集成多种功能和保护特性的 DC/DC 转换器，可实现输入电压 4~14V，输出电压 0.6~5.5V 的转换。国内对标该芯片的解决方案不少，厂家型号也较多，那么该颗芯片究竟是如何设计并制造出来的？这是本期要讨论的主要话题。为了避免歧义，我们把功能对标 LTM4644 的国内外所有芯片在本篇内统称为 4644 芯片。

## （一）4644 芯片特点

- 1. 高效率：**采用电流模式控制，转换效率可以高达 90% 以上；其低内阻功率开关设计可以确保在高负载下依旧能保持高效率。
- 2. 多种保护功能：**LTM4644 电源管理芯片具有过流保护、短路保护、过温保护等功能，可以快速采取保护措施，保证安全稳定。
- 3. 多路输出：**这款高性能电源芯片可以提供多个独立的输出通道，而且每个通道可以独立设置输出电压。
- 4. 低噪声纹波：**其先进的调制技术和滤波电容器为电源稳定输出保驾护航，电源输出稳定性高。
- 5. 宽泛的电压范围：**输入电压 4~14V，输出电压 0.6~5.5V。

## (二) 4644 芯片的内部构造



如图所示为 4644 内部的电路框图，在各家数据手册内几乎都能看到。可以看出，4644 芯片的主要核心是内部的小控制器，通过增加电感、电容、二极管、MOS 管等设计实现最终的电源电路。内部的小控制器，实际上是一颗独立的控制器芯片（裸 die），最早的 LTM4644 内部采用的是 Linear 公司的 LTC3605 芯片来做设计。如今，由于国内芯片的发展，功能对标 LTC3605 的芯片也不在少数，设计方法上也各有千秋。

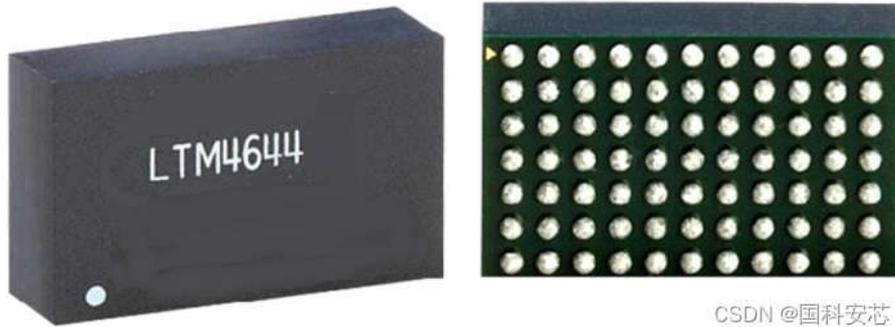
举个例子：

- 对标传统 LTC3605 设计，不增加新设计；
- 在原来 LTC3605 基础上，集成 MOS 管；
- 在增加 MOS 管的基础上，集成二极管等等。
- 无论怎么实现功能，核心都是为了实现 4644 芯片的小型化，减小封装的困难度。

### **(三) 4644 芯片的封装设计**

继上文所说，不同的小控制器设计，最终都是通过四合一的方式来实现 4644 芯片的封装，那么这颗芯片的封装究竟有什么讲究没有？

我们同样先看看 4644 芯片的封装形式，4644 封装形式为 BGA77，外形尺寸 15mm×9mm。小体积 BGA 封装在内部集成了 IC、电感及阻容器件，外围配置调压电阻、电容，即可完成多路电源系统的设计，简化系统设计，节省 PCB 空间。



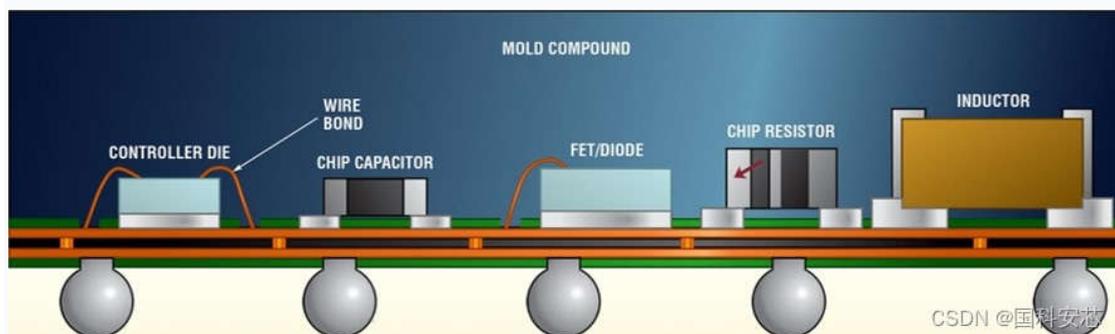
CSDN @国科安芯

注意看，这里没有提芯片的设计高度 —— 实际上，国内针对 4644 芯片不同的应用场景，考虑不同的设计高度。当然还有一些其他的原因，这个后面会提到。

这边先简单说一下 4644 封装会经历的流程 —— 这边我们考虑内部的小控制器是 3605 裸 die（即不包含封装）：

4644 采用 BGA77 形式的系统级封装（SIP）技术，将 4 颗 3605 裸 die 和控制基板集成到一个封装体内，实现了高性能、小尺寸的目标。

封装主要为塑封体、die、阻容感器件、基板、锡球等部分，其中 3605 裸 die 通过胶粘的方式固定到基板上，并通过 wire bonding 引线键合至基板进行电连接；阻容感器件通过 SMT 的方式焊接到基板正面；锡球通过植球工艺焊接到基板背面。四路电路相同，每路电路由电感、die、电阻、电容等器件组成，由基板进行控制。



封装流程

4644 芯片封装流程为：



封装过程中的关键步骤工艺如下：

1. **基板制备**：在 BT 树脂 / 玻璃芯板的两面层压极薄铜箔，进行钻孔和通孔金属化；基板的两面制作出图形，如导带、电极及安装焊料球的焊区阵列；加上焊料掩膜并制作出图形，露出电极和焊区。为提高生产效率，一条基片上通常含有多个基板。

2. **阻容感器件 SMT 贴装**：在基板涂覆锡膏，将电阻、电容、电感等器件安放到基板，通过回流焊使锡膏熔化，冷却后完成器件焊接。

3. **芯片 die 贴装**：芯片贴装是根据设计图纸将芯片通过银胶、DAF 膜等贴片材料固定在基板上，其主要作用是固定芯片及传导芯片上的热量。

4. **等离子清洗**：使用电离的氩离子、电子、活性基团，使基板及芯片表面上的污染物形成挥发性气体，再由真空系统抽走，从而达到表面清洁之功效，使得焊线时的结合力更好。塑封前的清洗原理相似，通过使用电离的氩离子和氧离子，将表面污染物及碳化物清洗掉，使基板表面活化，增加 PCB 与塑封料之间的结合力，提高产品的可靠性。

5. **引线键合**：引线键合是通过引线焊接将焊线（金线、铜线、银合金线）与芯片上的铝垫、基板上的金属焊盘连接起来，从而实现电性导通。

6. **模塑封装**：将塑封料在高温下融化成黏度较低的液态塑封料注入模腔中，塑封料内部的环氧树脂在硬化剂、偶联剂等助剂的作用下固化；通过高温

烘烤进行塑封材料熟化，稳定环氧树脂分子结构，提高塑封体的硬度，消除内部应力。

7. **印字打标**：在芯片的正面进行油墨印刷或激光刻字，将产品名称、生产日期等信息标注于产品表面，以利于产品的识别及追溯。

8. **植球**：在基板背面的焊球衬垫（NiAu 或镀铜 OSP 抗氧化处理）上印刷助焊剂并放置锡球，通过回流炉使锡球熔融，并与焊球衬垫形成共晶，冷却后固定于基板背面焊球衬垫上。完成回流后的焊球成为 BGA 封装的 I/O 外引脚，实现芯片与外部电路的相连。

9. **切割分离**：切割分选前的工艺流程均是以条为单位进行作业的，将整条 BGA 基板产品通过切割或冲压方式分割成单个的 BGA 芯片，从而形成最终的产品。

从流程上来说，这个封装过程较为简单，大多数的封装厂都能够实现，是不是意味着解决了 3605 芯片裸 die 的问题，就可以独立设计这颗芯片了呢？换句话说，芯片设计公司想要做 4644 这款芯片，如果没有 3605 控制器的裸 die，还可以做该颗芯片否？

答案是也不是。

国内目前的 4644 芯片应该说是百花齐放的状态，在早期缺芯或者 4644 芯片价格提升飞快的情况下，也存在部分厂商，通过直接购买 LTC3605 芯片，替代裸 die 的方案来实现封装的。好处是渠道简单，芯片成型快。缺点也

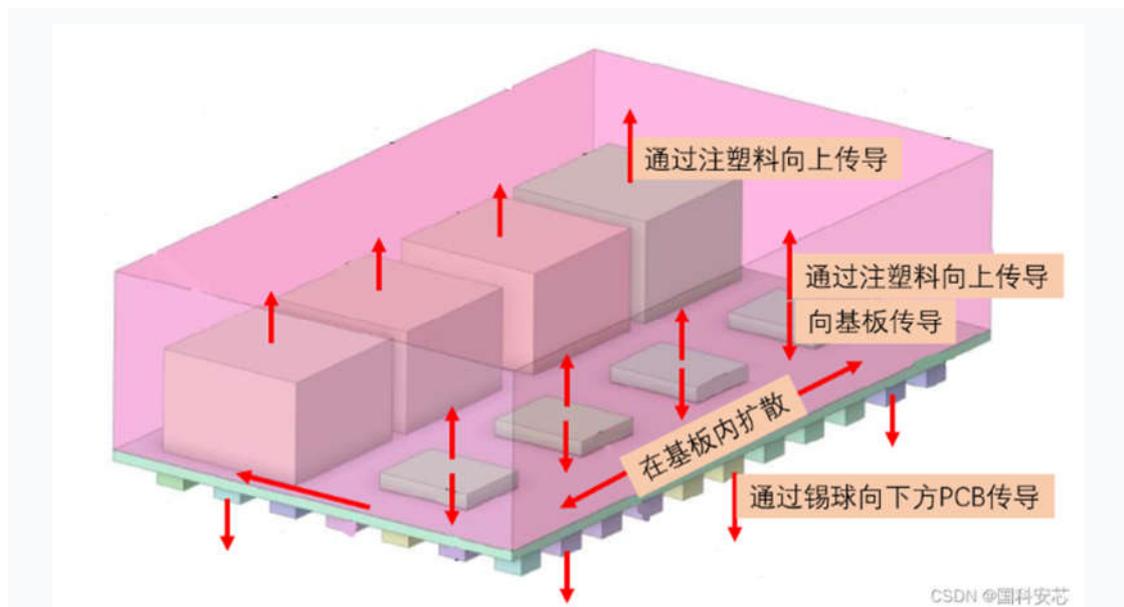
很明显 —— 由于采用成品芯片进行封装，需要考虑 3605 芯片的封装材料与 4644 封装所使用的材料是否具备相容性，换句话说，就是不同材料之间的接触对产品质量的影响大不大？很现实的是，在考虑芯片耐高温的条件下，这个难度是极大的。这也导致了大多数 4644 芯片在汽车或者更复杂恶劣的环境下应用时，往往无法通过必要的环境试验。这也是国内在推进国产化 4644 芯片的进程中，尤其关注内部控制器是否为原厂裸 die 的原因之一。

#### （四）散热设计有没有哪些注意事项？

4644 电源芯片在小尺寸、高电源转化效率、大电流等优异性能的同时也带来了较高的功率密度，因此在封装时需要进行散热专项设计。从器件选型、基板设计、塑封材料等方面进行多项热设计措施，通过热仿真计算来考核芯片散热性能，检查可能存在的热点并进行针对性的优化设计。

前文也提到采用成品 3605 芯片进行封装可能存在高温下的问题，那么对于 4644 芯片而言，内部集成了 4 个小控制器，其散热又是怎么考虑的呢？

**1. 关注点一 —— 散热通道与材料：**4644 电源芯片主要通过两个通道进行散热，一是内部的 die 和器件将热量向下传导至基板，再通过焊球传递至芯片所在 PCB 板上，通过 PCB 板扩散再传递至环境中；二是向上通过注塑料传递至环境中，在某些用户的使用场景下，芯片可在顶部安装热沉，顶部也是很重要的散热通道。因此基板在设计时应尽量增加铺铜面积进行热扩散，同时在叠层时要选择尽量厚的铜层，较大面积和较厚的铜层同时也能增强电通流能力；注塑料应选用导热系数高的材质来降低热量向上的传导热阻。



2. 关注点二 —— **控制器贴装**：裸 die 作为芯片内最重要的部分，同时也是功耗最高的部件，在贴装到基板上时，可以选用导电胶进行良好的接触，同时对应基板区域可开窗，芯片热量直接传到至基板铜层，减少绿油的热传导阻。

3. 关注点三 —— **内部器件选择**：电感作为电源芯片的重要部件，实现了滤波、稳压、降噪等功能，但同时电感也是芯片内功耗较高的器件，因此在选型时除了考虑电流和电感值之外，还需要选用尽量小的内阻来降低电感的功耗，来保证芯片整体低功耗。

这边我们再回到前面提到的 4644 芯片的高度问题，究竟高度是高好点，还是低好点呢？这个问题其实仁者见仁智者见智 —— 都好。大多数芯片厂在考虑初步设计的时候，一定会考虑时间与周期，通用的封装形式对于封装厂和设计方都是喜闻乐见的，比如说封装需要考虑的模具，如果有公模可以使用，那就减少了开发周期，而且在散热设计上往往经过验证，成品率也较高，在时

间与费用上大家皆大欢喜。如果涉及特殊场景的应用不得不改变封装形式，那就需要等待更多的时间来进行热仿真、重新生产、后期实验等环节，这类定制的产品成本也会略高。具体怎么选择，就交给用户吧。

本期的分享就到此结束，后期对 4644 芯片感兴趣的朋友们，欢迎提出宝贵的意见与看法，大家一起努力把国产芯片做得更好！