

# TPS92365xEVM 65V、2A/4A 升压或降压/升压 LED 驱动器评估模块



## 说明

本用户指南介绍了 TPS92365x 评估模块，包括 TPS923655DMTREVM、TPS923655DRRREVM 和 TPS923653DYYREVM。本用户指南可用作工程评估的参考文献，包含测试设置说明、特性曲线和波形、原理图、印刷电路板 (PCB) 布局，以及物料清单 (BOM)。

## 开始使用

1. 在评估之前，请先完整阅读和学习本用户指南
2. 订购 [TPS92365xEVM](#) 以进行评估（如果符合步骤 1 的要求）
3. 根据用户指南说明设置和测试 [TPS92365xEVM](#)

## 特性

- 4.5V 至 65V 宽输入范围
- 用于升压或降压/升压模式的 LED 阴极连接
- 集成的  $150\text{m}\Omega$  MOSFET
- 可选开关频率：100kHz 至 2.2MHz
- TPS923653 和 TPS923655 的展频
- 高级调光选项：
  - 模拟调光 (256:1)
  - 快速 PWM 调光 (150ns 脉冲宽度)
  - 混合调光和灵活调光 (20kHz PWM 时为 2,000:1, 4kHz PWM 时为 10,000:1, 120Hz PWM 时为 1,000,000:1)

## 应用

- 持续照明：
  - 室内、室外、专业照明
  - 医疗、手术照明
  - 投影仪、激光电视、打印机、IP 摄像机
- 即时照明：
  - 机器视觉、摄像头闪光灯
  - 火警、频闪

## 1 简介

TPS92365xEVM 评估模块 (EVM) 能帮助设计人员评估 TPS92365x 适用于高电流和超深度调光 LED 驱动器应用的非同步升压或降压/升压开关稳压器的运行情况和性能。TPS92365x 是一款 2A/4A 非同步升压或降压/升压 LED 驱动器，具有宽输入电压范围 (4.5V 至 65V) 和四种调光选项，包括模拟调光、PWM 调光、混合调光和灵活调光。每种调光模式都可使用简单的高/低电平信号，通过 PWM/EN 和 ADIM/HD 输入引脚进行配置。它还提供全面的保护功能，包括 LED 开路保护和短路保护、检测电阻开路保护和短路保护、可配置的热折返和热关断。

TPS92365xEVM 评估模块 (EVM) 系列包括 TPS923655DMTREVM、TPS923655DRRREVM 和 TPS923653DYYREVM。

## 2 警告和注意事项

在使用 TPS92365xEVM 时，请遵守以下预防措施。

### 警告



在选择 LED 组件 (此 EVM 不包含) 时，最终用户必须查阅 LED 制造商提供的 LED 数据表，确认 EN62471 风险分组等级，并查看所选 LED 可能对眼睛带来的危害。务必考虑并落实使用有效的滤光和防护墨镜，并在观察强光源时充分了解周围的实验室环境，更大程度地降低或消除上述风险，从而避免与暂时性失明相关的故事。

## 3 说明

TPS92365xEVM 是一个 LED 驱动器，由 TPS92365x 升压或降压/升压开关稳压器供电。正常工作时的输入电压范围为 4.5V 至 65V。该 EVM 设置的默认输出电流为 2A，可在四种可配置的调光模式下运行。请参阅 TPS92365x 数据表 (文献编号：SLVSGH1)，了解有关可配置调光选项的更多详细信息。通过在 ADIM/HD 引脚或 PWM/EN 引脚上施加 0-100% 占空比的 PWM 信号，器件能够分别在模拟调光或 PWM 调光模式下运行。在模拟调光下，它可以提供高达 256:1 的调光比。在 PWM 调光下，它可以输出低至 200ns 的脉冲宽度。TPS92365x 集成了混合调光模式，该模式将模拟调光和 PWM 调光与固定过渡点 (1/8 目标电流) 相结合，用于更大限度地提高调光性能。为了进一步增加调光控制的灵活性，灵活调光模式也可用于独立控制 LED 电流值和开/关行为。

TPS92365x 可提供宽电压范围、高额定电流和超深度调光等特性。

### 3.1 典型应用

此设计描述了 TPS92365x 的 LED 驱动器应用，规格如下。对于具有不同输入电压范围或不同输出电压和电流的应用，请参阅 TPS92365x 数据表。

表 3-1 列出了电气性能规格。

**表 3-1. TPS92365xEVM 电气性能规格**

| 参数                | 测试条件   | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位   |
|-------------------|--|-----|-----|-----|------|
| 输入电压范围, $V_{IN}$  |  | 4.5 |     | 60  | V    |
| LED 正向电压          | 单个白光 LED   |     | 3   |     | V    |
| 输出电压范围, $V_{OUT}$ | LED+ 到 LED-, 取决于 $V_{IN}$  |     |     | 60  | V    |
| 输出电流              | 3.3V, 100% 占空比, 在 ADIM/HD 引脚上提供 PWM 输入 (TPS923655DMTREVM、TPS923655DRRREVM) |     | 2   |     | A    |
|                   | 3.3V, 100% 占空比, 在 ADIM/HD 引脚上提供 PWM 输入 (TPS923653DYYREVM)                  |     | 2   |     | A    |
| 输出电流纹波            | $V_{IN} = 24V$ , 15 个白光 LED, 2A 输出电流                                       |     | 100 |     | mApp |
| 模拟调光范围            | 在 ADIM/HD 引脚上施加 3.3V PWM   | 1   |     | 100 | %    |
| 模拟调光频率            |  | 0.1 |     | 100 | kHz  |
| PWM 调光范围          | 在 PWM/EN 引脚上施加 3.3V PWM  | 1   |     | 100 | %    |
| PWM 调光频率          |  | 0.1 |     | 50  | kHz  |
| 开关频率              |  |     | 400 |     | kHz  |
| 效率                | $V_{IN} = 24V$ , 15 个白光 LED, 2A 输出电流                                       |     | 95  |     | %    |

## 4 测试设置

本部分介绍了 EVM 上的连接器和测试点，并对如何正确连接、设置和使用 TPS92365xEVM 进行了说明。

### 4.1 连接器说明

**表 4-1. EVM 连接器和测试点**

| 参考指示符           | 功能                              |
|-----------------|---------------------------------|
| J1              | 连接到电源输入                         |
| J2              | 在升压连接中连接到 LED 负载的阳极和阴极          |
| J5              | 在降压/升压连接中连接到 LED 负载的阳极和阴极       |
| J3              | ADIM/HD 可以选择连接至 $V_{LDO}$ 或 GND |
| J4              | PWM/EN 可以选择连接至 $V_{LDO}$ 或 GND  |
| TP1、TP3         | 正和负电源输入测试点                      |
| TP4             | 升压连接和降压/升压连接中的 LED 负载阳极测试点      |
| TP13            | 升压连接中的 LED 负载阴极测试点              |
| TP2             | 降压/升压连接中的 LED 负载阴极测试点           |
| TP10            | ADIM/HD 信号输入                    |
| TP11            | PWM/EN 信号输入                     |
| TP12            | FAULT 测试点                       |
| TP5、TP6         | AGND 测试点                        |
| TP7、TP8、<br>TP9 | PGND 测试点                        |

## 4.2 输入/输出连接

必须通过一对 20 AWG 导线将能够提供 4A 电流的电源连接到 J1。在升压连接中，必须通过一对 20AWG 导线将 LED 负载连接到 TP4、TP13 或 J2。LED 负载的正极应连接到 TP4 或 TP4 旁边的 J2 端子，LED 负载的负极应连接到 TP13 或 TP13 旁边的 J2 端子。在降压升压连接中，必须通过一对 20AWG 导线将 LED 负载连接到 TP4、TP2 或 J5。LED 负载的正极应连接到 TP4 或 TP4 旁边的 J5 端子，LED 负载的负极应连接到 TP2 或 TP2 旁边的 J5 端子。导线应捻在一起并尽可能短，以便尽可能减少压降、电感和 EMI 传输。

TP10 和 TP11 是不同调光模式的控制信号输入端。表 4-2 显示了四种调光模式之一的配置。对于高电平信号，直流电压电平应高于 1.2V，通常为 3.3V。对于 PWM/EN 引脚或 ADIM/HD 引脚上的 PWM 信号，它应该是方波，低电平为 GND，高电平电压高于 1.2V (通常为 3.3V)。在 PWM/EN 引脚上，PWM 信号的调光频率应在 0.1kHz 到 50kHz 的范围内。而对于 ADIM/HD 引脚上的 PWM 信号，调光频率应在 0.1kHz 到 100kHz 的范围内。

表 4-2. 调光模式配置

| 调光模式   | PWM/EN 引脚 | ADIM/HD 引脚 |
|--------|-----------|------------|
| PWM 调光 | PWM 信号    | 高          |
| 模拟调光   | 高         | PWM 信号     |
| 混合调光   | PWM 信号    | 低          |
| 灵活调光   | PWM 信号    | PWM 信号     |

## 5 典型特性曲线和波形

本部分描述了 TPS92365xEVM 的典型特性以及测试曲线和波形。测试环境温度为 25°C，除非另有说明。可以在测试中并联几个 LED 来增加负载的总电流。

### 5.1 效率

图 5-1 显示了模拟调光模式下的效率与输入占空比间的关系。满标度 LED 电流  $I_{FS}$  设置为 2A。ADIM/HD 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。输入电压  $V_{IN} = 24V$ 。负载是 16 个串联的白光 LED。

图 5-2 显示了 PWM 调光模式下的效率与输入占空比间的关系。满标度 LED 电流  $I_{FS}$  设置为 2A。PWM/EN 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。输入电压  $V_{IN} = 24V$ 。负载是 16 个串联的白光 LED。

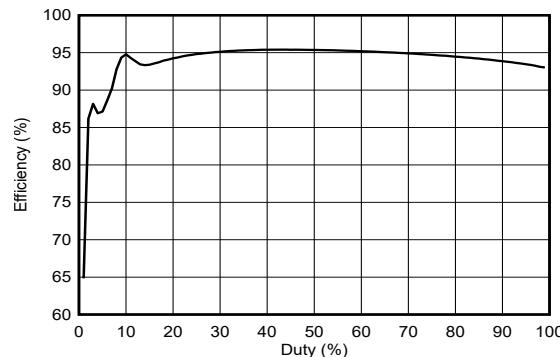


图 5-1. 模拟调光模式下的效率与输入占空比

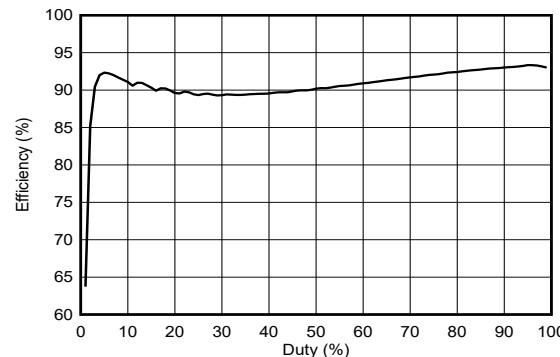


图 5-2. PWM 调光模式下的效率与输入占空比

### 5.2 线路调整

图 5-3 显示了输出电流变化率与输入电压间的关系。输入电压为 24V。15 个串联的白光 LED 用作负载。LED 电流分别设置为 2A 和 0.5A。

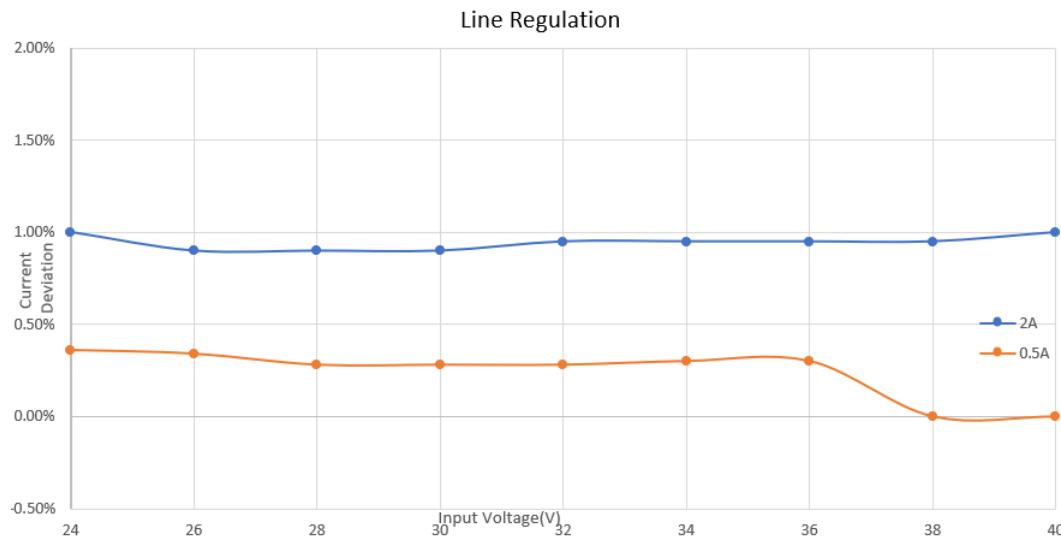


图 5-3. LED 电流变化率与输入电压间的关系

### 5.3 负载调整率

图 5-4 显示了模拟调光模式下 LED 电流变化率与串联的 LED 数量之间的关系。输入电压  $V_{IN}$  设置为 24V。在模拟调光模式下，LED 电流设置为 0.5A 和 2A。白光 LED 用作负载。串联的 LED 数量分别为 10、11、12、13、14、15 和 16。ADIM/HD 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。

图 5-5 显示了 PWM 调光模式下 LED 电流变化率与串联的 LED 数量之间的关系。输入电压  $V_{IN}$  设置为 24V。在 PWM 调光模式下，LED 电流设置为 0.5A 和 2A。白光 LED 用作负载。串联的 LED 数量分别为 10、11、12、13、14、15 和 16。PWM/EN 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。

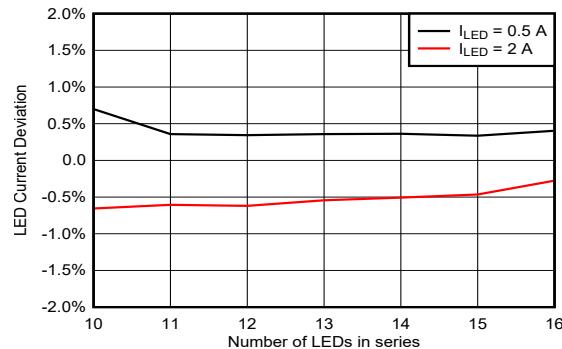


图 5-4. 模拟调光模式下 LED 电流变化率与串联的 LED 数量的关系

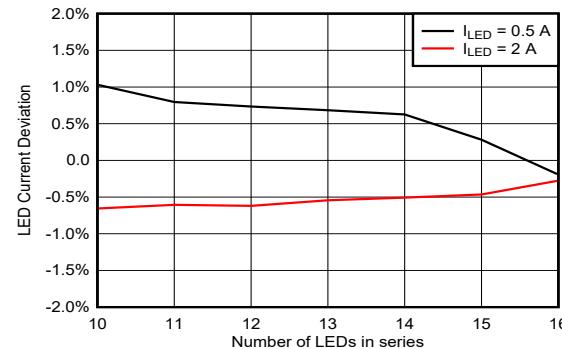


图 5-5. PWM 调光模式下 LED 电流变化率与串联的 LED 数量的关系

## 5.4 模拟调光性能

图 5-6 提供了模拟调光线性的测试结果，及其与理论值的比较。输入电压为 24V，串联 15 个白光 LED 作为负载。满标度 LED 电流设置为 2A。ADIM/HD 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。



图 5-6. 模拟调光线性

## 5.5 PWM 调光性能

图 5-7、图 5-8 和图 5-9 分别显示了 10%、50% 和 90% 占空比下的 PWM 调光波形。输入电压为 24V，串联 15 个白光 LED 作为负载。满标度 LED 电流设置为 2A。PWM/EN 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。

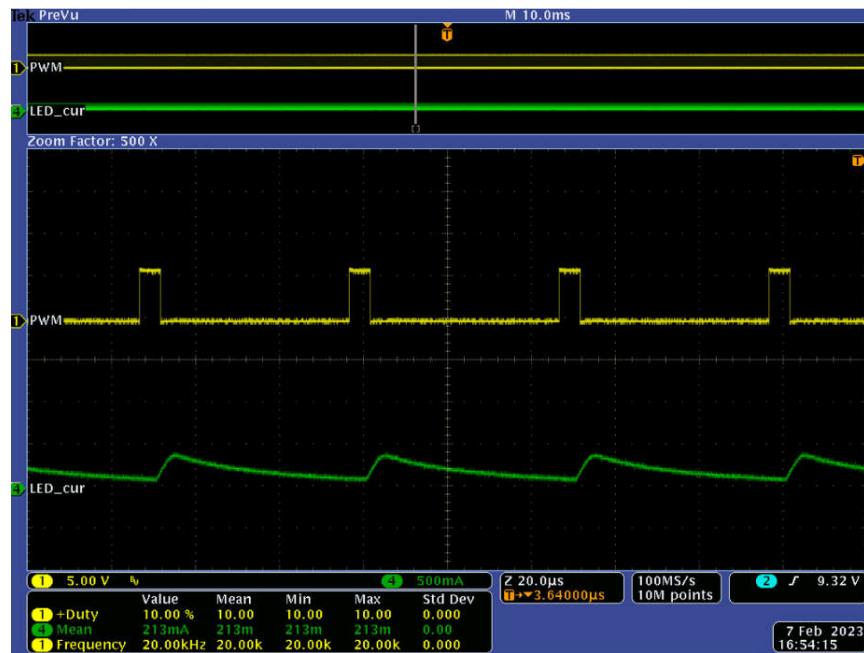


图 5-7. 10% 占空比、20kHz PWM 调光时的波形

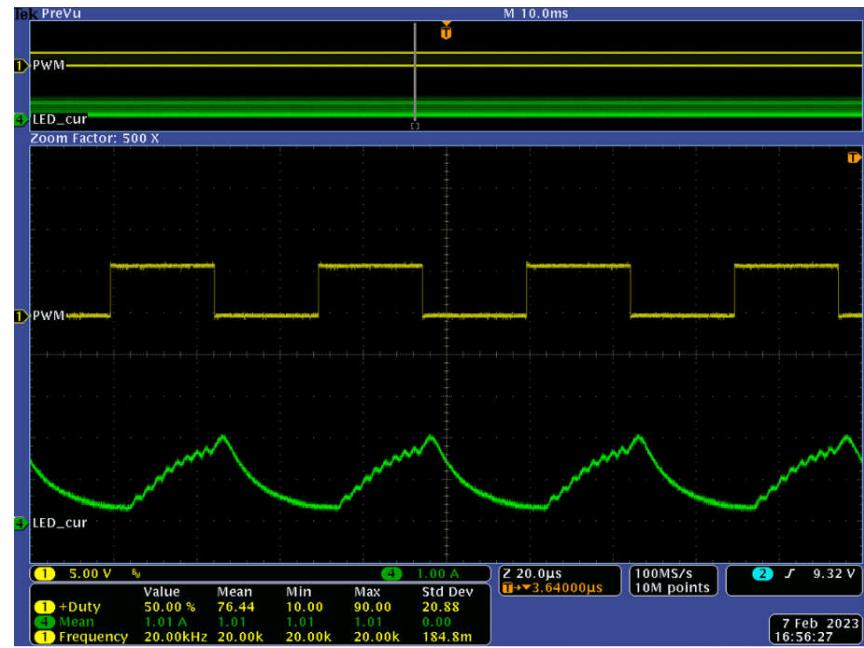


图 5-8. 50% 占空比、20kHz PWM 调光时的波形



图 5-9. 90% 占空比、20kHz PWM 调光时的波形

图 5-10 提供了 PWM 调光线性的测试结果，及其与理论值的比较。输入电压为 24V，串联 16 个白光 LED 作为负载。满标度 LED 电流设置为 2A。PWM/EN 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。

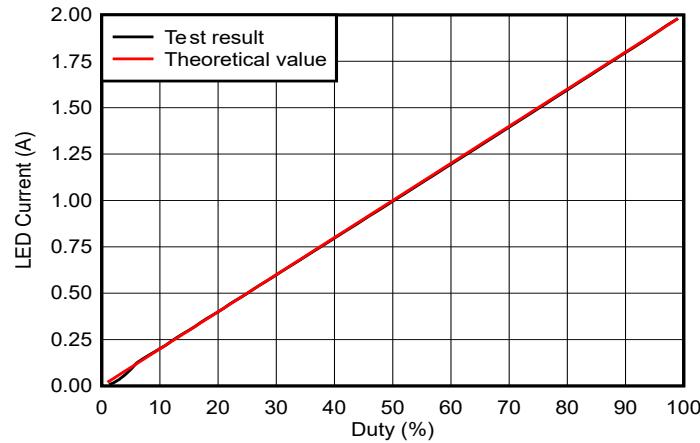


图 5-10. PWM 调光线性

## 5.6 混合调光性能

图 5-11 和图 5-12 分别显示了 10% 和 20% 占空比下的混合调光波形。输入电压为 24V，串联 15 个白光 LED 作为负载。满标度 LED 电流设置为 2A。ADIM/HD 引脚始终为低电平。PWM/EN 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。



图 5-11. 10% 占空比、20kHz 混合调光时的波形



图 5-12. 20% 占空比、20kHz 混合调光时的波形

当启用混合调光时，LED 电流在高亮度级别（12.5% 至 100%）由模拟调光调节，在低亮度级别（0% 至 12.5%）由 PWM 调光调节。

图 5-13 提供了混合调光线性的测试结果，及其与理论值的比较。输入电压为 24V，串联 15 个白光 LED 作为负载。满标度 LED 电流设置为 2A。PWM/EN 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。

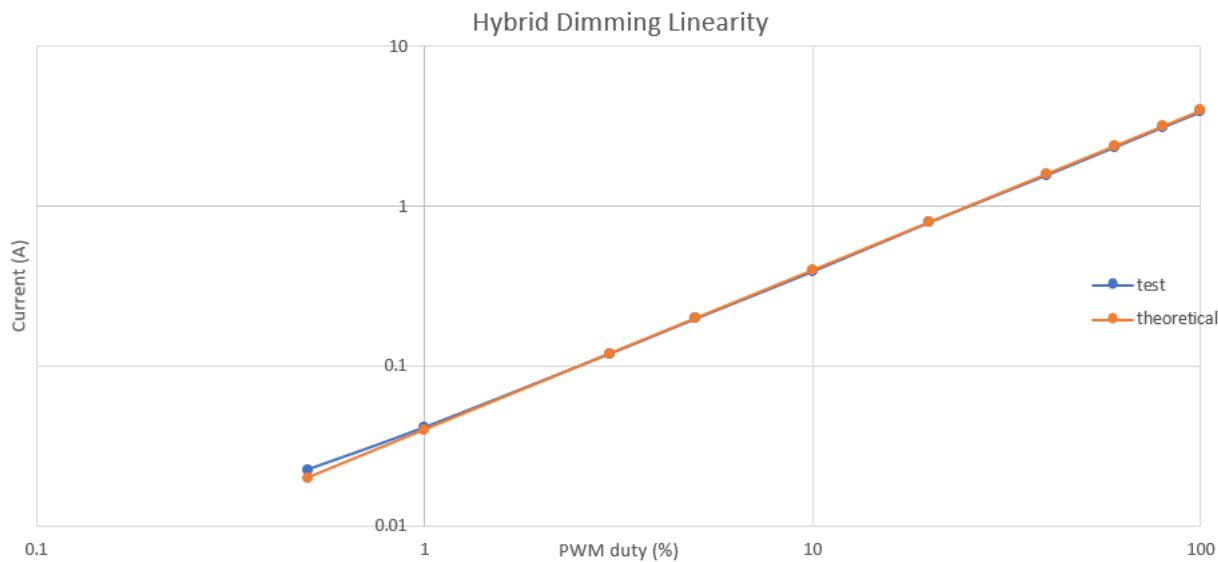


图 5-13. 混合调光线性

## 5.7 灵活调光性能

图 5-14、图 5-15 和图 5-16 显示了 ADIM/HD 引脚和 PWM/EN 引脚在不同输入占空比下的灵活调光波形。输入电压为 24V，串联 15 个白光 LED 作为负载。满标度 LED 电流设置为 2A。ADIM/HD 引脚和 PWM/EN 引脚的输入 PWM 信号频率为 20kHz。



图 5-14. 50% 占空比 ADIM/HD 和 50% 占空比 PWM/EN 时的波形



图 5-15. 10% 占空比 ADIM/HD 和 90% 占空比 PWM/EN 时的波形



图 5-16. 90% 占空比 ADIM/HD 和 10% 占空比 PWM/EN 时的波形

## 6 原理图

图 6-1 展示了 TPS923655DMTREVM 的原理图。TPS923655DMTREVM、TPS923655DRRREVM 和 TPS923653DYYREVM 原理图之间的唯一区别是主 LED 驱动器 IC。

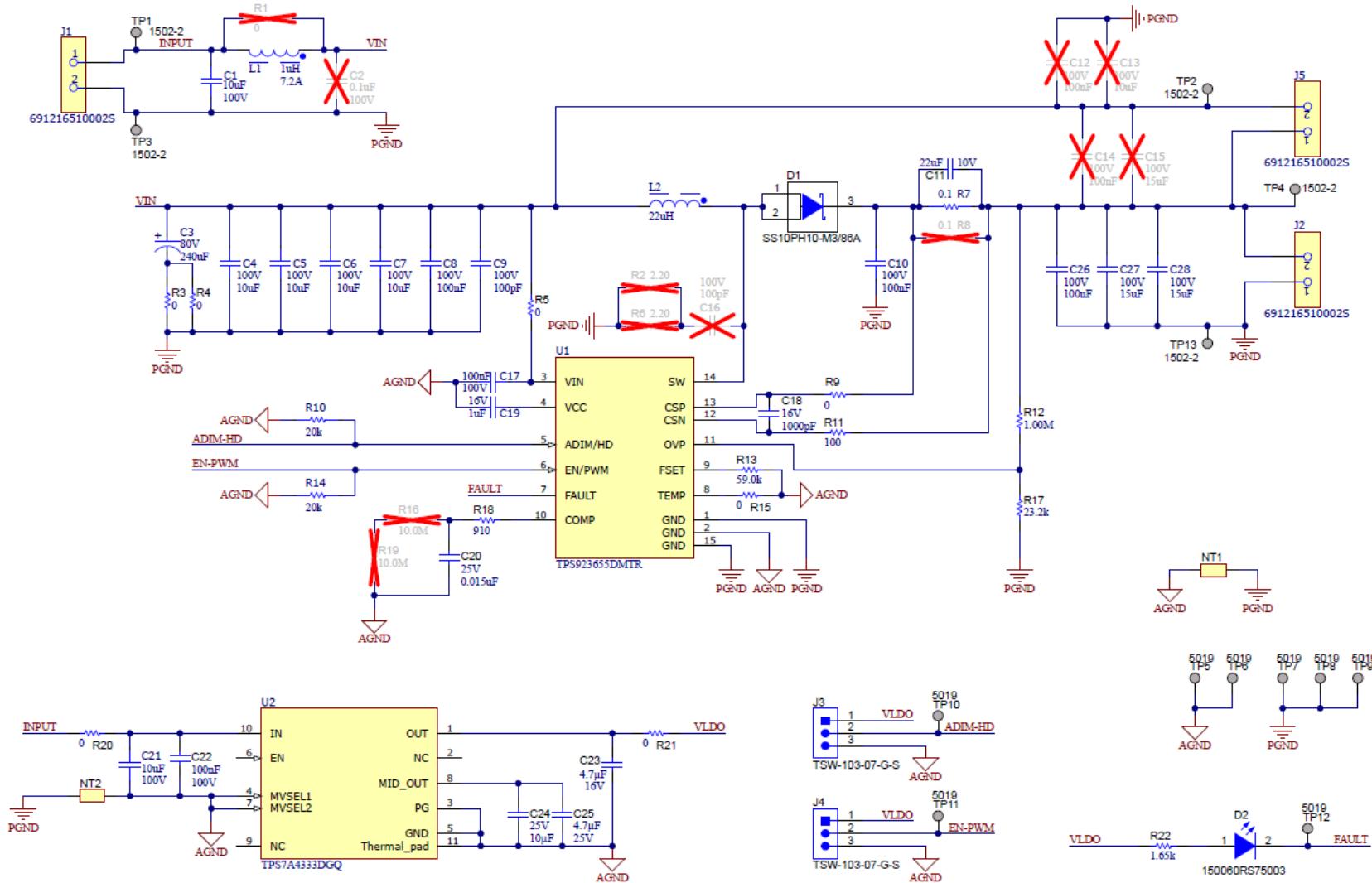


图 6-1. TPS923655DMTREVM 原理图

## 7 布局

图 7-1、图 7-2、图 7-3 和图 7-4 显示了 TPS923655DMTREVM 印刷电路板 (PCB) 的布局。除 LED 驱动器 IC 外，TPS923655DMTREVM、TPS923655DRRREVM 和 TPS923653DYYREVM 的布局几乎相同。

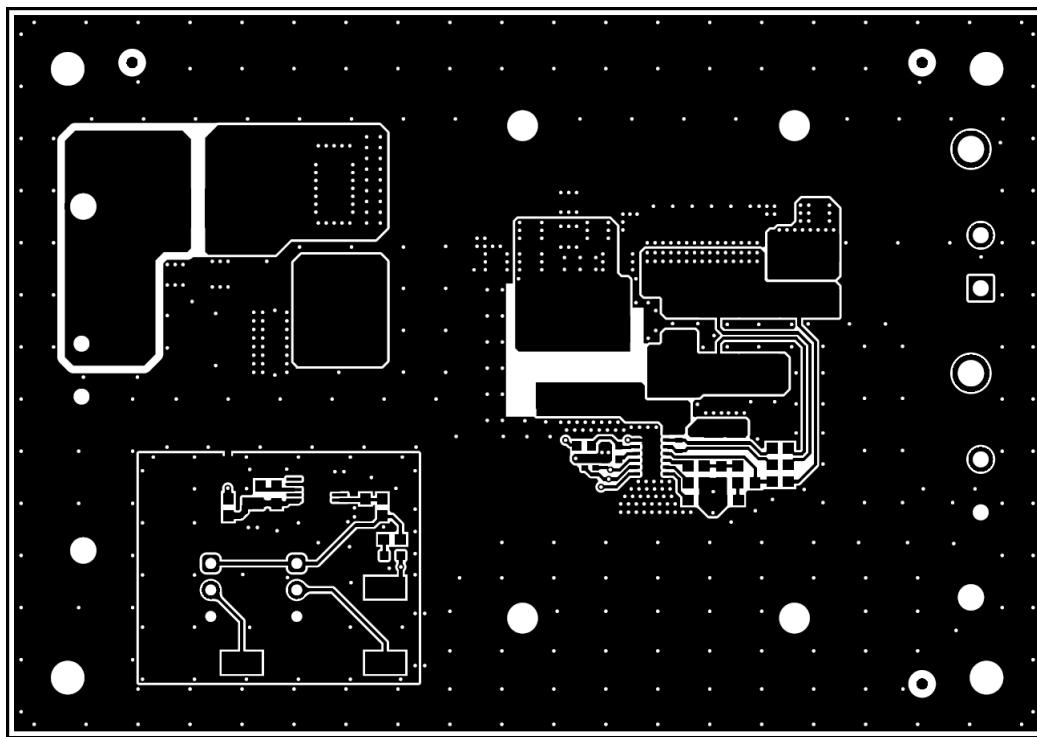


图 7-1. TPS923655DMTREVM 顶层

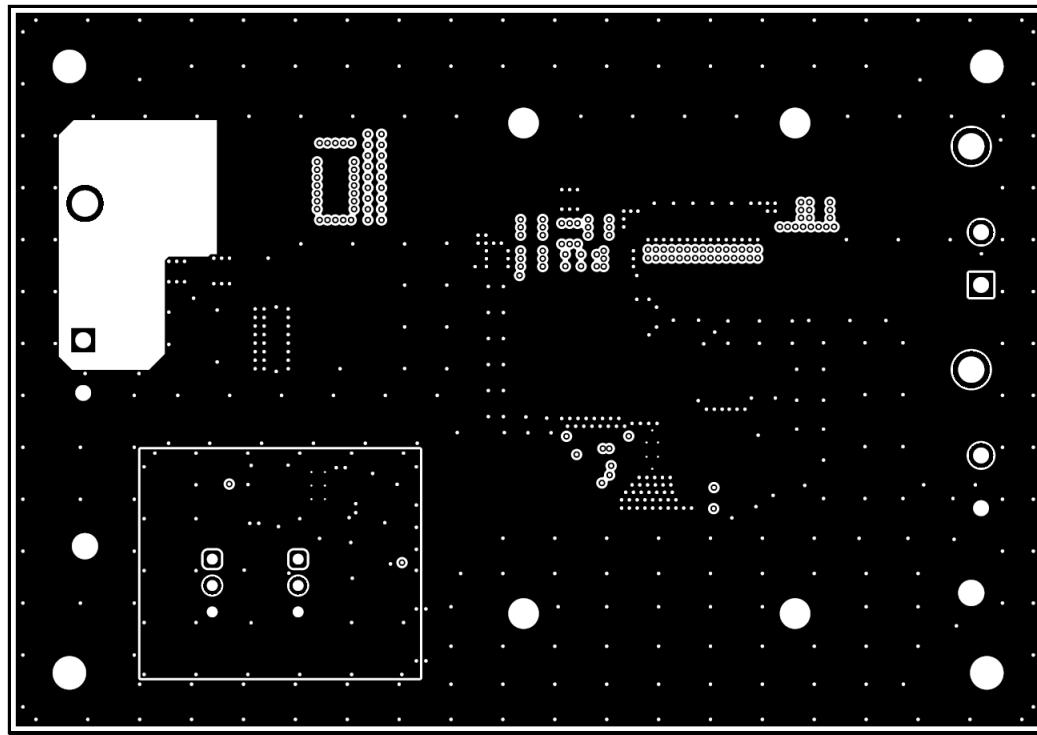


图 7-2. TPS923655DMTREVM 内层 1

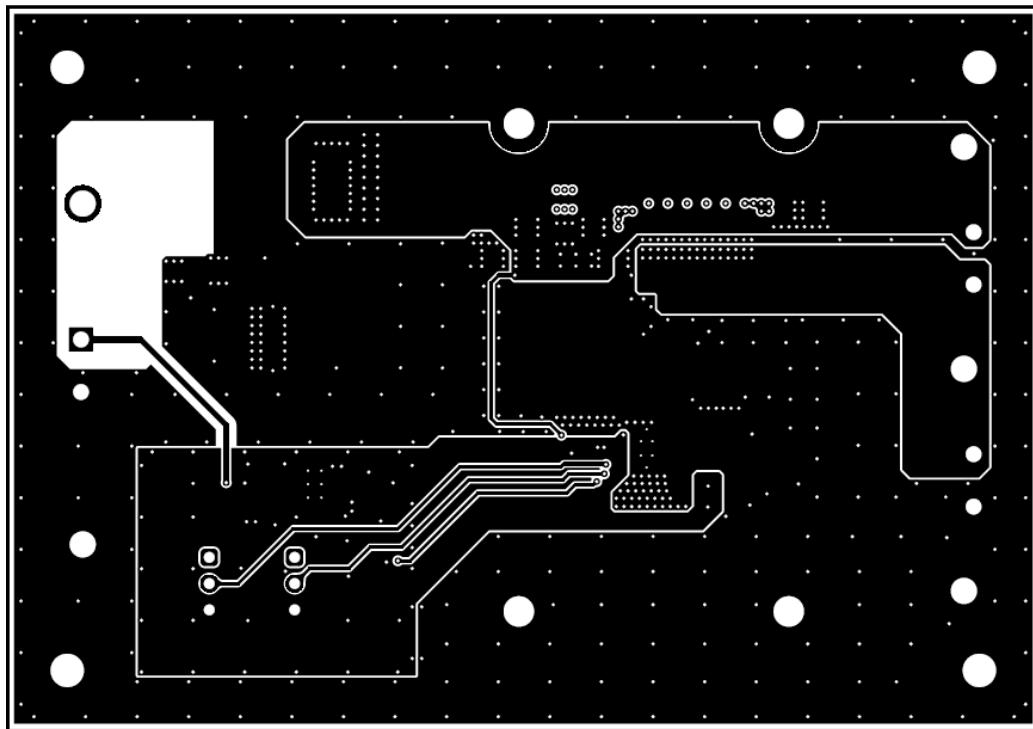


图 7-3. TPS923655DMTREVM 内层 2

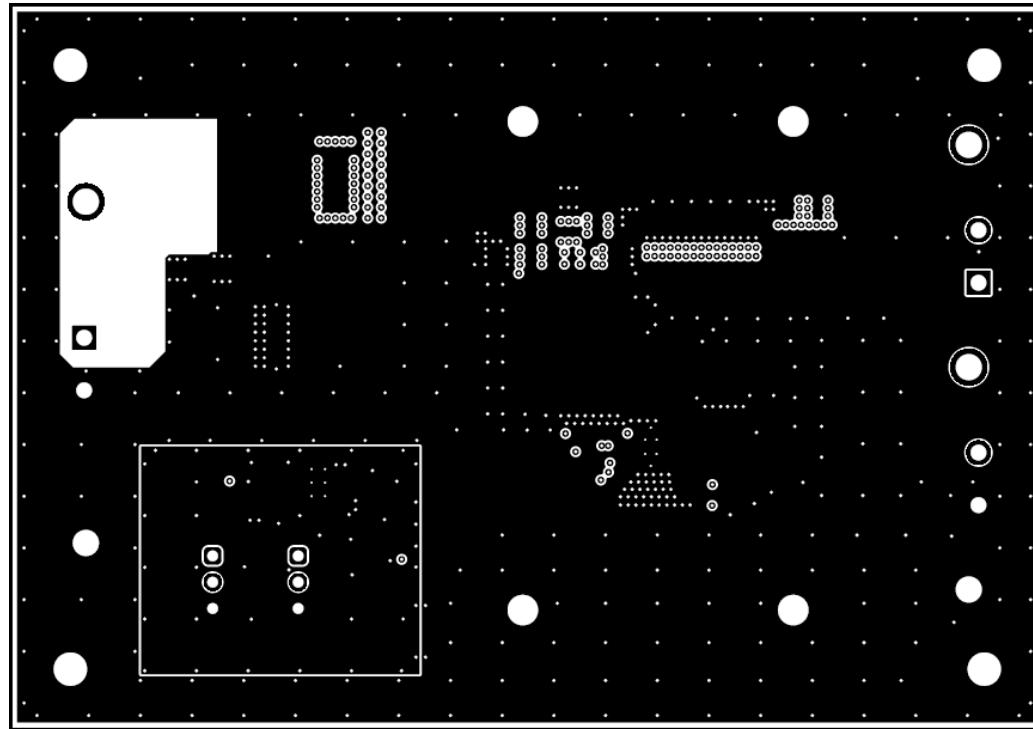


图 7-4. TPS923655DMTREVM 底层

## 8 物料清单

表 8-1 显示了 TPS92365xEVM 的物料清单。

表 8-1. TPS92365xEVM 物料清单

| 位号                                 | 数量 | 说明   | 器件型号               | 制造商                  |
|------------------------------------|----|--|--------------------|----------------------|
| C1、C4、C5、C6、C7、C21                 | 6  | 陶瓷电容器, 10 $\mu$ F, $\pm 10\%$ , 100V, X7S, 1210 (公制 3225)                          | GRM32EC72A106KE05L | Murata               |
| C3                                 | 1  | 铝电解电容器, 径向, 罐式表面贴装, 100kHz 下等效 130m $\Omega$ , 125°C 下寿命 5000 小时, 240 $\mu$ F, 80V | EMHS800ARA241MKG5S | United Chemi-Con     |
| C8、C10、C17、C26                     | 4  | 通用片状多层陶瓷电容器, 0603, 0.10 $\mu$ F, X7R, 15%, 10%, 100V                               | GRM188R72A104KA35J | Murata               |
| C9                                 | 1  | 汽车级陶瓷电容器, 100pF, $\pm 5\%$ , 100VDC, C0G, 0603, 纸质 T/R                             | GCM1885C2A101JA16J | Murata               |
| C11                                | 1  | 陶瓷电容器, 22 $\mu$ F, 10V, $\pm 10\%$ , X7R, 1206                                     | GRM31CR71A226KE15L | MuRata               |
| C18                                | 1  | 陶瓷电容器, 1,000pF, 16V, $\pm 10\%$ , X7R, 0402  | GRM155R71C102KA01D | MuRata               |
| C19                                | 1  | 陶瓷电容器, 1 $\mu$ F, $\pm 10\%$ , 16V, X7S, 0603 (公制 1608)                            | GRM188C71C105KA12D | Murata               |
| C20                                | 1  | 陶瓷电容器, 0.015 $\mu$ F, 25V, $\pm 5\%$ , C0G/NP0, 0603                               | C0603C153J3GACTU   | Kemet                |
| C22                                | 1  | 陶瓷电容器, 0.1 $\mu$ F, 100V, $\pm 10\%$ , X7R, 0603                                   | GRM188R72A104KA35J | MuRata               |
| C23                                | 1  | 电容, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 16V, $\pm 10\%$ , X7R, 0603                                   | GRM188Z71C475KE21D | MuRata               |
| C24                                | 1  | 陶瓷电容器, 10 $\mu$ F, 25V, $\pm 10\%$ , X5R, 0603                                     | GRM188R61E106KA73D | MuRata               |
| C25                                | 1  | 陶瓷电容器, 4.7 $\mu$ F, 25V, $\pm 10\%$ , X6S, AEC-Q200 2 级, 0603                      | GRT188C81E475KE13D | MuRata               |
| C27、C28                            | 2  | 陶瓷电容器, 15 $\mu$ F, 100V, X7R, $\pm 15\%$ , SMD, 2,220, +125°C, 压纹 T/R              | KRM55WR72A156MH01K | Murata               |
| D1                                 | 1  | 二极管, 肖特基, 100V, 10A, AEC-Q101, TO-277A   | SS10PH10-M3/86A    | Vishay-Semiconductor |
| D2                                 | 1  | 红色 625nm LED 指示灯 - 分立式 2V 0603 (公制 1608)   | 150060RS75003      | Wurth Electronics    |
| J1、J2、J5                           | 3  | 2 位, 线至板, 端子块, 与板齐平, 0.200" (5.08mm), 穿孔, CONN_TERM_BLOCK2                         | 691216510002S      | Wurth Elektronics    |
| J3、J4                              | 2  | 接头, 100mil, 3x1, 金, TH   | TSW-103-07-G-S     | Samtec               |
| L1                                 | 1  | 功率电感器, WE-MAPI SMT, 尺寸 4020, 1 $\mu$ H, 7.2A, 15m $\Omega$                         | 74438356010        | Wurth Elektronik     |
| L2                                 | 1  | 功率电感器, SMT, 22 $\mu$ H, $\pm 20\%$ , 9.7A, 最大阻值 23.65m $\Omega$ , SMD2             | 74439369220        | Wurth                |
| LBL1                               | 1  | 热转印打印标签, 1.250" (宽) x 0.250" (高) - 10,000/卷  | THT-13-457-10      | Brady                |
| R3、R4                              | 2  | 电阻器, 0, 5%, 0.25W, 1206  | RC1206JR-070RL     | Yageo America        |
| R5、R9、R15、R20、R21                  | 5  | 电阻器, 0, 5%, 0.1W, 0603   | RC0603JR-070RL     | Yageo                |
| R7                                 | 1  | 片上电阻器, 100m $\Omega$ , $\pm 0.5\%$ , 2W 2512 (公制 6432) 电流检测金属膜                     | PCS2512DR1000ET    | Ohmite               |
| R10、R14                            | 2  | 片上电阻器, 20.0k $\Omega$ , $\pm 1\%$ , 0.063W, 1/16W, 0402 (公制 1005), 防潮厚膜            | RC0402FR-0720KL    | Yageo                |
| R11                                | 1  | 片上电阻器, 100 $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603   | RC0603FR-07100RL   | Yageo                |
| R12                                | 1  | 电阻器, 1.00M, 1%, 0.1W, 0603   | RC0603FR-071ML     | Yageo                |
| R13                                | 1  | 电阻器, 59.0k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603   | RC0603FR-0759KL    | Yageo                |
| R17                                | 1  | 电阻器, 23.2k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603   | RC0603FR-0723K2L   | Yageo                |
| R18                                | 1  | 电阻器, 910 $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603   | RC0603FR-07910RL   | Yageo                |
| R22                                | 1  | 电阻器, 1.65k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603   | RC0603FR-071K65L   | Yageo                |
| SH-J1、SH-J2                        | 2  | 分流器, 2.54mm, 金, 黑色   | 60900213421        | Wurth Elektronik     |
| TP1、TP2、TP3、TP4、TP13               | 5  | 端子, 双转塔, TH  | 1502-2             | Keystone             |
| TP5、TP6、TP7、TP8、TP9、TP10、TP11、TP12 | 8  | 测试点, 微型, SMT   | 5019               | Keystone             |
| U1                                 | 1  | 具有灵活调光功能的 65V、4 LED 驱动器, VSON14  | TPS923655DMTR      | 德州仪器 (TI)            |
| U2                                 | 1  | LDO、固定输出、双路输出、3.3V、10/12/15V、50mA、精密使能端、电源正常、HVSSOP10                              | TPS7A4333DGQ       | 德州仪器 (TI)            |

## 9 其他信息

### 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 10 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

| <b>Changes from Revision A (June 2023) to Revision B (October 2024)</b> | <b>Page</b> |
|---|-------------|
| • 更改了连接器的功能说明.....  | 4           |
| • 更改了电源输入连接端子和 LED 负载连接端子的说明.....                                       | 5           |
| • 更改了 TPS923655DMTREVM 原理图.....   | 14          |
| • 更改了 TPS923655DMTREVM 布局图.....   | 15          |
| • 更新了“物料清单”.....  | 17          |

| <b>Changes from Revision * (May 2023) to Revision A (June 2023)</b> | <b>Page</b> |
|---|-------------|
| • 更改了连接器的功能说明.....  | 4           |
| • 更改了电源输入连接端子.....  | 5           |
| • 更改了 PWM 输入引脚名称.....   | 5           |

## 重要通知和免责声明

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出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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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

版权所有 © 2025, 德州仪器 (TI) 公司