

Denislav Petkov and Kyle Norell

摘要

TI 提供品类齐全电源模块产品系列，这些电源模块可以采用不同类型的封装。本应用报告概述了几种模块封装类型，并就焊接主题和注意事项提供了一些指导。

内容

1 引言.....	2
2 封装类型.....	2
2.1 MicroSiP.....	2
2.2 QFN 超模压.....	2
2.3 QFN 开放式框架.....	3
2.4 引线式.....	4
3 封装 CAD/CAE 符号和尺寸.....	4
4 焊接.....	5
4.1 MSL 等级.....	5
4.2 回流焊曲线.....	5
4.3 PCB 背面安装注意事项.....	6
5 原型设计期间返修.....	9
6 参考文献.....	9
7 修订历史记录.....	9

插图清单

图 2-1. 采用 MicroSiP 封装的 LMZM23601 (36V、1A) 模块.....	2
图 2-2. LMZ36002 (60V、2A) 模块，采用基于引线框的超模压 QFN 封装.....	3
图 2-3. TPSM84A21 (14V、10A) 模块，采用基于 PCB 层压板的超模压 QFN 封装的.....	3
图 2-4. 采用 PCB 层压开放式框架 QFN 封装的 TPSM846C23 (15V、35A) 模块.....	3
图 2-5. 采用引线式超模压 PMOD 封装的 LMZ14203 (42V、3A) 模块.....	4
图 3-1. 可下载的 CAD 文件.....	4
图 4-1. 多个位置上提供的 MSL 信息.....	5
图 4-2. 通过焊盘外围的焊接表面张力固定的元件.....	6
图 4-3. 通过焊盘面积区域的焊接表面张力固定的元件.....	6

表格清单

表 4-1. 第二次回流焊的背面可行性.....	7
--------------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

电源模块旨在将电源转换器 IC 与一个或多个电感器、一个或多个电容器以及其他无源器件集成到单个电源模块封装中，从而简化电源设计。电源模块根据额定电压、额定电流和目标应用的不同而采用不同类型的封装。本文档介绍了有关电源模块的一些常见问题，包括：

- 封装结构详细信息
- MSL 等级和回流焊曲线
- 背面安装能力
- 针对原型设计返修提供的指导

2 封装类型

2.1 MicroSiP

MicroSiP 封装将 IC 嵌入到其基板中，并将无源器件安装在顶部。通常，顶部的元件包括电感器和电容器。图 2-1 显示了此封装结构的图示说明。

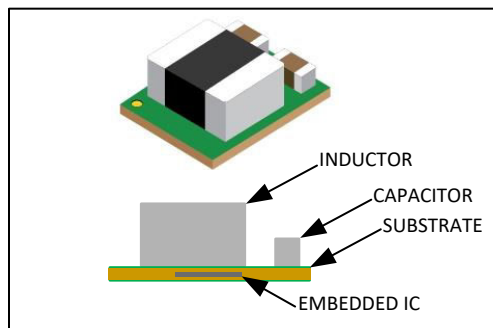


图 2-1. 采用 MicroSiP 封装的 LMZM23601 (36V、1A) 模块

2.2 QFN 超模压

QFN 超模压封装可以基于引线框或 PCB 层压板。该封装可集成电感器、电源 IC 以及编程元件。基于引线框的封装使用粗铜引线框进行布线。基于 PCB 层压板的封装使用薄的多层 PCB 安装所有集成的元件并将信号路由。有关这些 QFN 模块封装的示例，请参阅图 2-2 和图 2-3。

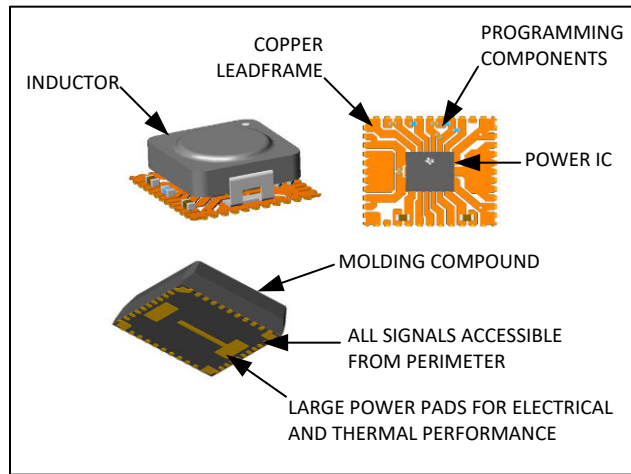


图 2-2. LMZ36002 (60V、2A) 模块，采用基于引线框的超模压 QFN 封装

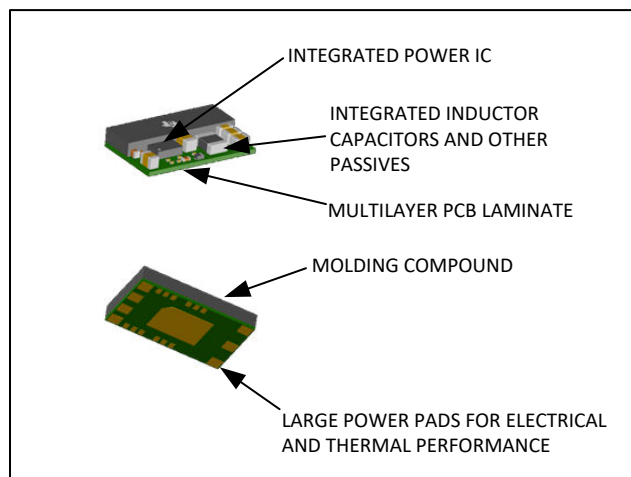


图 2-3. TPSM84A21 (14V、10A) 模块，采用基于 PCB 层压板的超模压 QFN 封装的

2.3 QFN 开放式框架

此 QFN 封装包含一个多层层压 PCB，顶部安装了电源 IC、电容器、电阻器和电感器。此封装未使用模塑化合物对电路进行塑封，并具有直接通向电感器顶部的通道，可实现潜在热传递。请参阅图 2-4 以查看图示。

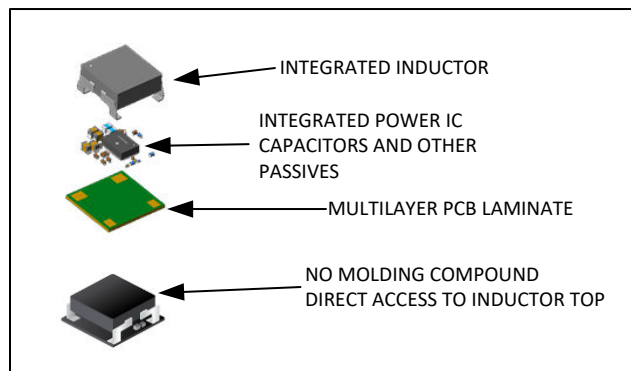


图 2-4. 采用 PCB 层压开放式框架 QFN 封装的 TPSM846C23 (15V、35A) 模块

2.4 引线式

引线式模块封装包括双铜引线框，引线框之间放入一个电源 IC。集成的电感器、电容器和任何其他无源器件位于顶部引线框上。封装采用模塑化合物进行塑封，并具有若干引线和一个大 GND 焊盘，可实现良好的热传递效果和简单的布局。图 2-5 提供了封装结构的图示说明。

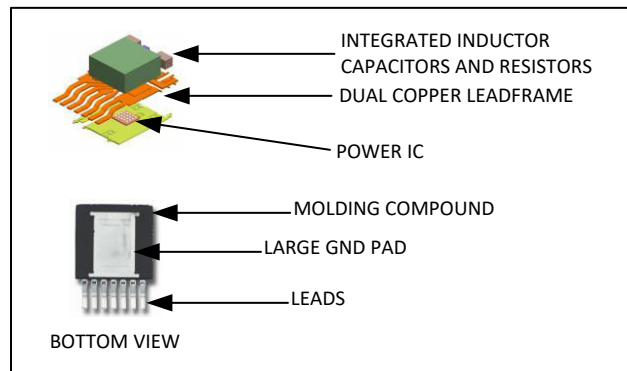


图 2-5. 采用引线式超模压 PMOD 封装的 LMZ14203 (42V、3A) 模块

3 封装 CAD/CAE 符号和尺寸

为了简化设计过程，TI 的许多模块都有 CAD 符号，可在 TI.com 上的器件产品文件夹的“质量和封装”部分下载。PCB 封装和原理图符号都能以非特定供应商的 .bxl 格式下载，然后再使用 Ultra Librarian 读取器将其导出为主要的 EDA CAD/CAE 设计工具格式。

Navigation tabs: Description & parametrics | Technical documents | Tools & software | Order now | **Quality & packaging**

Sub-navigation: Quality & environmental data | **CAD/CAE symbols**

Quality & environmental data

Part#	Eco Plan*	Lead / Ball Finish	MSL Rating / Peak Reflow	Material Content	DPPM Rate
TPSM84824MOLR	RoHS Exempt & Green	Call TI	Level-3-260C-168 HR	View	

* Eco-friendly classification: RoHS, RoHS Exempt or non-RoHS & Green or non-Green-please click on the Product Content Details "View" link in the table above for the latest information and additional product content details.

If the information you are requesting is not available online at this time, contact the [Customer Support Center](#) regarding the availability of this information.

CAD/CAE symbols

Part#	Package Pins	CAD File (.bxl)	STEP Model (.stp)
TPSM84824	QFM (MOL) 24	Download	Download

图 3-1. 可下载的 CAD 文件

4 焊接

4.1 MSL 等级

电子元件会吸收水分。在回流焊过程中，吸收的水分会被迅速加热。这会导致元件封装内部压力过大。压力过大会导致分层和内部机械损坏。电子行业提出了湿敏等级 (MSL) 额定值，用于表示打开防潮包装的时间至元件经过回流焊循环的时间之间的车间寿命。进行 PCB 安装之前在工厂车间的水分吸收与环境温度和相对湿度成正比。MSL 标准是在 30°C 和 60% 的相对湿度环境下制定的。

可以在封装选项附录部分的产品数据表中查看每种产品的 MSL 等级。此外，也可以在 TI.com 上模块产品文件夹的“质量”部分查看 MSL 等级。产品包装标签上也有 MSL 等级信息。请参阅图 4-1。

PACKAGE OPTION ADDENDUM SECTION OF THE DATASHEET:

PACKAGING INFORMATION									
Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)
LMZM23601SILR	ACTIVE	uSIP	SIL	10	3000	RoHS & Green	NIAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125

QUALITY SECTION OF THE PRODUCT FOLDER ON TI.COM:

Quality & environmental data						
Part#	Eco Plan*	Lead / Ball Finish	MSL Rating / Peak Reflow	Material Content	DPPM / MTBF / FIT Rate	Qualification Summary
LMZM23601SILR	RoHS & Green	NIAU	Level-3-260C-168 HR	View		View

PACKAGING LABEL:



图 4-1. 多个位置上提供的 MSL 信息

4.2 回流焊曲线

最高回流焊温度和允许的回流焊次数可能因器件而异。最高温度取决于封装体积和厚度。有关最高回流焊温度和回流焊次数，请参阅每个器件的数据表。有关基于 J-STD-020 的回流焊曲线示例和其他焊接信息，请参阅 [MSL 等级和回流焊曲线应用手册](#)。

4.3 PCB 背面安装注意事项

在倒置情况下进行第二次回流焊后，零件是将脱落还是留在电路板上？

一些高密度应用可能要求在 PCB 背面安装电源模块。通常情况下，具有重型元件的 PCB 侧应最后进行回流焊。但是，在某些情况下，电路板的两侧可能都有重型元件。在此类应用中，电源模块封装可能要在元件倒置时进行第二次回流焊。在第二次回流焊期间，元件能否与电路板保持连接取决于元件质量、元件焊盘尺寸和焊料合金表面张力。业内至少有两种经验模型可用于评估背面安装的可行性。

4.3.1 方法 1 - 焊接表面周长

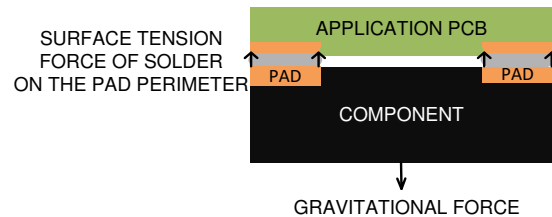


图 4-2. 通过焊盘外围的焊接表面张力固定的元件

这种评估背面安装可行性的方法是由 [Smith](#)、[Connell](#) 和 [Christian](#) 开发的。此经验模型将焊接表面张力定义为元件焊盘的总周长的函数。此经验模型规定的元件质量与总焊盘周长的最大建议比率为 22mg/mm。

4.3.2 方法 2 - 焊接表面积

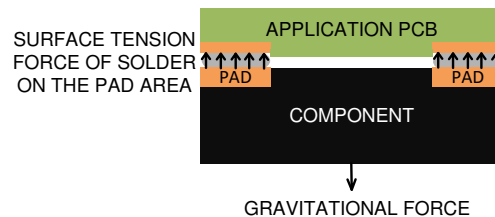


图 4-3. 通过焊盘面积区域的焊接表面张力固定的元件

这种评估背面安装可行性的方法是由 [Liu](#)、[Geiger](#) 和 [Shangguan](#) 开发的。该模型考虑了元件焊盘的总面积，并规定了建议的元件质量与焊盘总面积的最大比率为 47mg/mm²。

4.3.3 TI 模块背面 PCB 安装评估

表 4-1 包含几个 TI 模块系列的背面 PCB 安装可行性评估，考虑了以下因素：

- 最大质量/焊盘面积 $\leq 47\text{mg}/\text{mm}^2$
- 最大质量/焊盘周长 $\leq 22\text{mg}/\text{mm}$

表 4-1. 第二次回流焊的背面可行性

器件	无固定装置的可行性	封装类型	质量 (mg)	质量/面积 (mg/mm ²)	质量/周长 (mg/mm)
LMZ10500	是	MicroSiP	37.4	12.4	1.8
LMZ10501	是	MicroSiP	37.4	12.4	1.8
LMZ21700	是	MicroSiP	48	10.7	2.0
LMZ21701	是	MicroSiP	48	10.7	2.0
LMZ30602	是	QFN 超模压	850	31.4	8.5
LMZ30604	是	QFN 超模压	850	31.4	8.5
LMZ30606	是	QFN 超模压	850	31.4	8.5
LMZ31503	是	QFN 超模压	1260	38.8	10.2
LMZ31506	是	QFN 超模压	1260	38.8	10.2
LMZ31520	否	QFN 超模压	4960	67.2	25.5
LMZ31530	否	QFN 超模压	4960	67.2	25.5
LMZ31704	否	QFN 超模压	1430	68.2	13.8
LMZ31707	否	QFN 超模压	1430	68.2	13.8
LMZ31710	否	QFN 超模压	1430	68.2	13.8
LMZ34002	是	QFN 超模压	891	26.3	9.8
LMZ34202	否	QFN 超模压	1475	52.7	13.7
LMZ35003	是	QFN 超模压	891	26.3	9.8
LMZ36002	否	QFN 超模压	1475	52.7	13.7
LMZM23600	是	MicroSiP	48.5	12.2	1.9
LMZM23601	是	MicroSiP	48.5	12.2	1.9
LMZM33602	是	QFN 超模压	468	25.6	4.7
LMZM33603	是	QFN 超模压	468	25.6	4.7
LMZM33604	否	QFN 超模压	1990	57.7	11.9
LMZM33606	否	QFN 超模压	1990	57.7	11.9
TPS82084	是	MicroSiP	53.5	14.5	2.6
TPS82085	是	MicroSiP	53.5	14.5	2.6
TPS82130	是	MicroSiP	62.5	16.9	3.1
TPS82140	是	MicroSiP	62.5	16.9	3.1
TPS82150	是	MicroSiP	62.5	16.9	3.1
TPSM265R1	是	MicroSiP	37.7	13.9	1.6
TPSM41615	是	QFN 开放式框架	1319	28.5	6.4
TPSM41625	是	QFN 开放式框架	1319	28.5	6.4
TPSM53602	是	QFN 超模压	429	37.3	10.5
TPSM53603	是	QFN 超模压	429	37.3	10.5
TPSM53604	是	QFN 超模压	429	37.3	10.5
TPSM560R6	是	QFN 超模压	429	37.3	10.5
TPSM5601R5	是	QFN 超模压	429	37.3	10.5
TPSM5D1806	是	QFN 超模压	235	14.6	1.7
TLVM13630	是	QFN 超模压	123	13.1	1.9

表 4-1. 第二次回流焊的背面可行性 (continued)

器件	无固定装置的可行性	封装类型	质量 (mg)	质量/面积 (mg/mm ²)	质量/周长 (mg/mm)
TPSM63603	是	QFN 超模压	123	13.1	1.9
TPSM84209	是	QFN 超模压	110	13.2	2.9
TPSM84424	否	QFN 开放式框架	678 ⁽¹⁾	170 ⁽¹⁾	42.4 ⁽¹⁾
TPSM84624	否	QFN 开放式框架	678 ⁽¹⁾	170 ⁽¹⁾	42.4 ⁽¹⁾
TPSM846C23	否	QFN 开放式框架	2900 ⁽¹⁾	125 ⁽¹⁾	75.5 ⁽¹⁾
TPSM846C24	否	QFN 开放式框架	2900 ⁽¹⁾	125 ⁽¹⁾	75.5 ⁽¹⁾
TPSM84824	否	QFN 开放式框架	678 ⁽¹⁾	170 ⁽¹⁾	42.4 ⁽¹⁾
TPSM84A21	是	QFN 超模压	725	13.6	7.1
TPSM84A22	是	QFN 超模压	725	13.6	7.1

(1) 计算基于外露电感器的质量，电感器是可能首先脱落的重型元件。

4.3.4 回流焊固定装置

如表 4-1 所示，将一些器件放置在 PCB 背面进行第二次回流焊可能行不通。在此类情况下，可以设计回流焊固定装置，以在第二次回流焊期间固定重型元件。根据特定应用电路板的设计，联系 TI 以获取可能建议使用的固定装置。

5 原型设计期间返修

在产品原型设计过程中，有时会对焊件进行返修。在对 PCB 上的元件进行返修时，请务必遵守特定模块的最高回流焊温度。此外，务必记住特定模块的电路板回流焊历史记录和最大回流焊周期数。例如，如果元件安装在电路板背面，则在返修之前，它可能已经经历了两次回流焊。另一个要点是遵循元件的 MSL 要求。在返修之前，会需要对电路板组装件进行烘烤，以去除潜在的水分并降低模块或电路板上其他元件损坏的风险。必须使用适当的焊锡膏模版来确保焊锡膏充分覆盖。请参考产品数据表中建议的焊锡膏模式和焊锡膏模版信息。开放式框架和 MicroSiP 封装将 SMT 元件暴露在模块顶部。在返修过程中，也会对这些元件进行回流焊。在返修过程中，请不要移动暴露在外的这些 SMT 部件，否则会影响模块运行。

6 参考文献

- Smith, Sasha & Connell, David & Christian, Bev.(2010).Weight Limits for Double Sided Reflow of QFNs.
- Liu, Yueli & Geiger, David & Shangguan, Dongkai.(2005).Determination of Components Candidacy for Second Side Reflow with Lead-Free Solder.Proceedings - Electronic Components and Technology Conference.970-976.10.1109/ECTC.2005.1441389.

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (September 2020) to Revision B (May 2021)	Page
• 已将 TPSM5601R5 和 TPSM63603 器件添加至第二次回流焊的背面可行性表。.....	7
<hr/>	
Changes from Revision * (December 2019) to Revision A (September 2020)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图表和交叉引用的编号格式。.....	2
• 已将 TPSM41625 和 TPSM5D1806 器件添加至第二次回流焊的背面可行性表。.....	7

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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