



Jimmy Hua

摘要

本应用报告对德州仪器 (TI) 的开关降压转换器和降压电源模块进行了概括性比较。文中重点介绍了每款器件的价值主张，并对每款器件的电气性能、PCB 解决方案尺寸和设计注意事项进行了逐一比较。读完本应用报告后，设计人员将对降压转换器和降压电源模块之间的关键区别有基本的了解，能够确定所需的符合其设计标准的器件，同时缩短设计周期并加快产品上市速度。

内容

1 引言.....	2
2 效率和 PCB 解决方案尺寸比较.....	3
3 使用转换器和电源模块时的注意事项.....	8
4 总结.....	9
5 参考文献.....	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

降压电源模块与降压转换器有何不同？哪种器件具有以下优点：更高的效率、更小的解决方案尺寸和/或更简单的 PCB 布局设计？哪种器件更加“物超所值”？这些是客户在为其设计选择电源管理器件时可能面临的一些常见问题。本报告中将使用以下电源模块和转换器对：[LMR33630/TPSM53603](#)、[LMR23630/LMZM33603](#) 和 [LM5165/TPSM265R1](#)。

在对每种器件进行并排比较和权衡之前，必须了解降压转换器与降压电源模块之间的区别。以下是每种器件的价值主张要点列表。

降压转换器具有一个采用一个或多个集成式功率 MOSFET 的控制器。客户需要按照数据表中的建议提供外部功率电感器和其余的元件。降压转换器提供以下价值主张：

- 比未采用集成式功率 MOSFET 的降压控制器更易于实现
- 与电源模块相比具有更高的设计灵活性并对设计规格进行了更多的优化
- 解决方案总成本比电源模块更低

降压电源模块将转换器、功率电感器和其他无源器件集成到单个解决方案中。客户只需要按照数据表中的建议提供电容器，在某些情况下还需要提供电阻器。降压电源模块提供以下价值主张：

- 最高级别的元件集成可简化并缩减客户的物料清单
- 通过缩短电源设计时间极大地减少上市时间和成本
- 系统级解决方案（所有内部元件：电感器、电容器、电阻器等）符合德州仪器 (TI) 的标准
- 针对电磁干扰、热性能和运行稳定性进行了优化

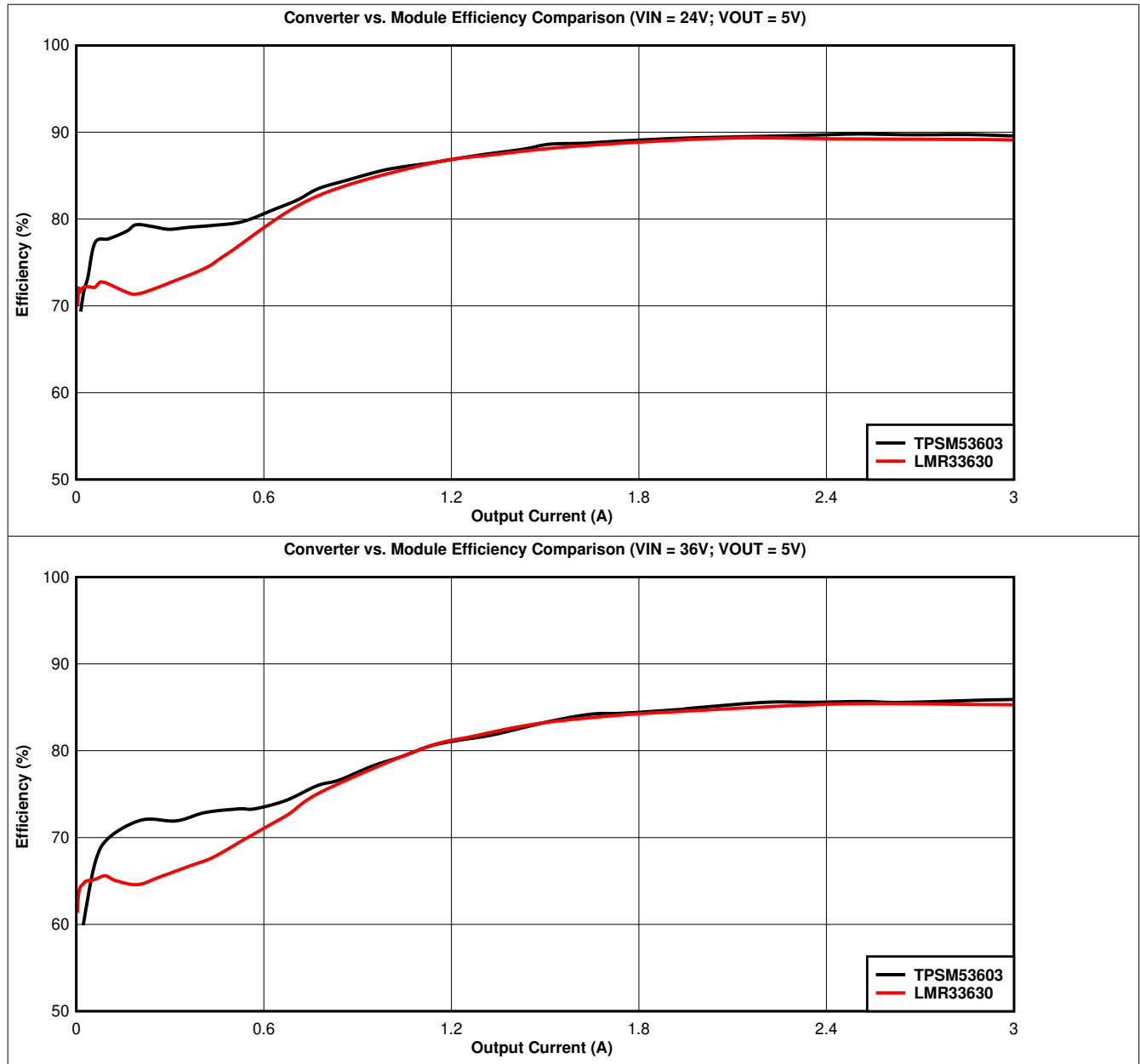
表 1-1. 电源模块和转换器亮点总结

	电源模块	转换器
产品系列广度	新兴 - 可供考虑的选项较少，但简化了器件选择	成熟 - 可供考虑的选项非常多，但可能会让人不知所措
设计难度（元件选择和布局）	简单	中等
解决方案尺寸	小型	中小型（取决于开关频率、元件选择和布局）
EMI	低，可轻松解决	中低（取决于开关频率、元件选择和布局）
设计灵活性	较小 - 集成了功率 FET 和电感器	中等 - 集成了功率 FET
总 BOM 成本（几百美元至几美元）	几百美元至几十美元	几十美元至几美元

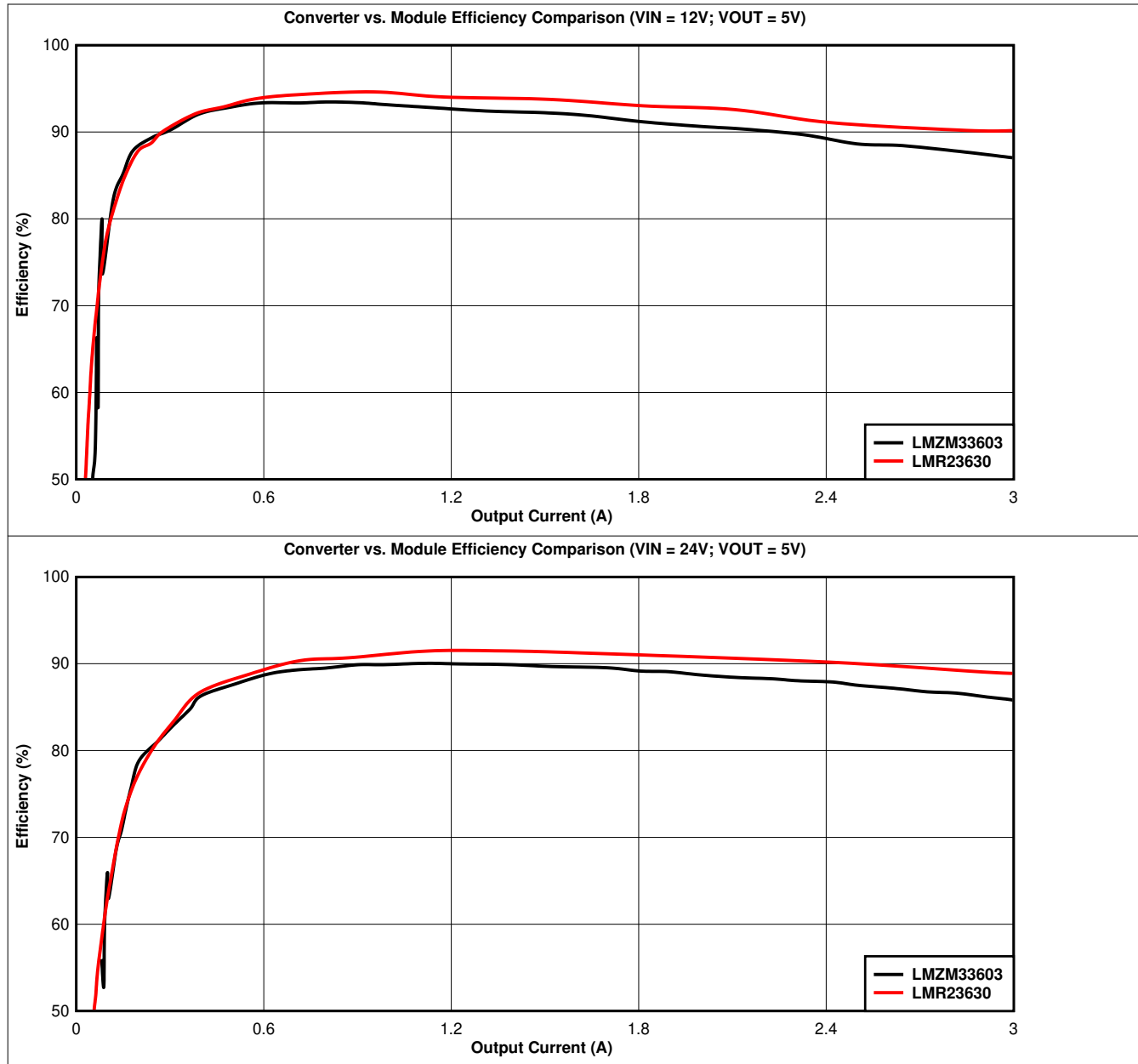
2 效率和 PCB 解决方案尺寸比较

转换器 (LMR33630) 与电源模块 (TPSM53603) 的效率比较

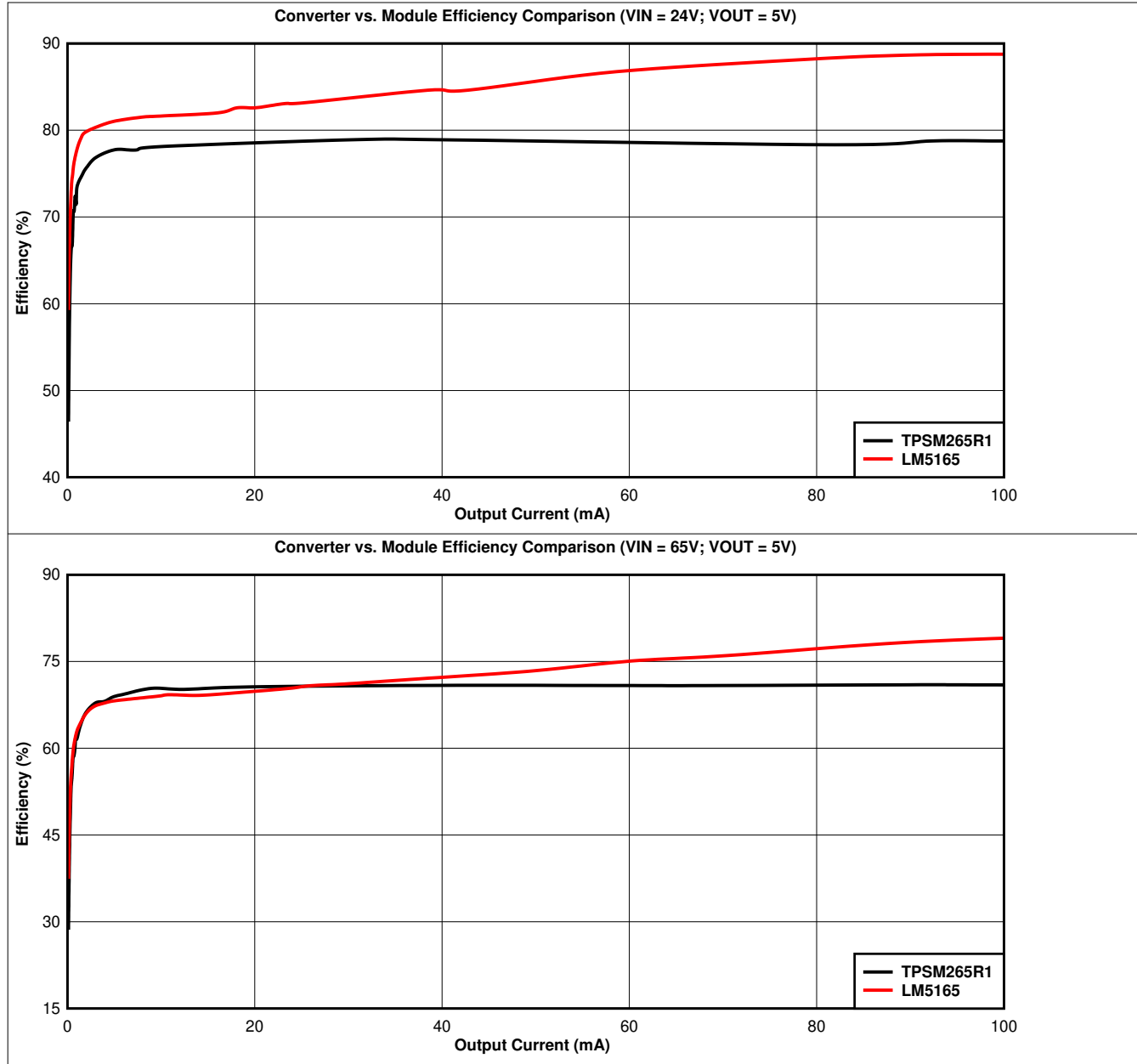
以下比较图是使用每个器件数据表效率曲线中的数据点生成的。



转换器 (LMR23630) 与电源模块 (LMZM33603) 的效率比较



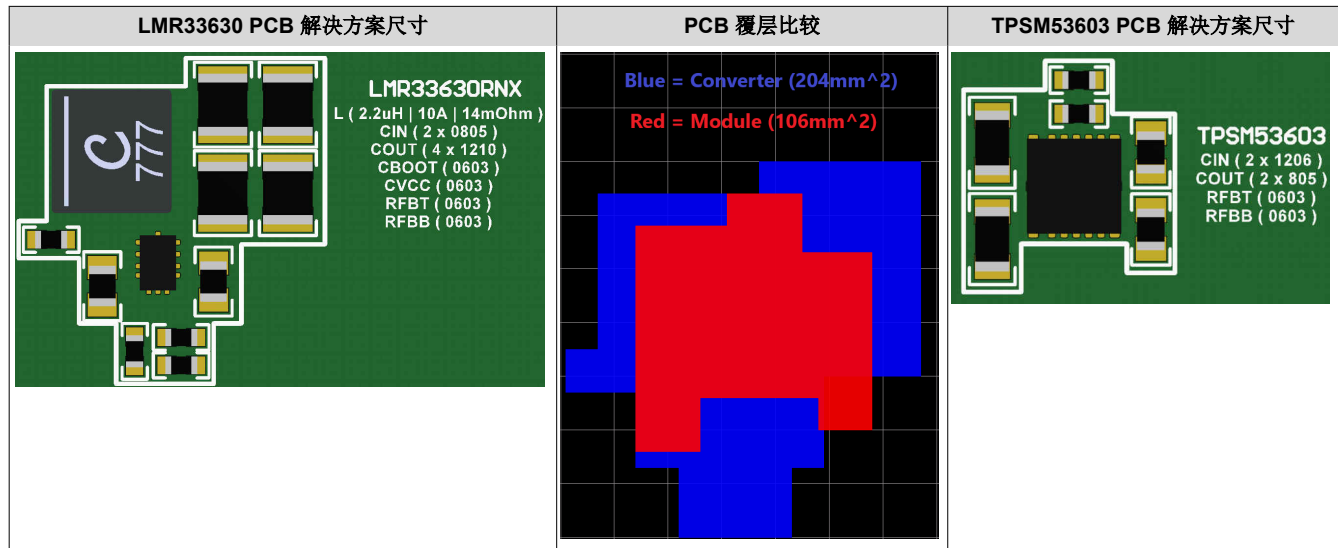
转换器 (LM5165) 与电源模块 (TPSM265R1) 的效率比较



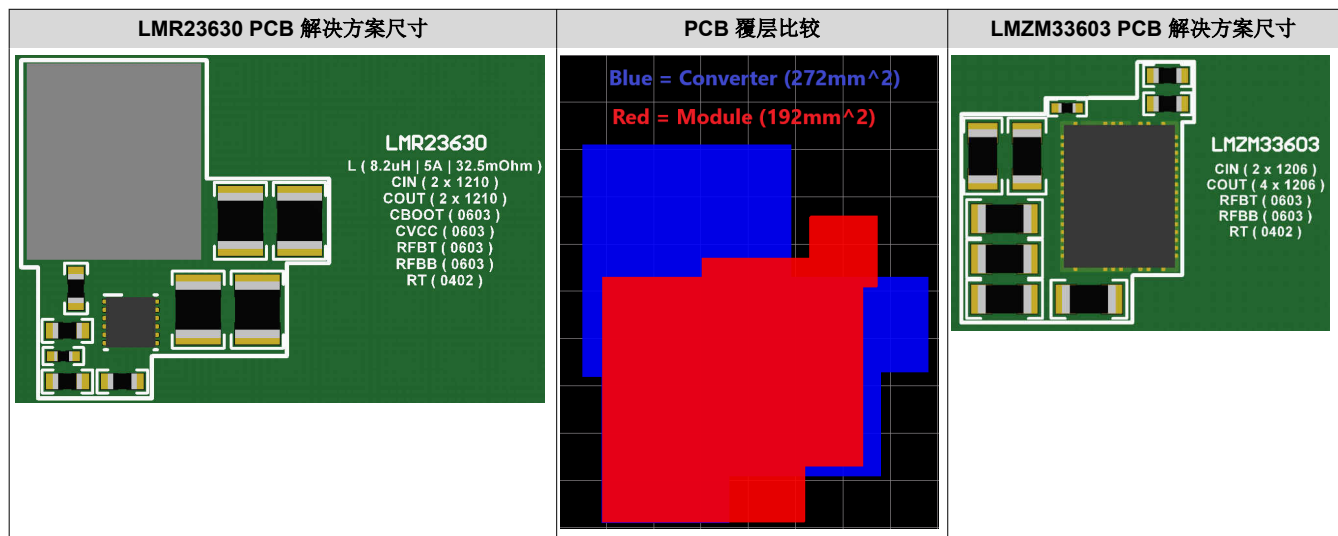
电源模块具有一个内部电感器，选择该电感器时考虑了数据表规格指定的输出电压范围内的稳定性和最大电流负载。尽管电源模块可以简化电源设计，并且使客户无需选择功率电感器，但与转换器相比，电源模块对设计的优化更少。在某些情况下（例如 TPSM53604 模块），电源模块可以具有与转换器相似的效率性能。通常，电源模块是为典型的输出电压轨量身定制的。

PCB 解决方案尺寸比较

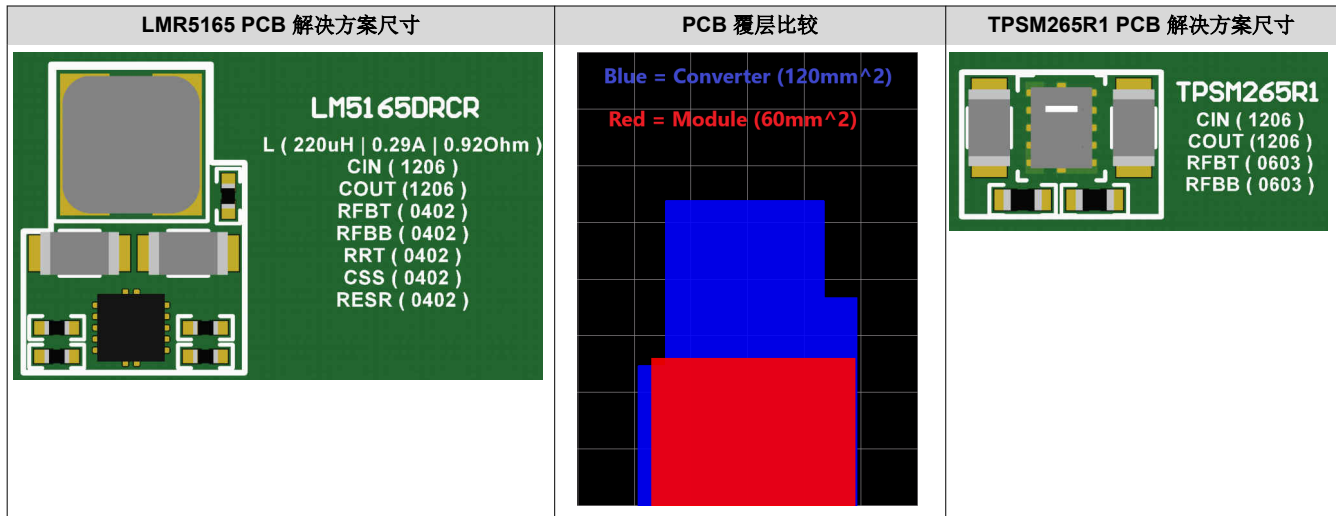
转换器和电源模块 PCB 解决方案的元件是根据数据表中的建议和 EVM 物料清单选择的。



LMR33630 转换器电路的总解决方案尺寸经测量约为 204mm²，而 TPSM53603 模块电路的总尺寸为 106mm²。



LMR23630 转换器电路的总解决方案尺寸经测量约为 272mm²，而 LMZM33603 模块电路的总尺寸为 192mm²。



LMR5165 转换器电路的总解决方案尺寸经测量约为 120mm²，而 TPSM265R1 模块电路的总尺寸为 60mm²。

在大多数情况下，与转换器相比，使用电源模块可实现更小的解决方案尺寸。使用 3D 封装的电源模块尤其如此，此时电感器位于集成式开关转换器和无源器件的上方。在该封装技术中，电感器尺寸占了解决方案尺寸的绝大部分。采用并排结构技术的电源模块将电感器设计在集成式开关转换器的旁边。作为转换器的替代产品，采用并排结构技术的电源模块的尺寸可能小于转换器或与之接近，具体取决于使转换器保持稳定所需的输出电容。

3 使用转换器和电源模块时的注意事项

电感器选择

电感器选择是直流/直流转换器设计中最重要方面之一。在使用转换器时，电源设计人员需要表征并选择合适的电感器，同时考虑以下因素：

- **电感值** (会影响尺寸、纹波、瞬态响应、峰值电流和效率)
- **绕组电阻** (会影响尺寸、压降和效率)
- **磁芯材料** (会影响尺寸和磁芯功率损耗)
- **饱和电流** (会影响尺寸、峰值电流和过载保护)
- **屏蔽** (会影响 EMI 性能)

虽然转换器解决方案要求仔细设计电感器，但电源模块可通过集成电感器的方式来简化和缩短设计过程。电源模块为了实现简单性而牺牲了设计灵活性，这使设计人员能够将器件“插入”到设计中，而无需考虑控制架构。设计人员可以更专注于快速原型设计并缩短设计周期，以满足项目进度需求。

BOM 选择的审查和元件级认证

电感器是直流/直流转换器设计中最重要方面之一，因此必须针对设计应用对这些电感器进行审查和认证，以创建高质量的解决方案。尽管转换器符合德州仪器 (TI) 的标准，但应该由客户对从外部采购的电感器进行鉴定并保存库存清单。电源模块被设计成“即插即用”型完整解决方案。这简化了客户端的系统级认证过程。电源模块设计人员在设计器件时考虑了集成电感器和无源器件所需的严格可靠性和质量要求。使用电源模块的工程师尽可放心，该器件经过了严格的内部审查。除了无源器件级别的认证和制造商测试，电源模块器件的审查过程还包括但不限于以下方面：

- **寿命测试**
- **高温贮存测试**
- **绝缘电阻**
- **电感器饱和测试**
- **击穿电压应力测试**

上述所有这些审查可以消除工程师在使用电源模块进行设计时可能遇到的质量问题。

广泛的应用范围和临界情况表征

使用电源模块进行设计的简单性是以牺牲应用灵活性为代价的。电源模块中的固定电感器在以下方面存在设计限制：**最小和最大开关频率、输出电压范围、以及效率**。为了使用固定电感器实现最大的电流负载能力和宽输入电压范围，必须对电源模块输出电压范围进行降额。例如，如果将 LMR33630 与 TPSM53603 进行比较，可以发现 LMR33630 提供 1V 至 24V 的宽输出电压范围，而 TPSM53603 的输出电压范围则被限制在 1V 至 7V。这是因为转换器解决方案使工程师能够配置和选择合适的电感器，从而实现更宽的工作范围。与转换器相比，使用固定电感器的另一个限制是效率性能较低。

通常，在较低的输出电压下，最好降低开关频率以减少开关损耗，同时保持所需的输出纹波并避免超出最小导通时间。如果设计需要更高的输出电压，则需要增大开关频率以减小电感器纹波电流并防止模块达到电流限值。在这些情况下，利用具有可调开关频率的电源模块，设计人员能够获得更高的效率和更大的工作范围。不过，在高 VIN 和高 VOUT 或低 VIN 和低 VOUT 的临界情况下，集成式电感器的尺寸可能过小或过大，具体取决于应用。该电源模块具有固定式电感器和集成式转换器，旨在最大负载能力下提供各种常见的输出电压。不过，这是以牺牲转换器解决方案为设计人员提供设计灵活性和效率优化为代价的。

EMI 设计工作量

每个降压电源（控制器、转换器和电源模块）都会无意中传输电磁波，从而产生电磁干扰 (EMI)，影响和干扰周围的电路。来自输入源的噪声和加载到输入端的寄生电感这两个因素结合在一起，使 EMI 能够通过封装、电感器和 PCB 布局相关的寄生电容耦合到输出上。在噪声敏感环境中进行设计时，EMI 滤波和 PCB 布局对于衰减开关降压电源产生的噪声至关重要。EMI 缓解的最关键路径是在输入、功率 MOSFET 和输入电容器之间形成的电流环路。

在 PCB 布局中，关键电流环路也被称为“高 di/dt 环路”。减小高 di/dt 环路面积可有效降低由功率 MOSFET 的开关动作引起的辐射噪声。减小高 di/dt 环路的一种快速简便的方法是将输入旁路电容器放置在靠近降压电源的输入端和接地环路引脚的位置。大部分电源模块都集成了屏蔽式功率电感器和高频旁路电容器。电源模块设计人员会有意识地针对 EMI 来优化器件，这将有助于简化 EMI 设计，从而减轻客户的 EMI 设计负担。因此，与转换器相比，电源模块对布局设计错误的要求可以更加宽松。有关转换器 (LMR23630) 和电源模块 (LMZM33603) 之间的深入 EMI 设计比较，请参阅 [SLYY123](#)。

热设计工作量

由于所有相关的功率耗散元件都集成到模块封装中，因此功率模块中的热表征得到极大的简化。这种高水平的元件集成要求电源模块团队通过广泛的热表征（这对于创建对任何设计都可靠的器件而言是必要的）对电源模块进行限制。数据表的安全工作区曲线详细说明了该表征的结果。这些曲线突出展示了不同功率条件下功率模块的热性能以及较高输出功率条件和较高环境温度下的潜在降额性能。

数据表中提供的另一项热表征是封装热性能与电路板面积之间的关系图，该图是通过针对不同的电路板尺寸测试模块封装而生成的。使用电源模块进行设计的工程师可以轻松参考这些实用的图，以粗略地了解在给定应用的最高环境温度和预期功率耗散情况下的布板空间。电源模块设计人员通过创建专注于优化布局和热性能的器件来完成大部分的“繁重工作”，因此与转换器解决方案相比，电源模块解决方案可以极大地简化热设计过程并缩短上市时间。

4 总结

本应用手册的前面部分概述了使用降压转换器和降压电源模块的价值主张。电源模块可提供简单紧凑的解决方案，该解决方案进行了优化，可实现典型的输出电压、高输出密度和更短的上市时间。电源模块在布板空间有限的设计或工程资源有限的项目中更能发挥作用。相反，转换器可能更适合具有非常具体的要求并需要更高级别的定制和性能优化的应用。借助此处对电源模块和转换器的高度概括，设计人员应该能够在 TI 的降压电源管理产品系列中进行快速搜索，并挑选出最符合设计要求和项目进度需求的产品。

5 参考文献

1. 德州仪器 (TI), [在直流/直流电源模块和分立式开关稳压器之间进行选择](#)
2. 德州仪器 (TI), [比较集成式电源模块与分立式稳压器的优点](#)
3. 德州仪器 (TI), [采用直流/直流电源模块的实用性热设计](#)
4. 德州仪器 (TI), [电源模块相对于分立式设计的真正优势](#)
5. 德州仪器 (TI), [借助电源模块简化低 EMI 设计](#)

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司