

# EVM User's Guide: LMG2100 LMG2100EVM

## LMG2100EVM-078 评估模块



### 说明

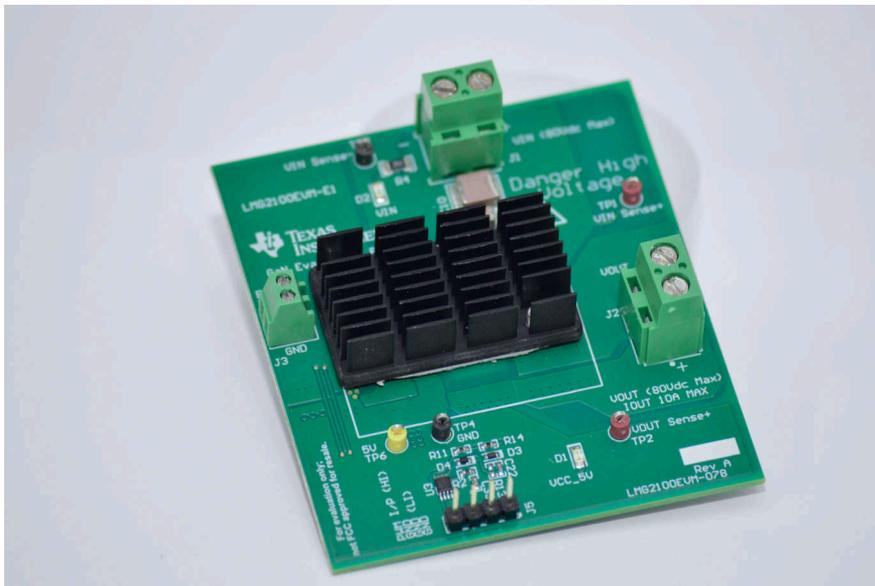
LMG2100 评估模块是一款具有外部 PWM 信号的紧凑型且易于使用的功率级。该电路板可配置为降压转换器、升压转换器或其他使用半桥的转换器拓扑。由于这是一个具有外部 PWM 信号的开环板，因此请勿用于评估瞬态响应。该器件可用于评估 LMG2100 作为硬开关转换器的性能，以便对诸如效率、开关速度和  $dv/dt$  (压摆率) 等测量结果进行采样。该 EVM 具有一个 LMG2100 半桥电源模块，该模块具有两个由 80V GaN FET 半桥栅极驱动器驱动的 100V、4.4m $\Omega$  GaN FET。如果应用包括适当的热管理 (根据需要监控外壳温度和验证空气流量是否足够)，则该模块可以提供高达 20A 的电流。热管理考虑因素包括强制通风、散热器和较低的工作频率，旨在更大限度地减少模块中的功率损耗。

### 特性

- 输入电压高达 80V 直流
- 带驱动器的集成式 100V、4.4m $\Omega$  GaN FET
- 通过单路或双路 PWM 信号进行开环控制
- 用于 PWM 信号的单个板载输入 (死区时间为 8ns)
- 只需更换电阻即可进行可配置的板载死区时间调节
- 板载 LDO，用于从 5.5V 至 10V 之间的非稳压电源生成 5V VCC 电源
- 用于输入和输出电压的效率测量的开尔文检测功能
- 使用串联电阻以及  $C_{boot}$  和  $C_{vcc}$  调整压摆率

### 应用

- 高速同步降压/升压转换器
- 太阳能电源优化器、微型逆变器
- D 类音频放大器
- 工业用 48V 负载点转换器
- 电机驱动器
- 电动工具
- 电信和服务器电源



带散热器的 LMG2100EVM-078 评估模块

## 1 评估模块概述

### 1.1 引言

LMG2100 器件是一款具有集成驱动器的 100V 氮化镓 (GaN) 半桥电源模块。该器件使用增强模式 GaN FET 提供了一个集成功率级。LMG2100 器件包含两个 GaN FET，它们由采用半桥配置的另一高频 GaN FET 驱动器驱动。该指南显示了电路和物料清单，其中描述了如何为电路板供电以及如何设置电路板以获得特定的稳定电压。EVM 板旨在加速 LMG2100 的评估。该电路板并不用作独立产品，而是用于评估 LMG2100 的开关性能。

此评估模块可通过提供外部栅极信号配置为降压或升压模式。外部散热器用于测试功率高达 500W 的这一模块。需要外部电源电压 (5.5V 至 10V) 来为 LMG2100 和死区时间生成电路供电。

### 1.2 套件内容

套件包含以下各项：

- 安全说明
- LMG2100EVM-078 电路板

### 1.3 规格

| 参数                       | 规格                    |
|--------------------------|-----------------------|
| 输入电压: 输入电压               | 0 V 至 80 V            |
| 输出电压: 输出电压               | 0 V 至 80 V            |
| V <sub>CC</sub> : 输入电源电压 | 5.5 V 至 10 V          |
| 最大功率                     | 500W                  |
| 开关频率                     | 100 kHz 至 500 kHz     |
| 电路板尺寸                    | 61 mm x 68 mm x 15 mm |

### 1.4 器件信息

LMG2100 器件是一款 80V 连续、100V 脉冲式 35A 半桥功率级，具有集成的栅极驱动器和增强模式氮化镓 (GaN) FET。该器件包含两个 100V GaN FET，这两者由采用半桥配置的另一高频 80V GaN FET 驱动器进行驱动。该器件配有用户友好型接口且更为出色，进一步提升了分立式 GaN FET 的优势。这为高频、高功率密度和高效的电源转换提供了出色的选择。

LMG2100 采用 5.5mm x 4.5mm x 0.89mm 无铅 QFN 封装，顶部有裸露芯片用于进行冷却。该器件的电源引脚经过优化，可轻松实现 PCB 布局，从而实现更小的电源环路。该器件支持适用于栅极信号的 3.3V、5V 和 12V 输入逻辑电平。

## 2 硬件

### 通用德州仪器 (TI) 高压评估模块 (TI HV EVM) 用户安全指南



务必遵循 TI 的设置和应用说明，包括在建议的电气额定电压和功率限制范围内使用所有接口元件。务必采取电气安全防护措施，这样有助于确保自身和周围人员的人身安全。如需了解更多信息，请联系 TI 的产品信息中心，网址为 <http://ti.com/customer support>。

保存所有警告和说明以供将来参考。

#### WARNING

务必遵循警告和说明，否则可能引发电击和灼伤危险，进而造成财产损失或人员伤亡。

TI HV EVM 一词是指通常以开放式框架、敞开放式印刷电路板装配形式提供的电子器件。该器件严格用于开发实验室环境，仅供了解开发和应用高压电路相关电气安全风险且接受过专门培训、具有专业知识背景的合格专业用户使用。德州仪器 (TI) 严禁任何其他不合规的使用和/或应用。如果不满足资格，则立即停止进一步使用 HV EVM。

#### 1. 工作区安全：

- a. 保持工作区整洁有序。
- b. 每次电路通电时，都必须由具有资质的观察员在场监督。
- c. TI HV EVM 及接口电子元件通电区域必须设有有效的防护栏和标识；指示可能存在高压操作，以避免意外接触。
- d. 开发环境中使用的所有接口电路、电源、评估模块、仪器、仪表、示波器和其他相关装置如果超过 50Vrms/75VDC，则必须置于紧急断电 EPO 保护电源板内。
- e. 使用稳定且不导电的工作台。
- f. 使用充分绝缘的夹钳和导线来连接测量探针和仪器。尽量不要徒手进行测试。

#### 2. 电气安全：

- a. 作为一项预防措施，假定整个 EVM 可能存在用户可完全接触到的高电压是一种好的工程做法。
- b. 执行任何电气测量或其他诊断测量之前，需切断 TI HV EVM 及其全部输入、输出和电气负载的电源。再次确认 TI HV EVM 已安全断电。
- c. 确认 EVM 断电后，根据所需的电路配置、接线、测量设备连接和其他应用需求执行进一步操作，同时仍假定 EVM 电路和测量仪器均带电。
- d. EVM 准备就绪后，根据需要 will EVM 通电。

#### WARNING

EVM 通电后，请勿触摸 EVM 或其电路，因为这些电路可能存在高压，会造成电击危险。

#### 3. 人身安全

- a. 穿戴个人防护装备（例如乳胶手套或具有侧护板的安全眼镜）或将 EVM 放置于带有联锁装置的透明塑料箱，避免意外接触。

#### 安全使用限制条件：

勿将 EVM 作为整体或部分生产单元使用。

### 2.1 测试点

表 2-1. 测试点功能说明

| 测试点 | 说明        |
|-----|-----------|
| TP1 | 输入电源的检测连接 |
| TP2 | 输出电压的检测连接 |
| TP3 | 输出接地的检测连接 |

表 2-1. 测试点功能说明 (continued)

| 测试点 | 说明                                    |
|-----|---------------------------------------|
| TP4 | 模拟接地检测连接                              |
| TP6 | LDO 输出的 5V 检测连接                       |
| TP7 | 输入电源接地的检测连接                           |
| J12 | SW 节点，设计用于与示波器探头和弹簧式接地连接一起使用，以实现更好的测量 |
| J1  | VIN 电源连接器 (最高 80V 直流)                 |
| J2  | VOOUT 电源连接器 (最高 80V 直流)               |
| J3  | EXTVCC 连接 (5.5V 至 10V)                |

### 2.1.1 主要连接

建议主要使用以下测试程序来为评估模块上电和断电。切勿让已通电的 EVM 长时间无人看管。此外，切勿在上电时操作器件。

#### WARNING

EVM 上存在高压。某些元件的温度可达 50°C 以上。处理电路板时必须采取预防措施。

#### 2.1.1.1 将电源连接到 J3 连接器

LMG2100 驱动器配有辅助电源 EXTVCC (5.5V 至 10V 之间)。该驱动器电源由串联 LDO U2 (LP3869) 调节为 5V。该调节验证 LMG2100 的辅助电源是否准确，并且没有超出栅极电压规格。本用户指南将该电源称为驱动器辅助电源。

#### 2.1.1.2 PWM 输入

使用能够提供所需开关频率和占空比的函数发生器来提供 PWM 输入。此函数发生器输出 (0V 至 5V 信号) 必须连接到 J5 连接器，如图 2-1 所示。此视图中最左侧的引脚 (引脚 4) 是 PWM 电源的正输入，其余三个引脚在电路板的默认组装中连接到 GND。R14-C22 和 R2-C35 的组合可生成 8ns 至 10ns 的死区时间。

或者，可以应用两个单独的 PWM 输入来独立控制 HI 和 LI。要应用这种类型的控制，必须移除 R11，必须用 0Ω 电阻器填充 R13，并且必须用 10kΩ 电阻器替换 R12。在经过这些修改的电路板上，必须在 J5 的引脚 4 处施加 HI 信号，并在 J5 的引脚 2 处施加 LI 信号。请注意，通过此控制方案，EVM 不再生成分隔 HI 和 LI 转换的死区时间。因此，必须仔细考虑此运行模式下的控制信号，以防止发生击穿情况。TI 建议通过外部 PWM 信号提供至少 8ns 的死区时间。

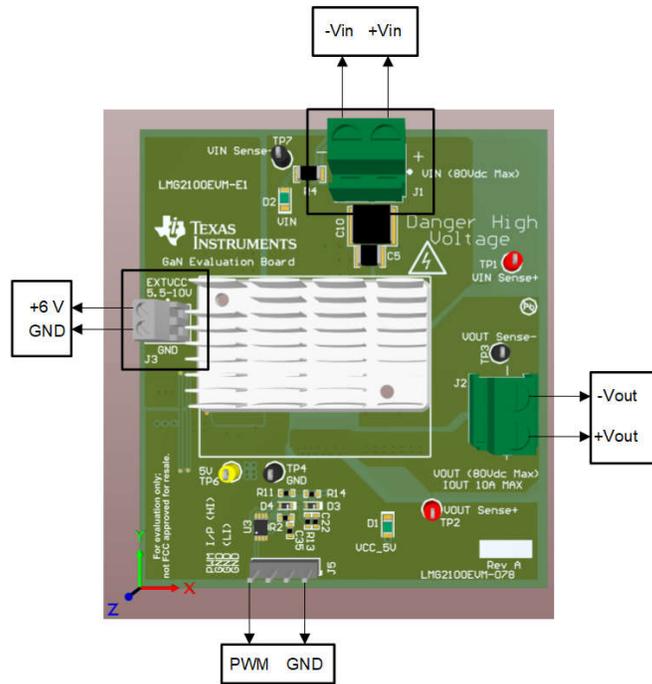


图 2-1. J5 上的 PWM 连接

### 2.1.1.3 J1 连接器：电源

将输入电压连接到 J1 连接器，并验证正负电源是否正确连接。电路板上标记了正极端子和负极端子。输入电源的检测连接分别通过 TP1 和 TP7 测试点。这在进行效率计算时非常有用，因为这可以验证是否考虑了电路板的电阻损耗，以及计算出的损耗是否与电路板和 LMG2100 半桥相关。

输出负载连接至 J2 连接器。正负检测信号分别为 TP2 和 TP3。

## 2.2 上电程序

### 2.2.1 步骤 1：驱动器辅助电源

首先为驱动器辅助电源 (5.5V 至 10V) 上电。驱动器辅助电源接通后，D1 二极管亮起。完成此步骤后，观察测试点 TP9 和 TP10 上的 PWM 信号。验证高侧和低侧的 PWM 信号是否具有所需的频率 (100kHz 至 5MHz，具体取决于输入电压和负载)。还应观察 PWM 从高电平转换到低电平与从低电平转换到高电平之间的默认死区时间。

### 2.2.2 步骤 2：输入电源

为输入电源 (10V 至 80V) 上电。输入电源上电后，D2 二极管会亮起。

观察检测信号 (TP2、TP3) 上的输出电压。调整 PWM 占空比，使输出具有所需的电压。使用适当的电子负载加载输出。

### 备注

必须调整 PWM 占空比以补偿加载电源时的损耗

### 2.2.3 步骤 3：测量 SW 电压

要观察 SW 节点，请将带有小尾纤的探头连接到 SW 引脚旁的过孔，如**测量 SW 节点**所示。这验证了测量环路很小，因此可以准确地反映 SW 节点的行为。如果使用大环路，由于 SW 节点上的高  $dv/dt$  和环路的寄生阻抗（电感），则会在 SW 节点测量上观察到大量振铃。这种振铃并不代表器件性能，而是一种测量伪影。必须在电路板上电之前连接探针，并且必须验证采取了适当的安全预防措施。

连接示波器探头以测量 SW 节点，如图 2-2 所示。请注意用于尽可能减小接地环路的小尾纤。

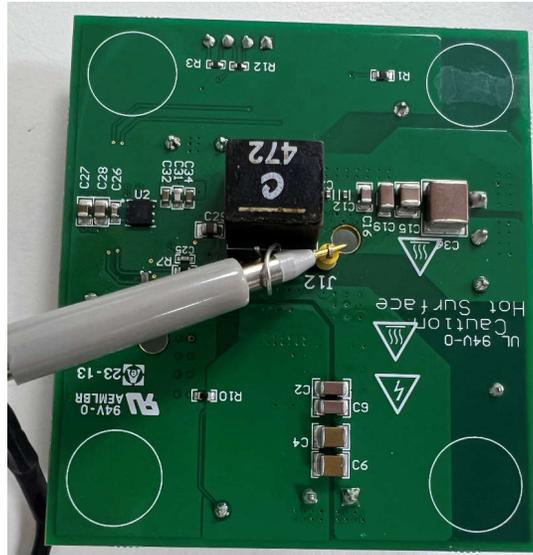


图 2-2. 测量 SW 节点

### 2.2.4 设置死区时间

死区时间由连接到跳线 J3 的反相和同相 PWM 输入之间的 RC 延迟设置。死区时间通常不需要更改，但是为了评估死区时间对效率的影响，用户可以改变 RC 延迟。更改电阻器 R14 和 R2 以获得适当的死区时间并不需要太多时间。验证死区时间没有减小太多而导致发生击穿情况。

## 2.3 断电过程

要为电路板断电，必须按相反的顺序执行上电程序。

1. 必须首先关闭负载。
2. 接下来，关闭输入电源。
3. 然后，必须关闭 PWM 信号。
4. 最后，关闭驱动器辅助电源。

## 2.4 组装指南

请遵循 LMG2100 样片的推荐组装指南：

- 使用熔化温度约为 130°C 至 140°C 的低温焊锡膏（如 Sn42-Bi58）。
- 使用底部加热进行焊接：
  - 建议用于较薄的电路板（小于或等于四层），且器件正下方没有任何元件。
  - 根据数据表中给出的模版建议放置焊锡膏。
  - 将电路板固定在距热风机顶部约 2cm 至 3cm 的基座上，并且将器件对齐以保持封装尺寸。
- 使用顶部加热进行焊接：
  - 对于较厚的电路板（超过 4 层），建议使用此方法。
  - 使用热风枪（温度设置为 400°C）吹扫器件周围，但避免直接在器件上方吹扫（温度可以更高，但使用时间更短）。
- 检查信号引脚的焊接连接是否正确。如果有多余的焊料，请使用焊铁手动清除。
- 避免放置过多的焊膏，特别是靠近 PGND 焊盘（引脚 6）的边缘。
- 如果通过自动回流炉进行组装，则将温度设置为低于 180°C。

### 3 实现结果

#### 3.1 电气性能规格

该 EVM 中使用的电感器是 4.7 $\mu$ H 电感器，额定电流为 25A。如果在更高的开关频率和更高的电流电平下运行，则该电感器可能会升温。请监控电感器的温度，必要时添加外部风扇冷却。开关频率由外部 PWM 信号 (0V 至 5V 之间) 设置。此 PWM 信号的占空比可设置半桥模块的占空比。

##### 3.1.1 评估设置

本节介绍 EVM 硬件，并概述进行设置来实施评估的程序。图 3-1 和图 3-2 分别显示了 LMG21EVM-078 的顶视图和底视图。

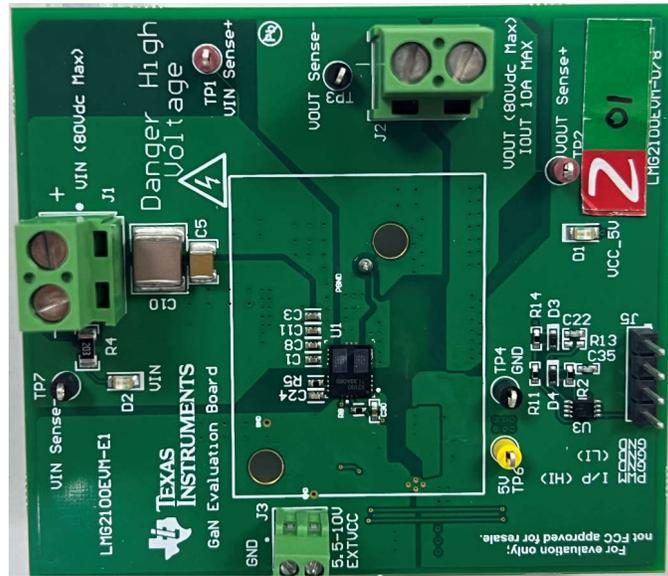


图 3-1. LMG2100EVM-078 板 (顶视图)

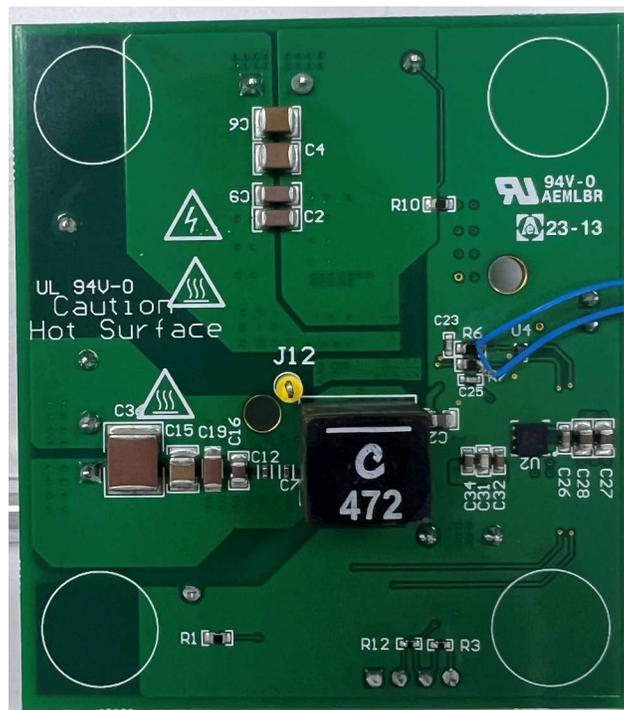


图 3-2. LMG2100EVM-078 板 (底视图)

该 EVM 可安装散热器 ( S05MZZ37、20mm x 35mm x 10mm ) 以提高热性能。两个外露散热焊盘之间具有高压电位差, 因此使用电气隔离热界面材料 (TIM)。已在器件与散热器之间放置了 GR80A-0H-50GY 的 TIM ( 热导率为 8W/mK, 厚度为 0.5mm )。

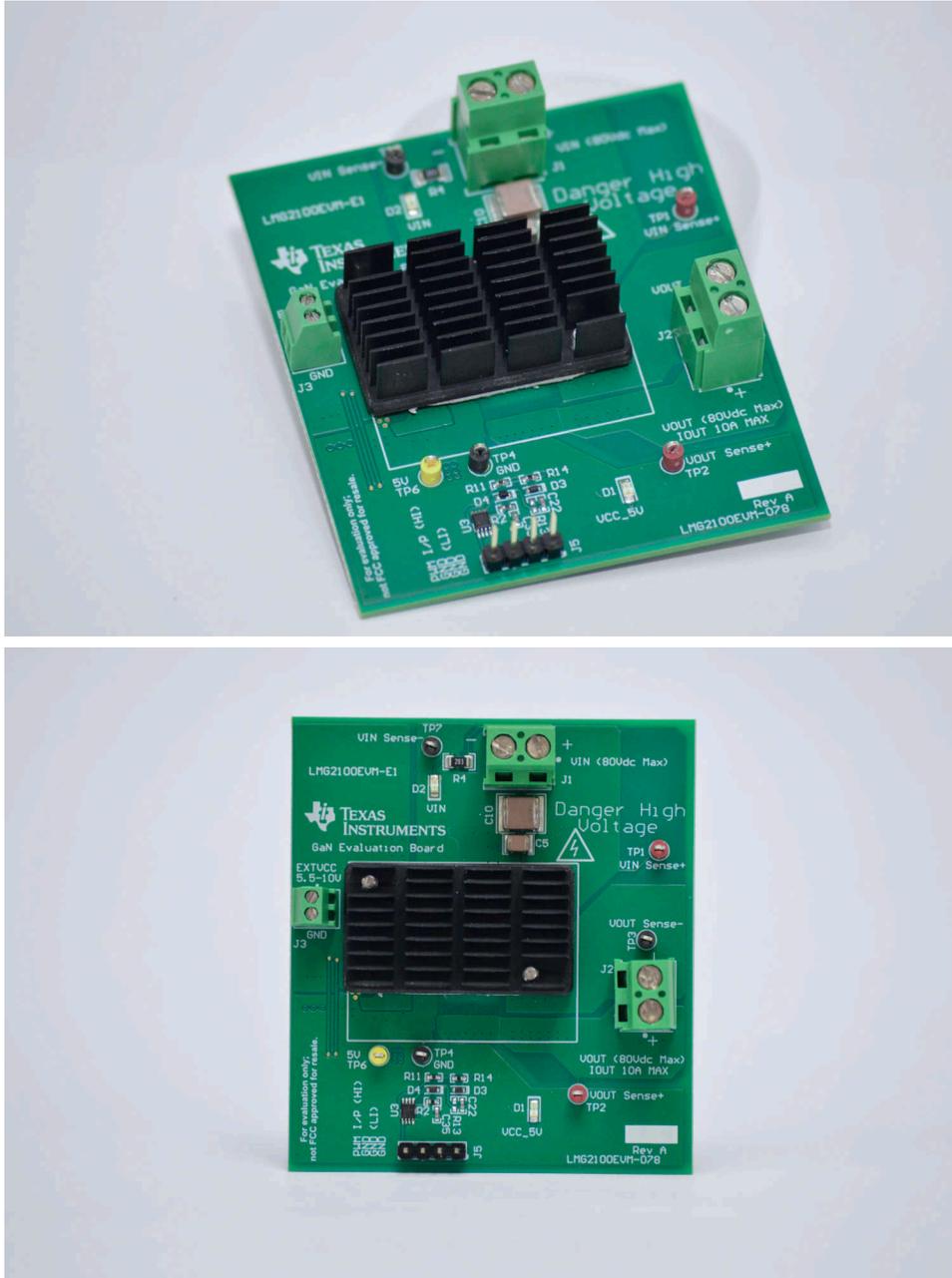


图 3-3. 带散热器的评估模块

**WARNING**

此评估模块 (EVM) 上存在可能导致人身伤害的高电压。在使用此 EVM 时, 请确认已遵循所有安全程序。切勿让已通电的 EVM 无人看管。

### 3.1.2 性能数据和结果

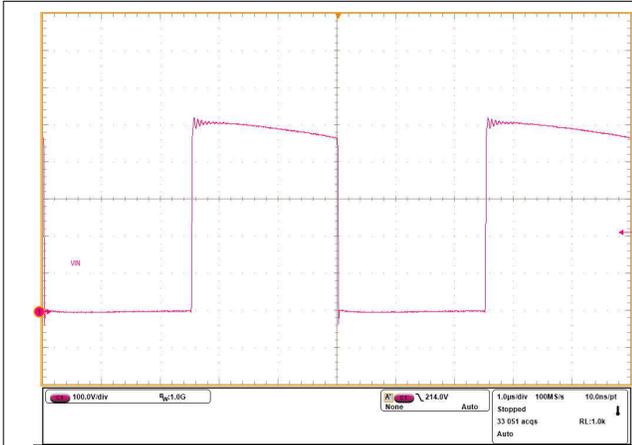


图 3-4. SW 节点行为，显示 SW 节点中的死区时间和过冲（降压转换器负载为 20A）

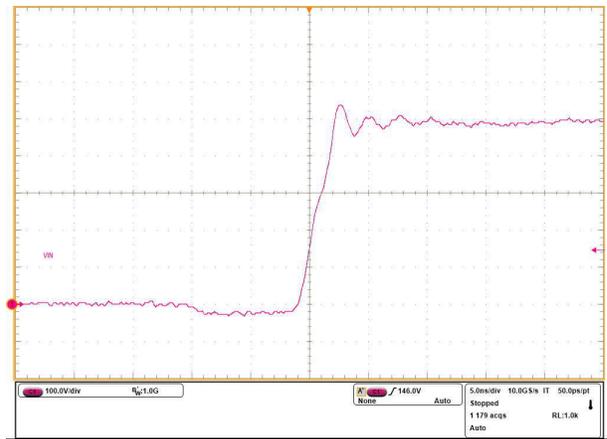


图 3-5. 带 2Ω 外部电阻的 SW 电压

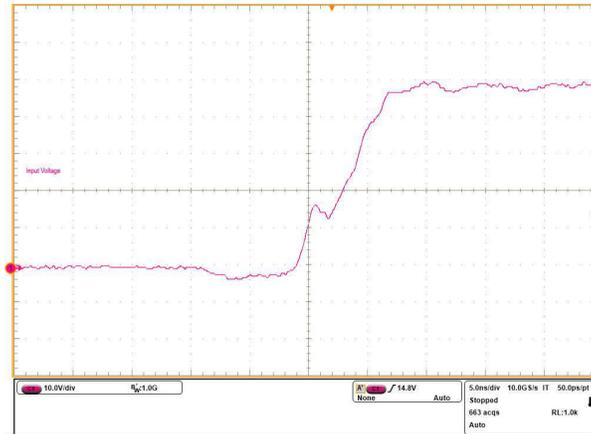


图 3-6. 放大 SW 节点，显示死区时间为 8ns（降压转换器负载为 15A）

#### 备注

有关 LMG2100 或 LMG2100 硬开关 EVM 的更多信息，请访问 [E2E 论坛氮化镓解决方案](#)。

## 4 硬件设计文件

## 4.1 原理图

图 4-1 显示了 EVM 的电路原理图。

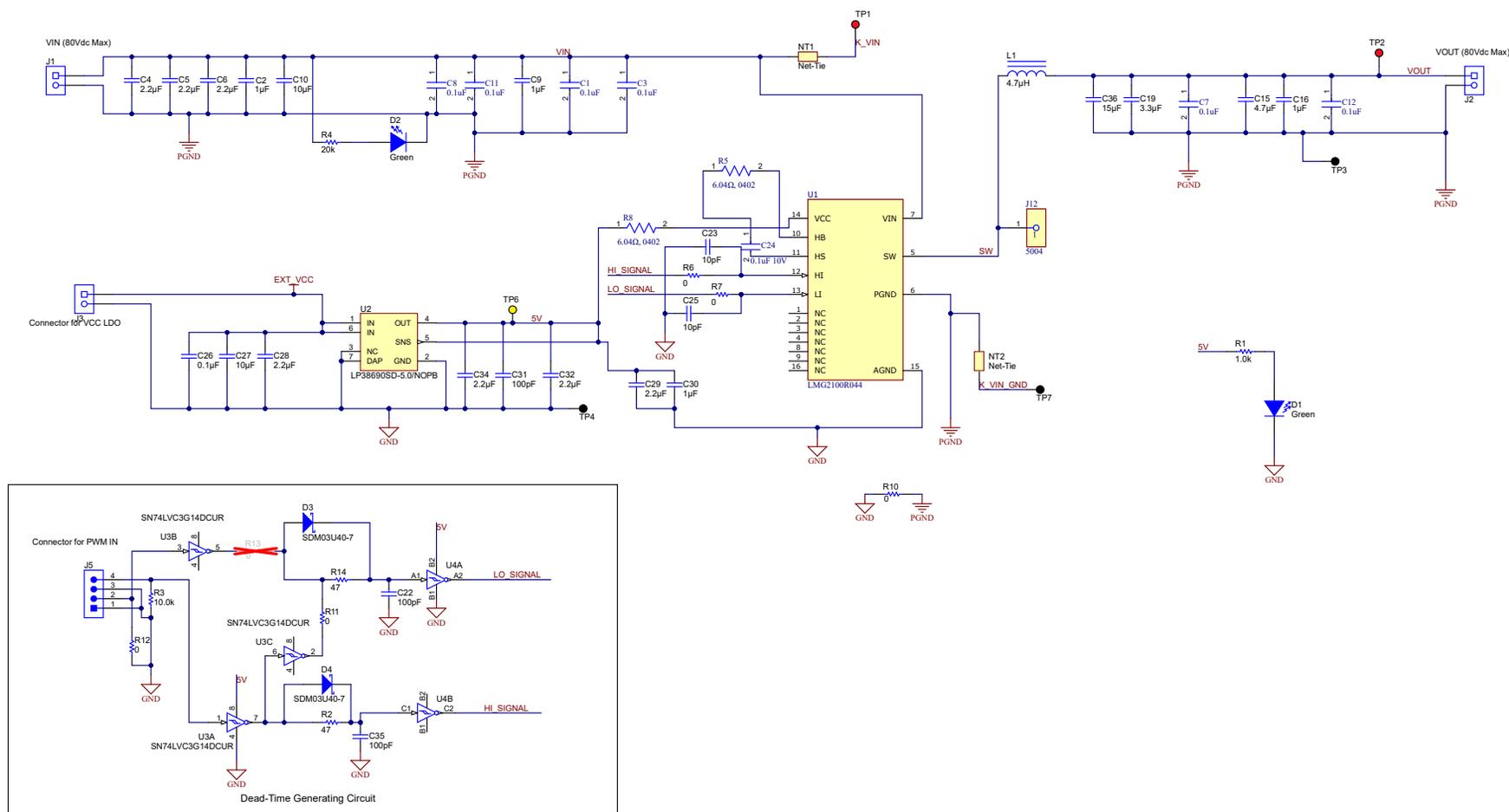


图 4-1. LMG2100EVM-078 原理图

## 4.2 PCB 布局

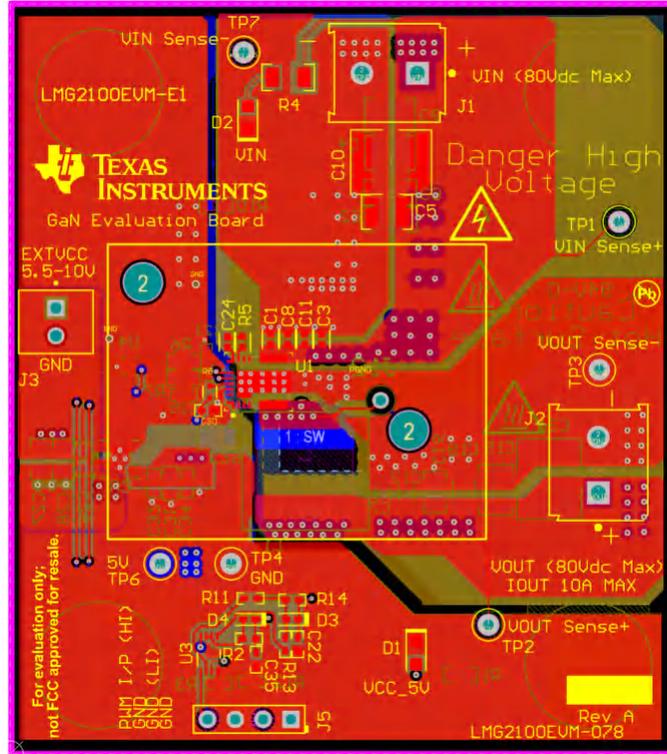


图 4-2. PCB 的顶层

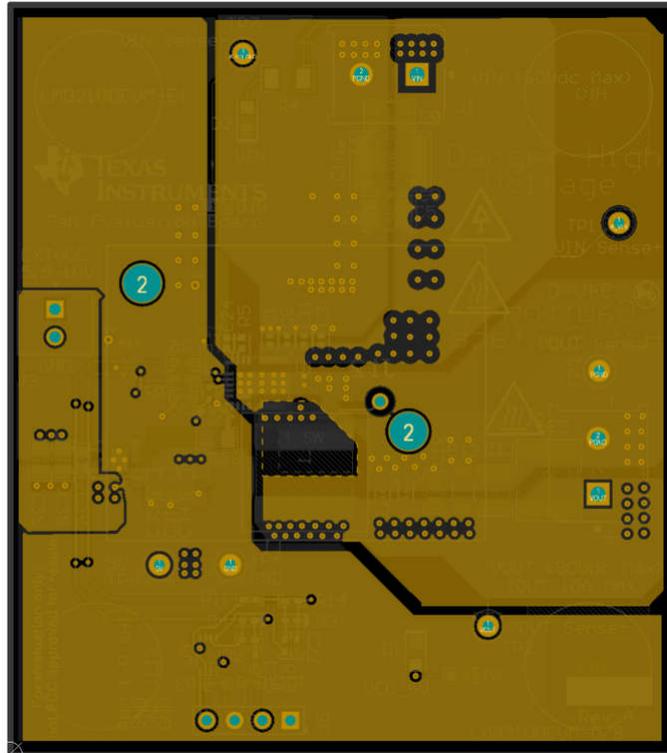


图 4-3. 中间层 1 显示了电源环路的返回路径

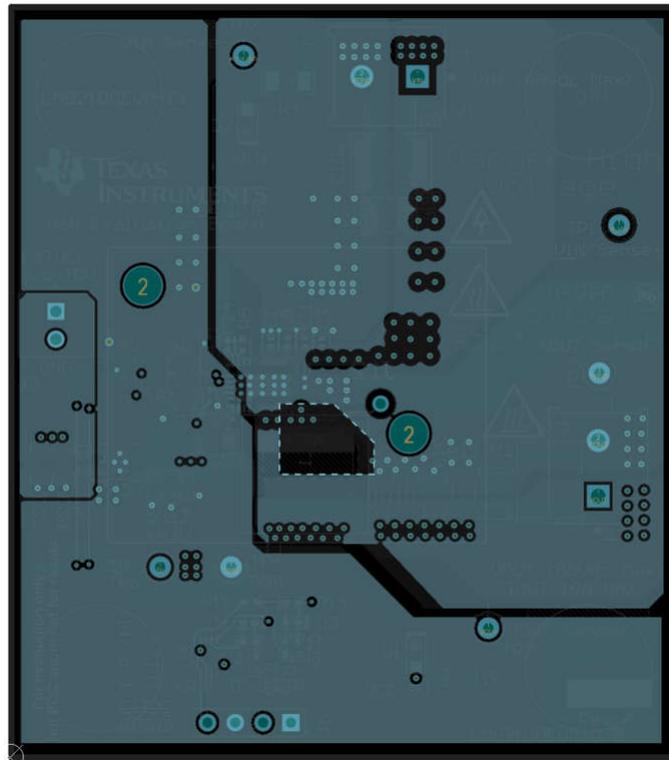


图 4-4. 中间层 2



图 4-5. 底层

### 4.3 物料清单

**表 4-1. LMG2100EVM-078 物料清单<sup>(2)</sup>**

| 名称                  | 数量 | 值     | 说明   | 封装参考                 | 器件型号                | 制造商             |
|---------------------|----|-------|--|----------------------|---------------------|-----------------|
| PCB1                | 1  |       | 印刷电路板                                      |                      |                     | 任意              |
| C1、C3、C7、C8、C11、C12 | 6  | 0.1μF | 电容, 陶瓷, 0.1μF, 100V, +/-10%, X7R, 0402     | 0402                 | GRM155R62A104KE14D  | Murata          |
| C2、C9               | 2  | 1μF   | 电容, 陶瓷, 1μF, 100V, +/-20%, X7R, 1206       | 1206                 | C3216X7R2A105M160AA | TDK             |
| C4、C5、C6            | 3  | 2.2μF | 电容, 陶瓷, 2.2μF, 100V, +/-10%, X7R, 1210     | 1210                 | GRM32ER72A225KA35L  | MuRata          |
| C10                 | 1  | 10μF  | 电容, 陶瓷, 10 μF, 100V, +/-20%, X7R, 2220     | 2220                 | 22201C106MAT2A      | AVX             |
| C15                 | 2  | 4.7μF | 电容, 陶瓷, 4.7μF, 100V, +/-10%, X7S, 1210     | 1210                 | C3225X7S2A475K200AE | TDK             |
| C16                 | 1  | 1μF   | 电容, 陶瓷, 1μF, 100V, +/-10%, X7S, 0805       | 0805                 | C2012X7S2A105K125AB | TDK             |
| C19                 | 1  | 3.3μF | 电容, 陶瓷, 3.3μF, 100V, +/-20%, X7S, 1206_190 | 1206_190             | C3216X7S2A335M160AB | TDK             |
| C22、C35             | 2  | 100pF | 电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0402   | 0402                 | CC0402JRNPO9BN101   | Yageo America   |
| C23、C25             | 2  | 10pF  | 电容, 陶瓷, 10pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0402    | 0402                 | GRM1555C1H100JA01D  | MuRata          |
| C24                 | 1  | 0.1μF | 电容, 陶瓷, 0.1μF, 10V, +/-10%, X5R, 0402      | 0402                 | 0402ZD104KAT4A      | TDK             |
| C26                 | 1  | 0.1μF | 电容, 陶瓷, 0.1μF, 16V, +/-5%, X7R, 0603       | 0603                 | 0603YC104JAT2A      | AVX             |
| C27                 | 1  | 10μF  | 电容, 陶瓷, 10μF, 25V, +/-10%, X5R, 0805       | 0805                 | C2012X5R1E106K125AB | TDK             |
| C28, C29            | 2  | 2.2μF | 电容, 陶瓷, 2.2μF, 16V, +/-10%, X7R, 0805      | 0805                 | C0805C225K4RACTU    | Kemet           |
| C30                 | 1  | 1μF   | 电容, 陶瓷, 1μF, 25V, +/-10%, X5R, 0402        | 0402                 | C1005X5R1E105K050BC | TDK             |
| C31                 | 1  | 100pF | 电容, 陶瓷, 100pF, 25V, +/-10%, X7R, 0603      | 0603                 | 06033C101KAT2A      | AVX             |
| C32、C34             | 2  | 2.2μF | 电容, 陶瓷, 2.2μF, 10V, +/-10%, X7R, 0603      | 0603                 | GRM188R71A225KE15D  | MuRata          |
| C36                 | 1  | 15μF  | 电容, 陶瓷, 15μF, 100V, +/-20%, X7S, 2220      | 2220                 | C5750X7S2A156M250KB | TDK             |
| D1、D2               | 2  | 绿色    | LED, 绿色, SMD                               | LED_0805             | LTST-C170KGKT       | Lite-On         |
| D3, D4              | 2  | 40V   | 二极管, 肖特基, 40V, 0.03A, SOD-523              | SOD-523              | SDM03U40-7          | Diodes Inc.     |
| H1                  | 1  |       | 散热器  | 20mm x 35mm x 10mm   | S05MZZ37            | Alpha Novatech  |
| H2                  | 1  |       | TIM  | 0.5 mm               | GR80A-0H-50GY       | Fujipoly        |
| J1、J2               | 2  |       | 端子块, 2x1, 5.08mm, TH                       | 10.16x15.2x9mm       | 282841-2            | TE Connectivity |
| J3                  | 1  |       | 端子块, 2x1, 2.54mm, TH                       | 端子块, 2x1, 2.54mm, TH | 282834-2            | TE Connectivity |
| J5                  | 1  |       | 接头, 100mil, 4x1, 锡, TH                     | 接头, 4x1, 100mil, TH  | 5-146278-4          | TE Connectivity |
| J12                 | 1  |       | PC 测试点, 微型                                 |                      |                     |                 |
| L1                  | 1  | 4.7μH | 电感, 屏蔽, 复合, 4.7μH, 25.4A, 0.0057Ω, SMD     | 10mm x 10mm x 11.3mm | XAL1010-472MED      | Coilcraft       |
| R1                  | 1  | 1.0k  | 电阻, 1.0kΩ, 5%, 0.1W, 0603                  | 0603                 | CRCW06031K00JNEA    | Vishay-Dale     |

表 4-1. LMG2100EVM-078 物料清单<sup>(2)</sup> (continued)

| 名称          | 数量 | 值     | 说明   | 封装参考         | 器件型号               | 制造商                      |
|-------------|----|-------|--|--------------|--------------------|--------------------------|
| R2、R14      | 2  | 47    | 电阻, 47Ω, 5%, 0.063W, 0402                      | 0402         | CRCW040247R0JNED   | Vishay-Dale              |
| R3          | 1  | 10.0k | 电阻, 10.0kΩ, 1%, 0.063W, 0402                   | 0402         | CRCW040210K0FKED   | Vishay-Dale              |
| R4          | 1  | 20k   | 电阻, 20kΩ, 5%, 0.25W, 1206                      | 1206         | CRCW120620K0JNEA   | Vishay-Dale              |
| R5、R8       | 2  | 6.04  | 电阻, 6.04 Ω, 1%, 0.063W, 0402                   | 0402         | CRCW04026R04FKED   | Vishay-Dale              |
| R6、R7、R10   | 3  | 0     | 电阻, 0 欧姆, 5%, 0.1W, 0603                       | 0603         | CRCW06030000Z0EA   | Vishay-Dale              |
| R11、R12     | 2  | 0     | 电阻, 0 Ω, 5%, 0.063W, 0402                      | 0402         | CRCW04020000Z0ED   | Vishay-Dale              |
| R13         | 1  | 0     | 电阻, 0 Ω, 5%, 0.063W, 0402                      | 0402         | CRCW04020000Z0ED   | Vishay-Dale              |
| TP1、TP2     | 2  | 红色    | 测试点, 微型, 红色, TH                                | 红色微型测试点      | 5000               | Keystone                 |
| TP3、TP4、TP7 | 3  | 黑色    | 测试点, 微型, 黑色, TH                                | 黑色微型测试点      | 5001               | Keystone                 |
| TP6         | 1  |       | 测试点, 微型, 黄色, TH                                | 黄色微型测试点      | 5004               | Keystone                 |
| U1          | 1  |       | 80V、19A GaN 半桥功率级                              | MOF0009A     | LMG2100RO44        | 德州仪器 (TI) <sup>(1)</sup> |
| U2          | 1  |       | 借助陶瓷输出电容器实现稳定的 1A 低压降 CMOS 线性稳压器, 6 引脚 LLP, 无铅 | SDE06A       | LP38690SD-5.0/NOPB | 德州仪器 (TI) <sup>(1)</sup> |
| U3          | 1  |       | 三路施密特触发反相器, DCU0008A                           | DCU0008A     | SN74LVC3G14DCUR    | 德州仪器 (TI) <sup>(1)</sup> |
| U4          | 1  |       | 双路施密特触发反相器, YZP0006ADBBD (DSBGA-6)             | YZP0006ADBBD | SN74LVC2G14YZPR    | 德州仪器 (TI) <sup>(1)</sup> |

(1) 没有替代元件制造商。

(2) 除非另有说明, 否则所有器件都可以替换为等效产品。

## 5 其他信息

### 5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司