

将 UCC28C56EVM-066 高密度 40W 辅助电源用于 800V 牵引逆变器



内容

| | |
|---|----|
| 1 通用德州仪器 (TI) 高压评估模块 (TI HV EVM) 用户安全指南 | 2 |
| 2 说明 | 3 |
| 2.1 EVM 电气性能规格 | 4 |
| 3 原理图 | 5 |
| 4 EVM 设置和操作 | 6 |
| 4.1 建议测试设备 | 6 |
| 4.2 外部连接 | 6 |
| 4.3 EVM 测试点 | 8 |
| 5 性能数据 | 9 |
| 5.1 效率与负载间的关系, 10% 至 100% 负载 | 9 |
| 5.2 100% 负载下效率与 VIN 间的关系 | 9 |
| 5.3 功率损耗与负载间的关系, 10% 至 100% 负载 | 10 |
| 5.4 负载调整率, 10% 至 100% 负载 | 10 |
| 5.5 轻负载调整率, 0mA 至 200mA 负载 | 11 |
| 5.6 线性调整率, 各种负载 | 11 |
| 5.7 启动波形 | 12 |
| 5.8 关断波形 | 14 |
| 5.9 输出电压纹波 | 16 |
| 5.10 稳态开关波形 | 18 |
| 5.11 瞬态负载波形 | 20 |
| 5.12 过流和短路保护 | 22 |
| 5.13 稳定性测量 | 24 |
| 5.14 热性能测量 | 26 |
| 6 组装和印刷电路板 (PCB) | 30 |
| 7 物料清单 (BOM) | 32 |
| 8 修订历史记录 | 35 |

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 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 的安装和应用说明，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。如需更多信息，请联系 TI 产品信息中心，网址为 <http://support/ti.com>。

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。如果不满足合格要求，应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，必须有合格的观察员在场监督。
- c. TI HV EVM 及其接口电子元件通电区域必须设有有效的防护栏和标识，指示可能存在高压作业，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

作为一项预防措施，工程实践中通常需假定整个 EVM 可能存在用户完全可接触到的高电压。

- a. 执行任何电气测量或其他诊断测量之前，需将 TI HV EVM 及其全部输入、输出和电气负载断电。再次确认 TI HV EVM 已安全断电。
- b. 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。
- c. 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，它们可能存在高压，会造成电击危险。

3. 人身安全

- a. 穿戴人员防护装备（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中，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 说明

UCC28C56EVM-066 是一款适用于 EV/HEV 汽车动力总成的高效初级侧控制 (使用 AUX 绕组) 反激式辅助电源。该设计可为 800V 电池系统提供 15.2V_{TYP} 40W 输出, 在 125V 至 1000V 的输入电压范围内提供 40W 功率。确切输出电压取决于负载。该设计输入为 40V 至 125V, 可提供功率为 20W。该 EVM 采用 1700V 碳化硅 (SiC) MOSFET, 非常适合 800V 电池系统。

该 EVM 是一款 4 层板, 顶层和底层专用于信号和电源布线。两个内层仅用于测试点布线。实际上, 这是一款低成本的两层 PCB。控制器及其相关的功率元件紧密地压合在一块 50mm x 86mm 区域中, 用顶部丝印层上显示的白色矩形来突出显示。请注意, C1 未包含在关键元件中, 因为它被视为系统中通用 VIN 旁路电容器的一部分。

我们尽一切努力使用符合汽车标准的元件。BOM 中列出了符合汽车标准的 1700V SiC MOSFET。经过咨询给定的变压器制造商, 反激式变压器应是符合汽车标准的。

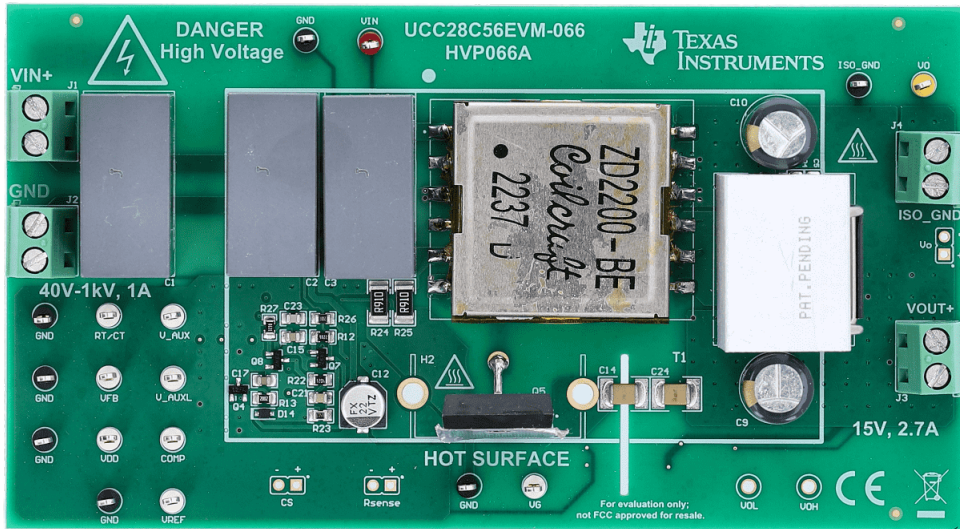


图 2-1. UCC28C56EVM-066 , HVP066A , 顶视图

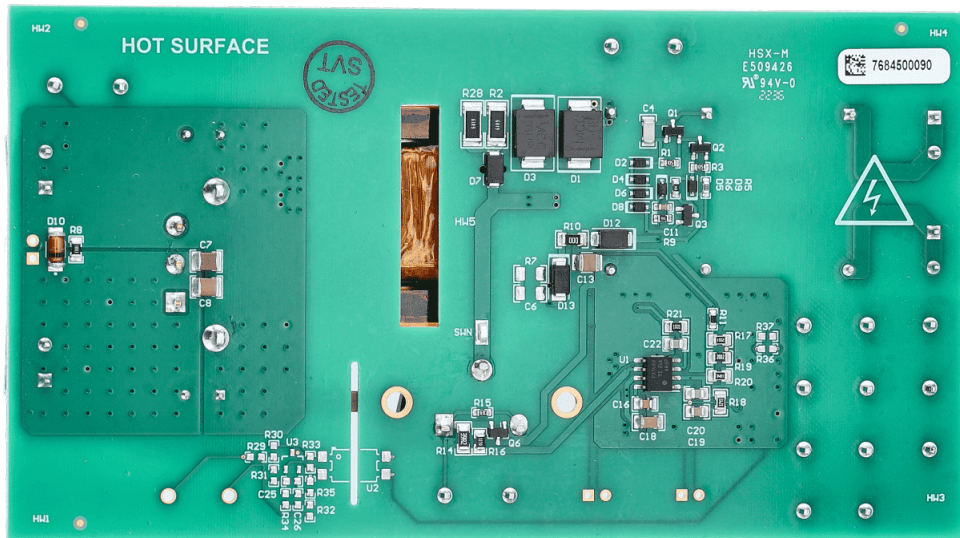


图 2-2. UCC28C56EVM-066 , HVP066A , 底视图

2.1 EVM 电气性能规格

表 2-1. EVM 电气规格 ($V_{IN} = 800V_{dc}$, $T_A = 25^{\circ}C$, 除非另有说明)

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|-------------------------------------|--|------|-----------|------|------------------|
| 输入特性 | | | | | | |
| V_{IN} | 输入电压范围 | | 40 | 800 | 1000 | V |
| V_{VDD_ON} | VDD 启动电压 | | 17.6 | 18.8 | 20.0 | V |
| V_{VDD_OFF} | VDD 停止电压 | | 15.0 | 15.5 | 16.0 | V |
| I_{IN_FL} | 满载时的输入电流 | $V_{IN} = 1000V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 52 | - | mA |
| | | $V_{IN} = 40V$, $I_{OUT} = 1.3A$ | - | 590 | - | |
| I_{IN_NL} | 空载时的输入电流 | $V_{IN} = 1000V$ | - | 0.8 | - | mA |
| | | $V_{IN} = 40V$ | - | 13 | - | |
| 输出特性 | | | | | | |
| V_{OUT} | 100% 负载输出 | $125V \leq V_{IN} \leq 1000V$ | - | 15.2 | - | V |
| | 50% 负载输出 | $40V \leq V_{IN} \leq 1000V$ | - | 15.6 | - | |
| | 10% 负载输出 | $40V \leq V_{IN} \leq 1000V$ | - | 16.3 | - | |
| | 无负载输出 | $40V \leq V_{IN} \leq 1000V$ | - | 19.3 | - | |
| I_{OUT} | V_{OUT} 负载电流范围 | $125V \leq V_{IN} \leq 1000V$ | 0 | - | 2.7 | A |
| | | $40V \leq V_{IN} \leq 125V$ | 0 | - | 1.3 | |
| V_{OUT_REG} | 负载调整 | $250mA \leq I_{OUT} \leq 2.7A$ | - | ± 3.5 | - | % |
| | | $0mA \leq I_{OUT} \leq 200mA$ | 4 | - | 25 | |
| V_{OUT_RIPPLE} | 交流纹波峰峰值 | $V_{IN} = 1000V$, $I_{OUT} = 2.7A$, 1MHz BWL | - | 400 | - | mV _{PP} |
| | | $V_{IN} = 50V$, $I_{OUT} = 1.3A$, 1MHz BWL | - | 280 | - | |
| $V_{OUT_SS_DELAY}$ | 当 V_{OUT} 开始从 0V 上升时, 施加 V_{IN} | $V_{IN} = 50V$, $I_{OUT} = 1.3A$ | - | 255 | - | ms |
| | | $V_{IN} = 1000V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 230 | - | |
| $V_{OUT_SS_trise}$ | V_{OUT} 软启动, 上升时间 | $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 10 | - | ms |
| $V_{OUT_SS_OS}$ | V_{OUT} 软启动过冲 | $V_{IN} = 1000V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 3.5 | - | % |
| P_{MAX} | 最大输出功率 | $125V \leq V_{IN} \leq 1000V$ | - | - | 40 | W |
| | | $40V \leq V_{IN} \leq 125V$ | - | - | 20 | |
| 系统特性 | | | | | | |
| η | 满负载效率 | $V_{IN} = 400V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 87.4 | - | % |
| | | $V_{IN} = 800V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 86.1 | - | |
| f_{SW} | 开关频率 | $V_{IN} = 800V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 42.5 | - | kHz |
| $I_{CS(OCL)}$ | 电流检测限值 | $R_{CS} = 455m\Omega$ | - | 2.2 | - | A |
| f_{CO} | 带宽 | $V_{IN} = 800V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 625 | - | Hz |
| | | $V_{IN} = 50V$, $I_{OUT} = 0.25A$ | - | 3950 | - | |
| PM | 相位裕度 | $V_{IN} = 800V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 105 | - | 度 |
| | | $V_{IN} = 50V$, $I_{OUT} = 0.25A$ | - | 87 | - | |
| GM | 增益裕量 | $V_{IN} = 800V$, $I_{OUT} = 2.7A$ | - | 40 | - | dB |
| | | $V_{IN} = 50V$, $I_{OUT} = 0.25A$ | - | 25 | - | |
| ΔT_{MAX} | 在 T_{PCB} 范围内的最大温升 | 在 $800V_{IN}$ 、 $I_{OUT} = 2.7A$ 、40W 下的 T1 | - | 48.9 | - | $^{\circ}C$ |
| | | 在 $1000V_{IN}$ 、 $I_{OUT} = 2.7A$ 、40W 下的 T1 | - | 55.3 | - | |

3 原理图

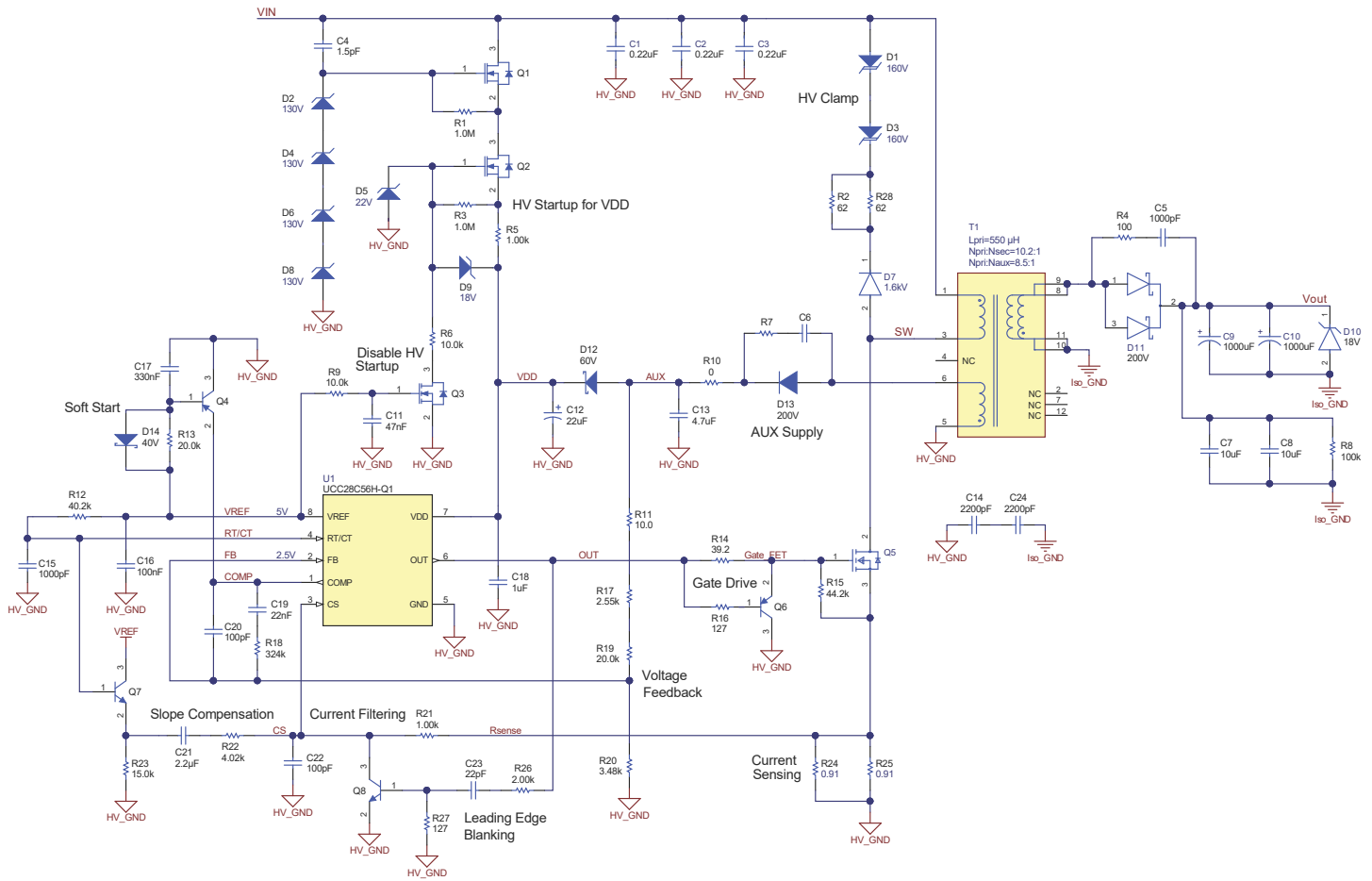


图 3-1. UCC28C56EVM-066 原理图。

4 EVM 设置和操作

安全性：此评估模块并未进行封装，电路板中存在超过 50V_{DC} 的可接触电压。

隔离输入变压器：此 EVM 的输入端上应连接额定值适用的 1:1 隔离变压器，该变压器构造为通过增强型绝缘、双重绝缘或连接到保护导体端子的网屏将初级绕组与次级绕组隔离开来。



WARNING

- 如果您没有接受过安全处理和测试功率电子产品方面的培训，请不要测试此评估模块。
- EVM 通电后，请勿接触 EVM 或其电路，它们可能存在高压，会造成电击危险。
- 注意表面高温。接触可能会导致烫伤。请勿触摸！
- 在进行测试之前，请仔细阅读本用户指南。



WARNING

注意：请勿在无人照看的情况下使 EVM 通电。

4.1 建议测试设备

1. V_{IN} ：直流电源，40V 至 1000V 输出，能够提供高达 2A 的电流
2. I_{OUT} ：电子负载，能够在 0A 至 3.0A 负载下支持至少 25V 电压
3. 两个用于测量直流电压的 DVM
 - a. 用于监测 V_{IN+} 的 DVM 必须能够承受 1000Vdc
4. 两个用于测量直流电流的 DVM
5. 示波器：4 通道，500MHz 或更高
 - a. 建议使用三个高压探头（额定 1000V CAT II，2500Vpk）
 - b. 建议使用一个差分探头（1/20 下 $\pm 140V$ 低范围，1/200 下 $\pm 1400V$ 高范围）
6. 用于测量 T1 外壳温度的热像仪（可选）或热电偶

4.2 外部连接

UCC28C56EVM-066 EVM 利用螺丝接线端子快速连接到 V_{IN} 和 V_{OUT} 。如图 4-1 所示，通过连接适当的电流表和电压表，可准确测量 EVM 效率和负载调整率。

4.2.1 设置和连接测试设备

1. 在连接到 EVM 之前，请打开并调整 V_{IN} 电源为 50V，然后将其电流限值设为 1.5A。
2. 关闭/禁用 V_{IN} 电源。
3. 将 V_{IN} 电源连接到 J2 (V_{IN+}) 和 J1 (GND)。
4. 将可变负载连接到 J4 (V_{OUT+}) 和 J3 (ISO_GND)。
5. 将负载设置为恒定电流 (CC) 和 0.25A。启用负载。

4.2.2 首次上电

1. 确认 V_{IN} 已关闭/禁用，并且未向 UUT 施加电压。
2. 将示波器探头连接到 V_{IN} (20V/DIV)、VDD (4V/DIV) 和 COMP (2V/DIV)。

3. 在低范围 1/20 (调整到 4V/DIV) 下, 将差分探头连接到 VO 和 ISO_GND。
4. 将示波器设置为在 25V 下 VIN 上升时单次触发。设置 50ms/DIV 的时基。
5. 验证负载已设置为 0.25A 并且仍处于启用状态。
6. 在 50V 下打开 VIN 电源。示波器应触发并生成图 5-6 所示的波形。如果您的结果与图 5-6 相同, 表明 EVM 到目前为止运行正常。如果您的结果与图 5-6 不同, 请停止。在 50 VIN 下对 EVM 进行故障排除。直到完成故障排除后, 再增加 VIN。
7. 当 VIN 为仅 50V 时, 在 0.25A 负载下, 通过测试点验证以下直流测量值:
 - a. VOUT+ (黄色 TP) 至 ISO_GND $\approx 16.4\text{Vdc}$
 - b. V_AUX (白色 TP) 至 GND $\approx 18.7\text{Vdc}$
 - c. VDD (白色 TP) 至 GND $\approx 18.6\text{Vdc}$
 - d. VREF (白色 TP) 至 GND = 5.0Vdc
 - e. FB (白色 TP) 至 GND = 2.5Vdc
8. 关闭 VIN 电源。
9. 在 1.3A 负载下将 VIN 增加至 400V, 然后重复步骤 4 至步骤 8。验证 VOUT 在此条件下是否正常。
10. 关闭 VIN 电源。
11. 将 VIN 增加至 800V。在 800V 和 0.25A 负载[和 2.7A 负载]下, 您的结果应该与图 5-7 [和图 5-8] 类似。如果在 800V 下, 您的结果与图 5-7 和图 5-8 相同, 表明 EVM 完全正常运行, 您可以继续执行其他测试。

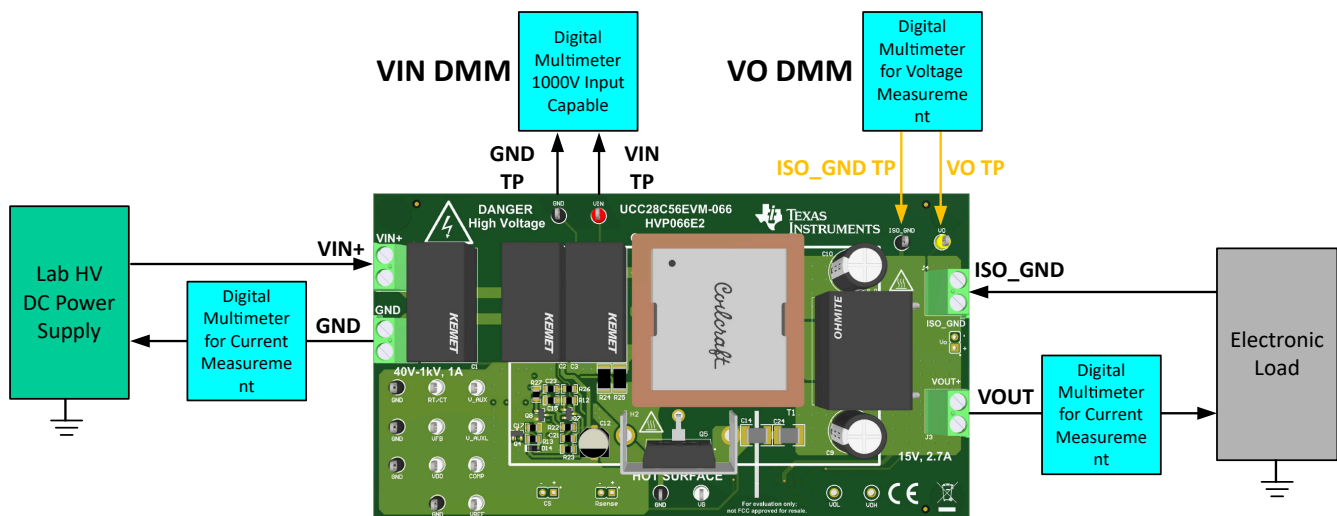


图 4-1. UCC28C56EVM-066, 建议效率和典型测试设置

4.3 EVM 测试点

表 4-1 描述了各种 EVM 测试点，便于将示波器探头、DVM 测试引线和接线连接至实验室测试设备。

表 4-1. 输入、输出、测试点 (I/O/TP) 说明

| 引脚 | I/O/TP | 颜色 | 说明 | 最小值 | 典型值 | 最大值 |
|------------|--------|----|-------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| J1 | - | 绿色 | GND | - | 0V | - |
| J2 | I | 绿色 | VIN+ | 40V | 800V | 1000 V |
| J3 | - | 绿色 | ISO_GND | - | 0V | - |
| J4 | O | 绿色 | VOUT+ (取决于负载) | 14.5 V | 15.5 V | 20V |
| VDD | TP | 白色 | 模拟控制器偏置电源 | - | 18.6V | - |
| VREF | TP | 白色 | 控制器基准输出 | 4.9V | 5V | 5.1 V |
| COMP | TP | 白色 | 误差放大器输出 | 0V | - | 5V |
| VFB | TP | 白色 | 误差放大器的反相输入 | 2.45 V | 2.5V | 2.55 V |
| RT/CT | TP | 白色 | 固定频率三角振荡器 | 0.9V _{TYP} | 1.4 V V _{PP} | 2.3V V _{PP} |
| VIN | TP | 红色 | 输入电压 | 40V | - | 1000 V |
| V_AUXL | TP | 白色 | 10 欧姆串联电阻后的辅助电压 | - | 18.7 V | - |
| V_AUX | TP | 白色 | 辅助输出电压 | - | 18.7 V | - |
| VG | TP | 白色 | SIC MOSFET 栅极处的电压 | 0V | 18V | - |
| SWN | TP | 银 | 开关节点 (PCB 底部) | 0V | - | V _{IN} + 480V |
| VO | TP | 黄色 | 输出电压 | 14.5 V | 15.5 V | 20V |
| GND x5 | TP | 黑色 | GND | - | 0V | - |
| ISO_GND x2 | TP | 黑色 | 隔离式 GND | - | 0V | - |

5 性能数据

5.1 效率与负载间的关系，10% 至 100% 负载

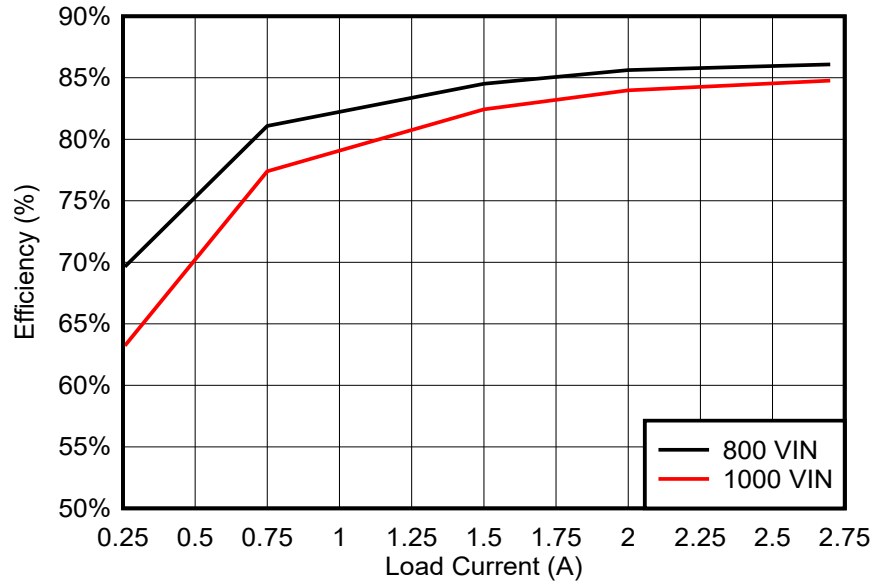


图 5-1. UCC28C56EVM 效率与负载间的关系

5.2 100% 负载下效率与 VIN 间的关系

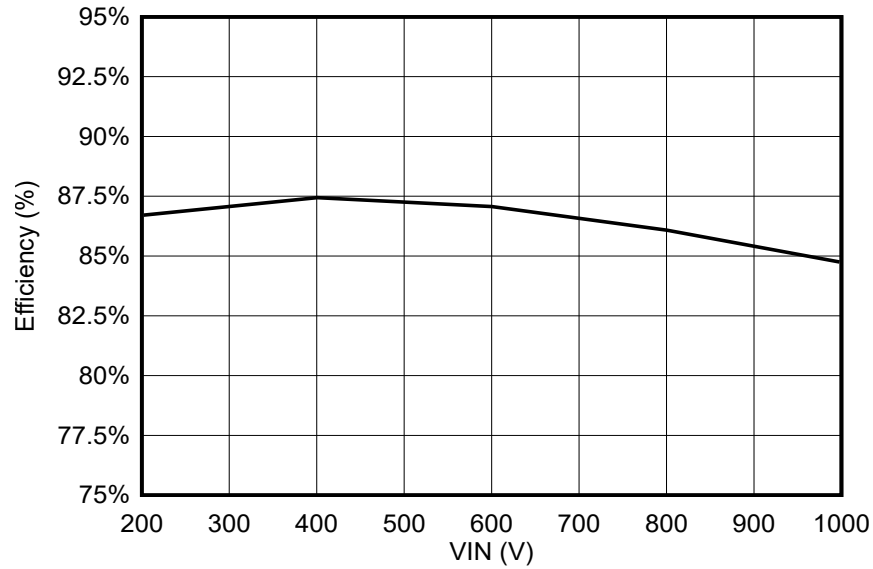


图 5-2. 100% 负载下 UCC28C56EVM 效率与 VIN 间的关系

5.3 功率损耗与负载间的关系，10% 至 100% 负载

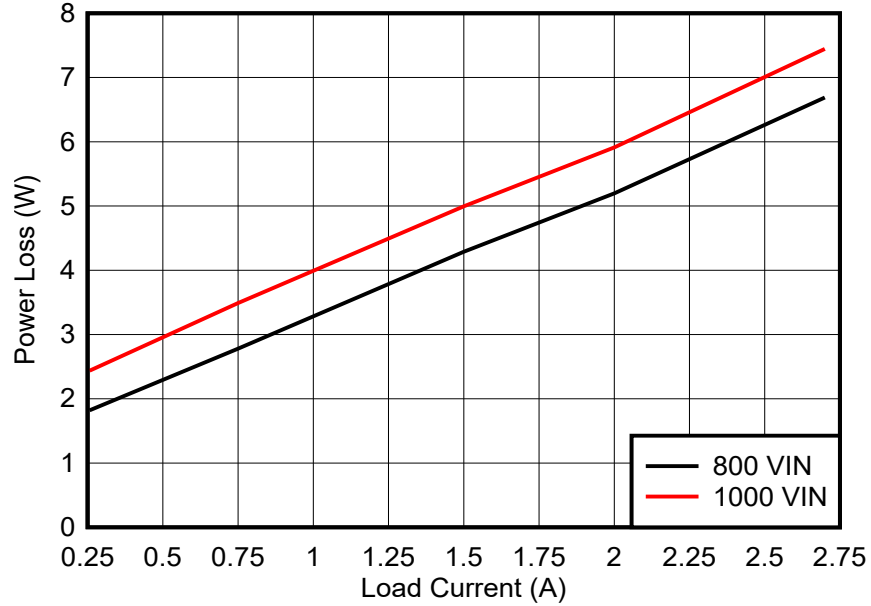


图 5-3. UCC28C56EVM 功率损耗与负载间的关系

5.4 负载调整率，10% 至 100% 负载

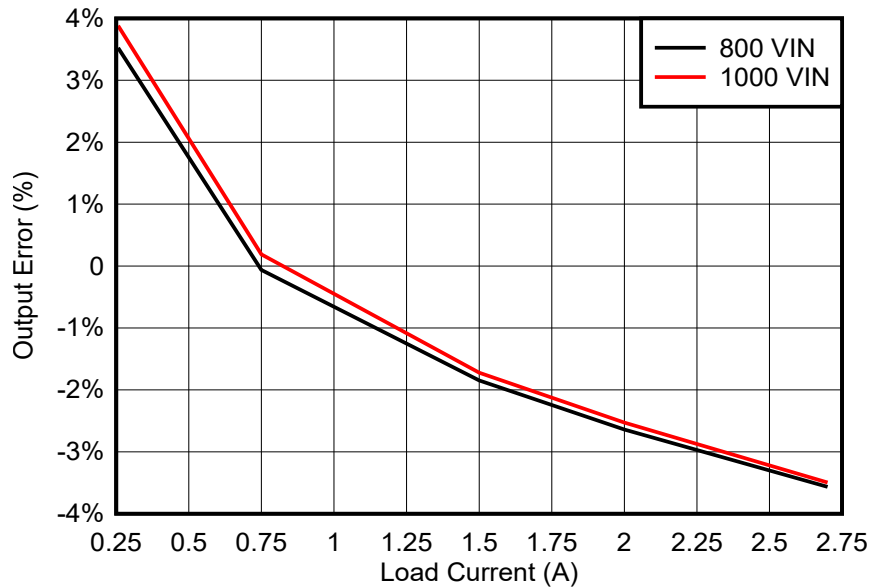


图 5-4. UCC28C56EVM 负载调整率，10% 至 100% 负载

5.5 轻负载调整率，0mA 至 200mA 负载

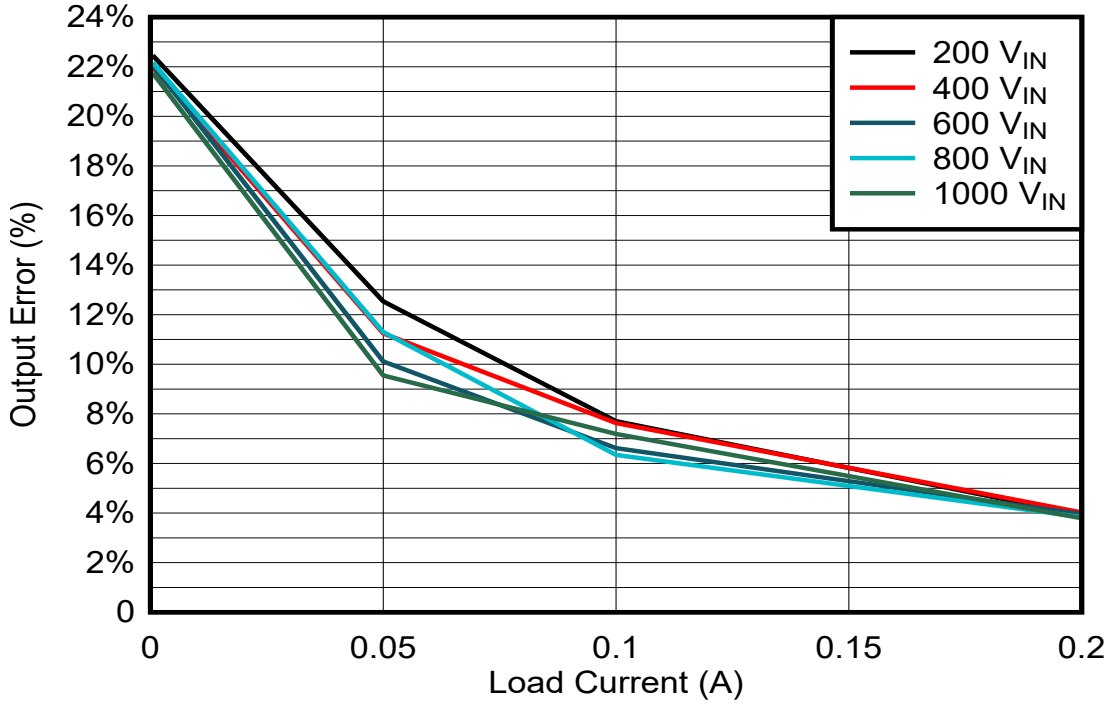


图 5-5. UCC28C56EVM 负载调整率，无负载至 200mA 负载

5.6 线性调整率，各种负载

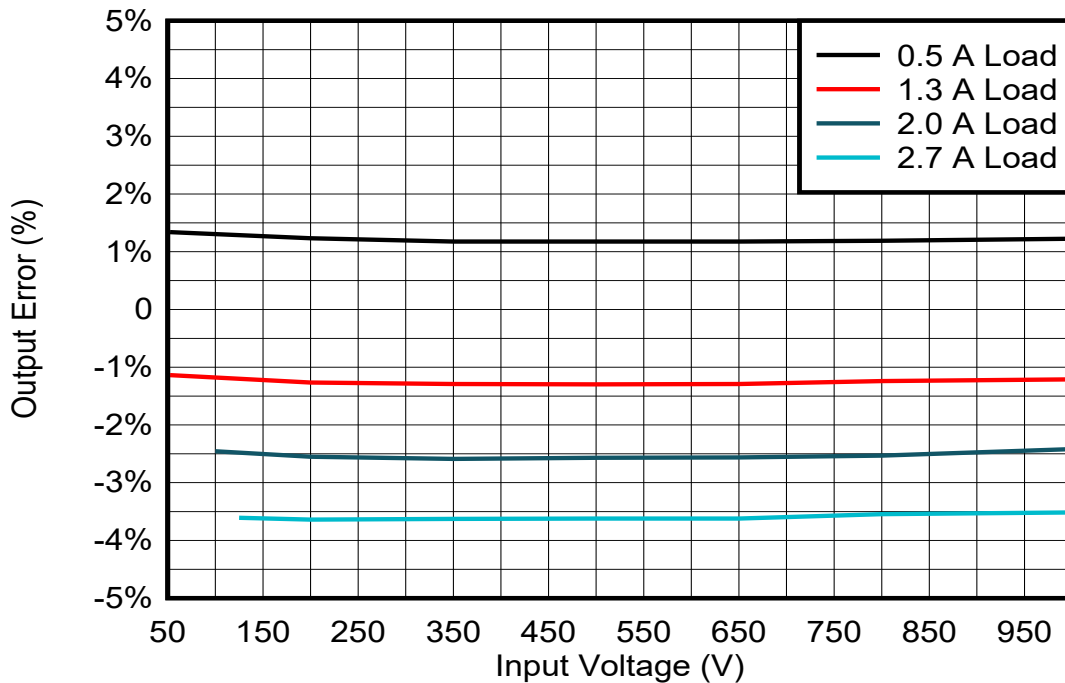


图 5-6. UCC28C56EVM 线性调整率，各种负载

5.7 启动波形

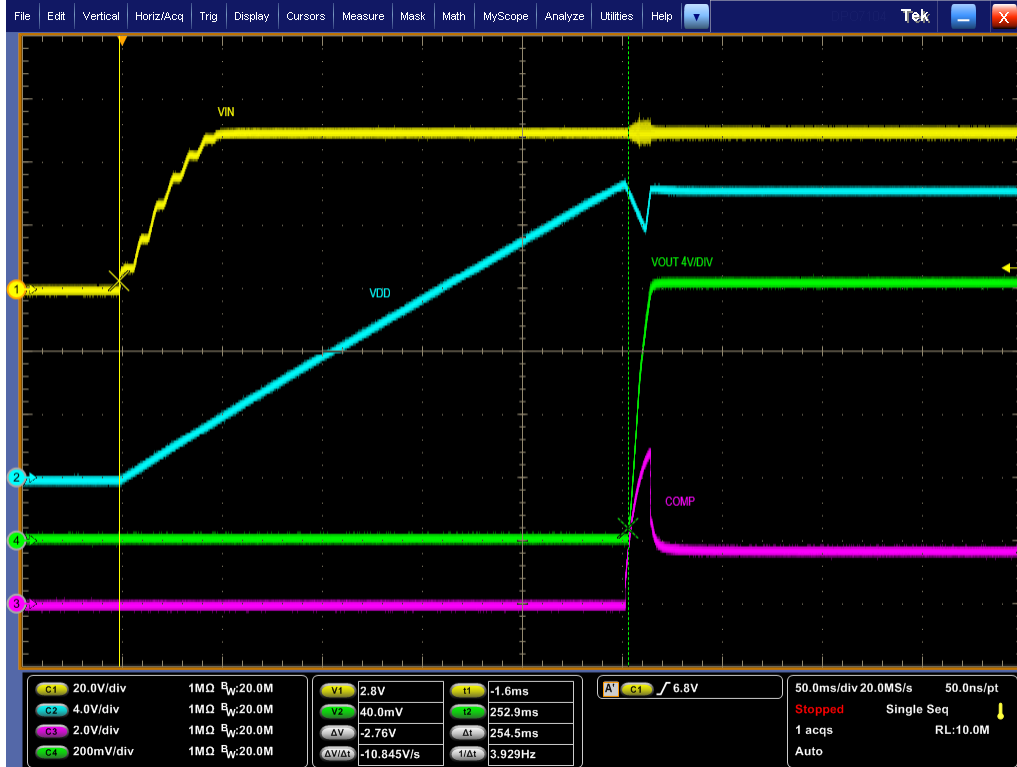


图 5-7. 启动 1 : VIN = 50V , 负载 = 0.25A

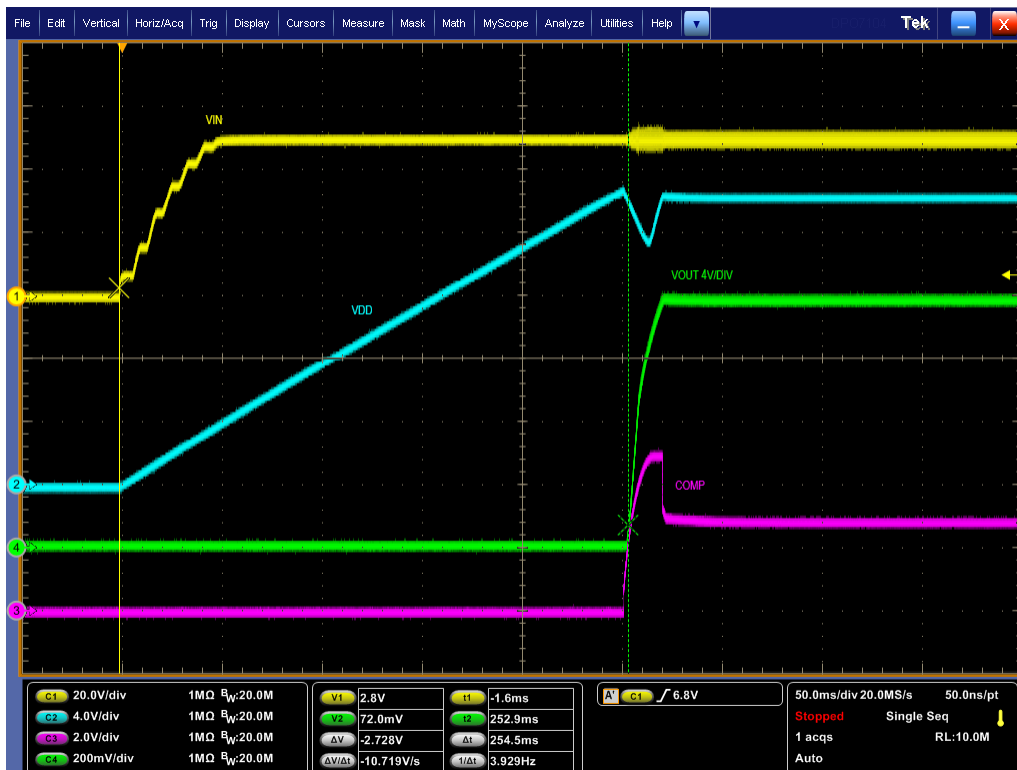


图 5-8. 启动 2 : VIN = 50V , 负载 = 1.3A



图 5-9. 启动 3 : VIN = 1000V , 负载 = 0.25A



图 5-10. 启动 4 : VIN = 1000V , 负载 = 2.7A

5.8 关断波形



图 5-11. 关断，VIN 移除：VIN = 50V，负载 = 0.25A



图 5-12. 关断，VIN 移除：VIN = 50V，负载 = 1.3A



图 5-13. 关断，VIN 移除：VIN = 1000V，负载 = 0.25A



图 5-14. 关断，VIN 移除：VIN = 1000V，负载 = 2.7A

5.9 输出电压纹波

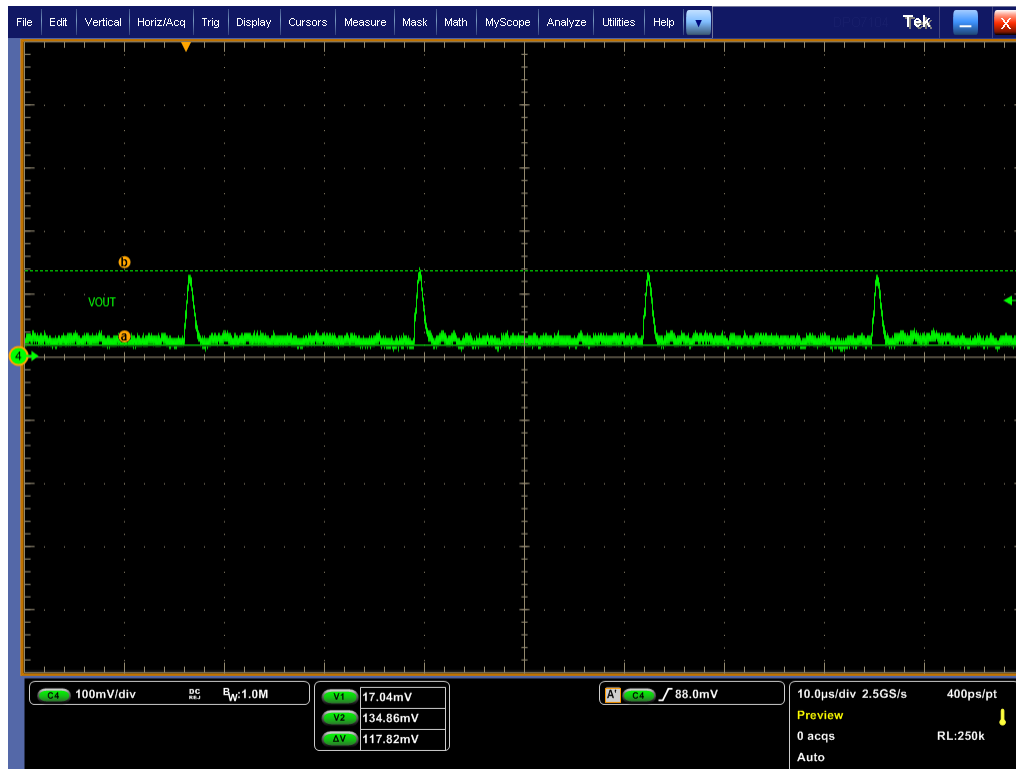


图 5-15. 输出电压纹波 : $V_{IN} = 50V$, 负载 = 0.25A

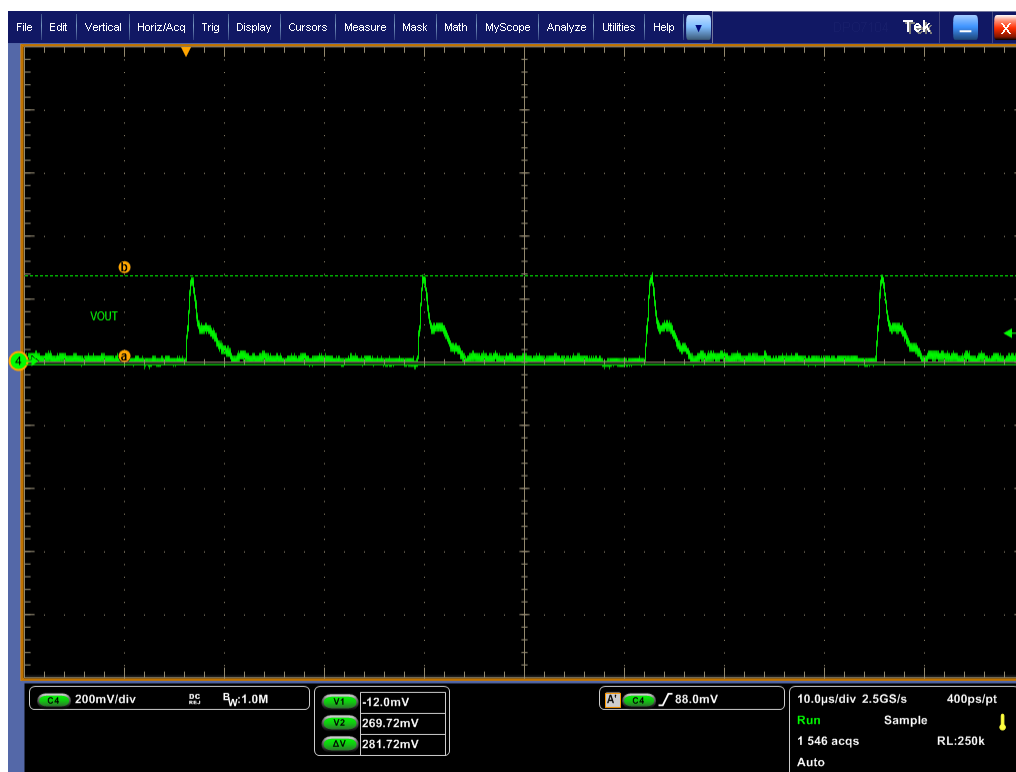


图 5-16. 输出电压纹波 : $V_{IN} = 50V$, 负载 = 1.3A

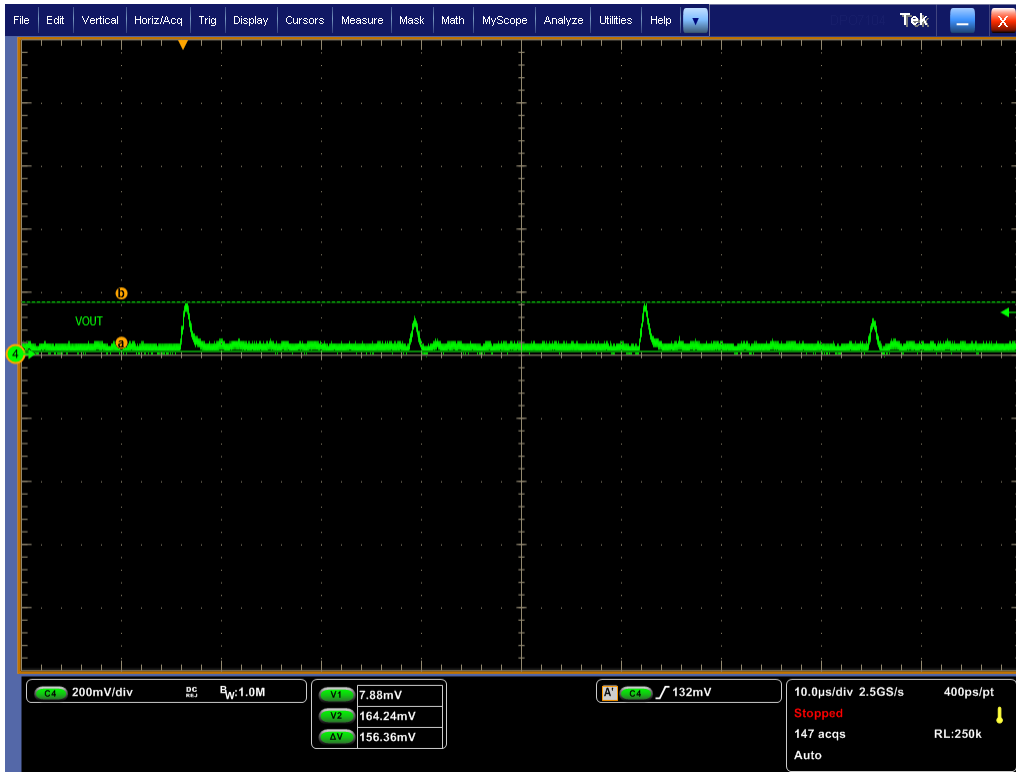


图 5-17. 输出电压纹波 : VIN = 1000V , 负载 = 0.25A



图 5-18. 输出电压纹波 : VIN = 1000V , 负载 = 2.7A

5.10 稳态开关波形



图 5-19. 稳态 : $V_{IN} = 50V$, 负载 = 0.25A



图 5-20. 稳态 : $V_{IN} = 50V$, 负载 = 1.3A

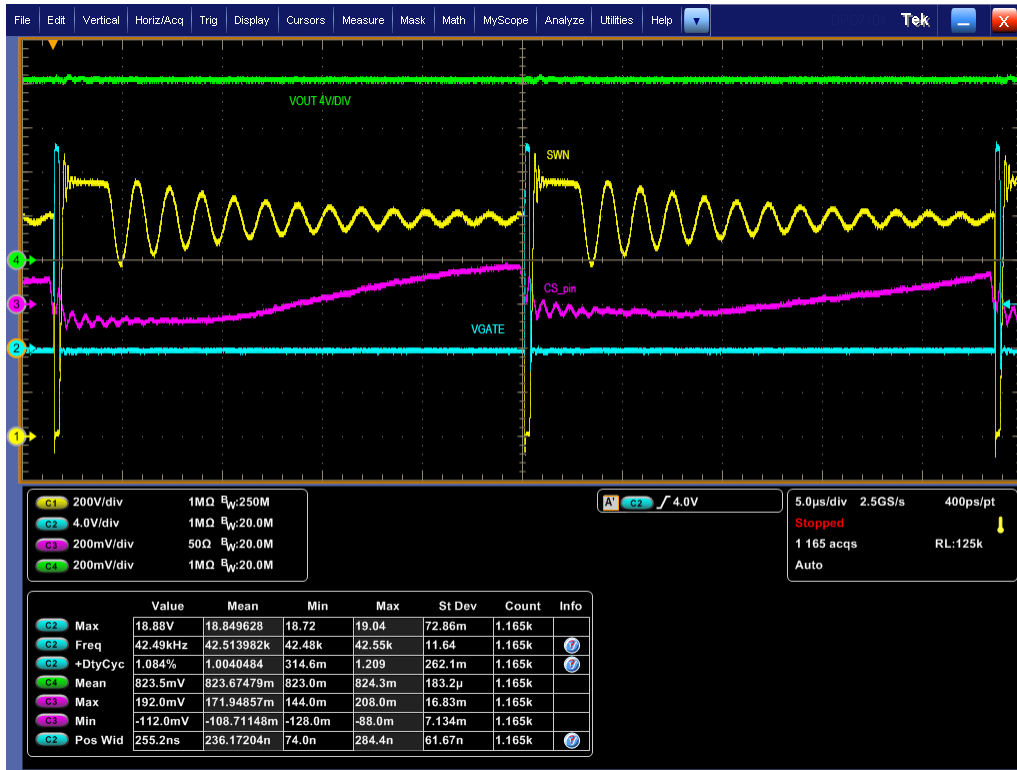


图 5-21. 稳态 : VIN = 1000V , 负载 = 0.25A



图 5-22. 稳态 : VIN = 1000V , 负载 = 2.7A

5.11 瞬态负载波形

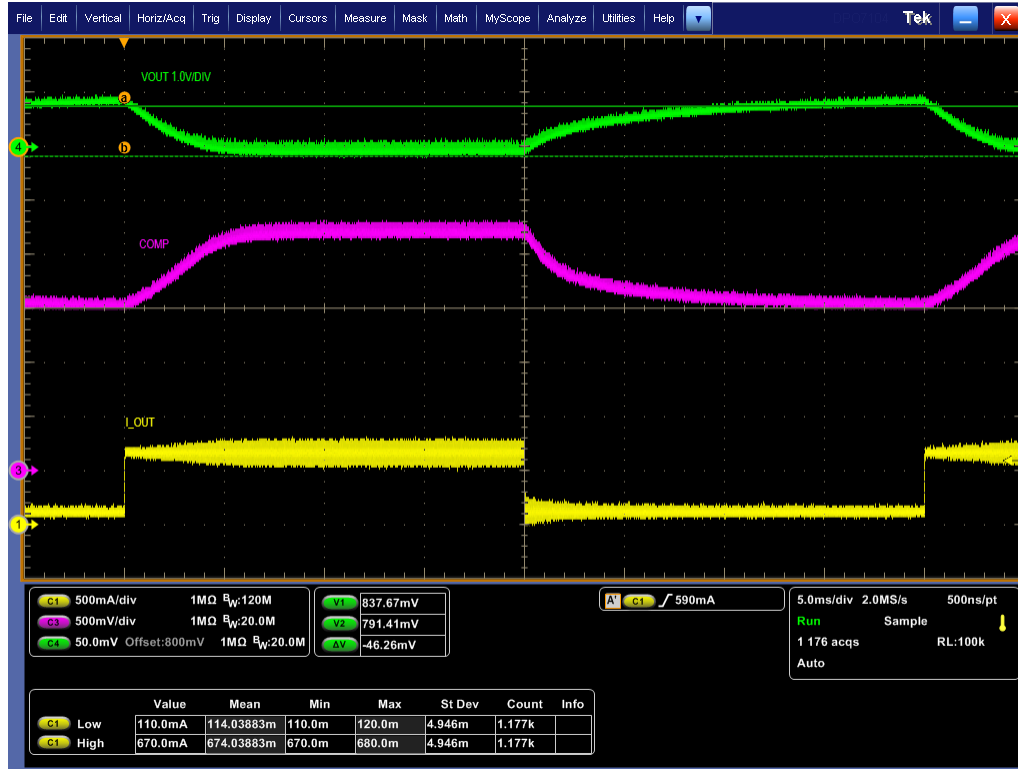


图 5-23. 瞬态响应 : $V_{IN} = 50V$, 负载 = 100mA 至 650mA (25Hz , 50% 占空比)

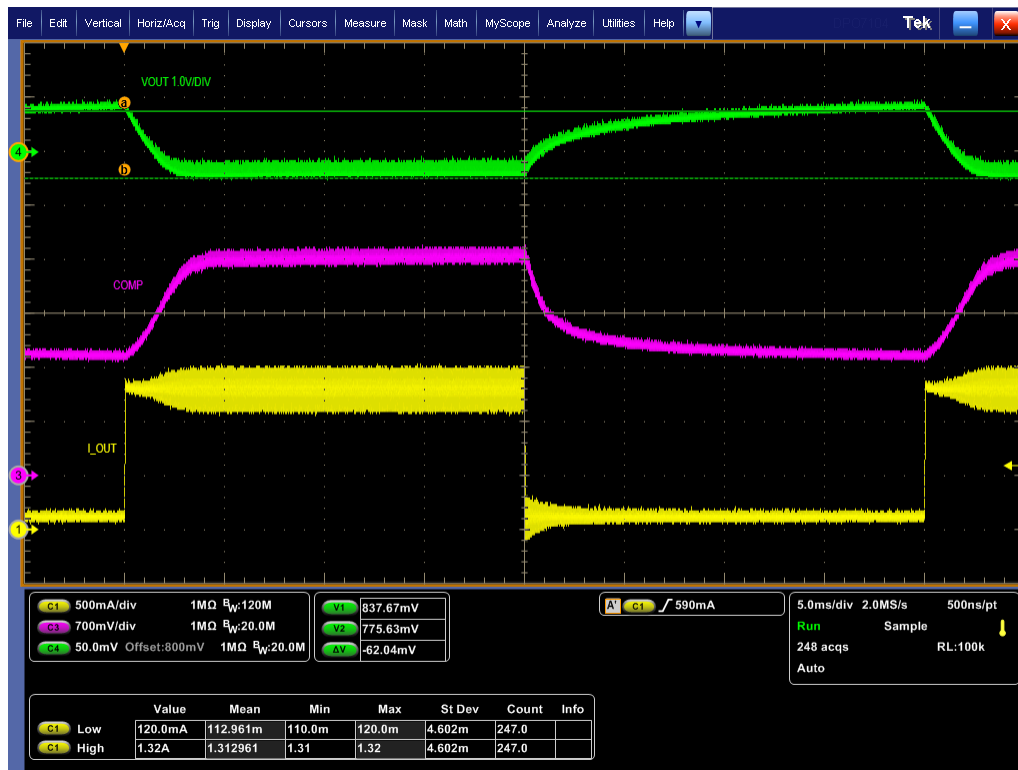


图 5-24. 瞬态响应 : $V_{IN} = 50V$, 负载 = 100mA 至 1.3A (25Hz , 50% 占空比)

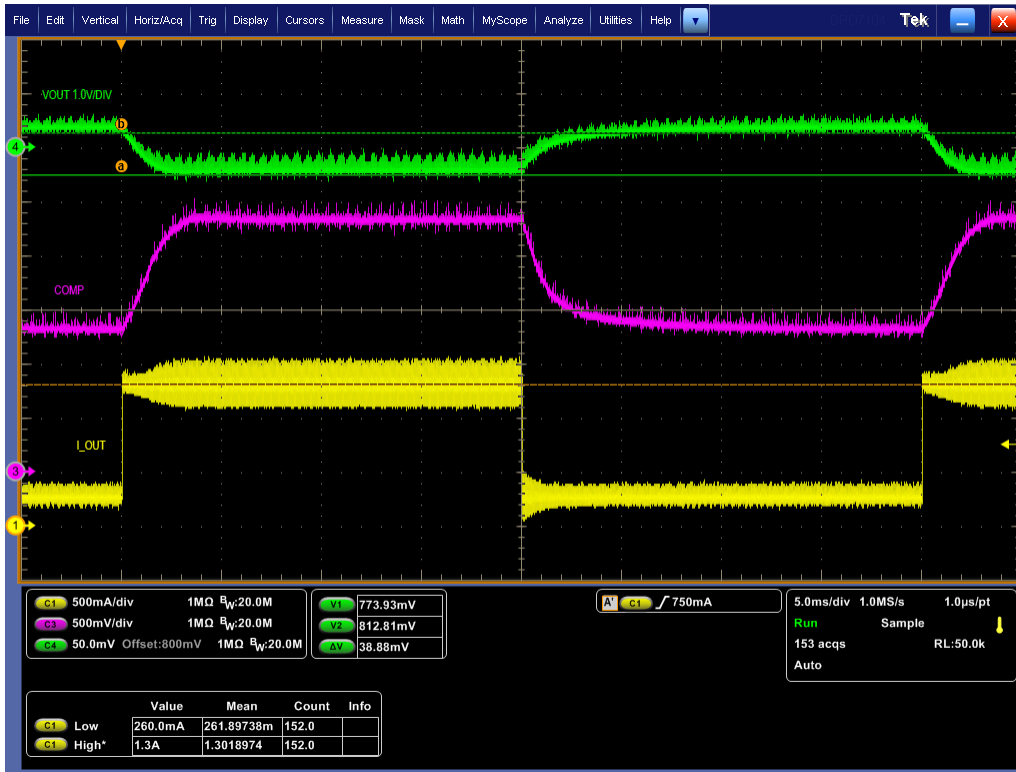


图 5-25. 瞬态响应 : $V_{IN} = 800V$, 负载 = 0.25A 至 1.3A (25Hz , 50% 占空比)

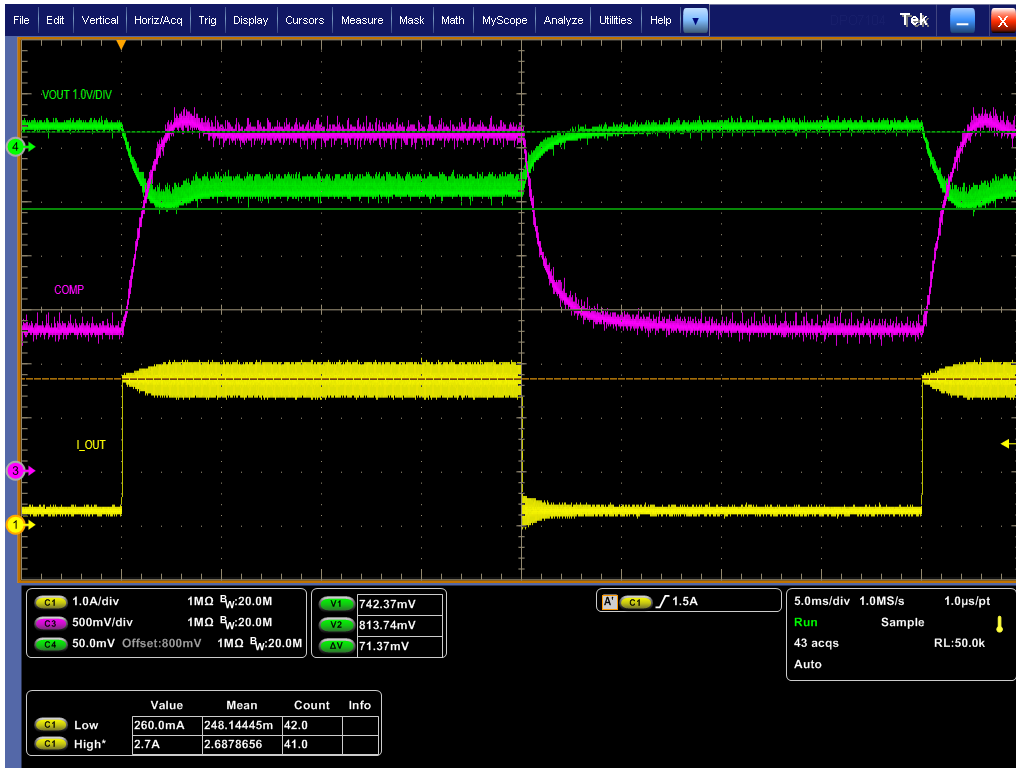


图 5-26. 瞬态响应 : $V_{IN} = 800V$, 负载 = 0.25A 至 2.7A (25Hz , 50% 占空比)

5.12 过流和短路保护



图 5-27. 50VIN，在输出对地短路的情况下启动

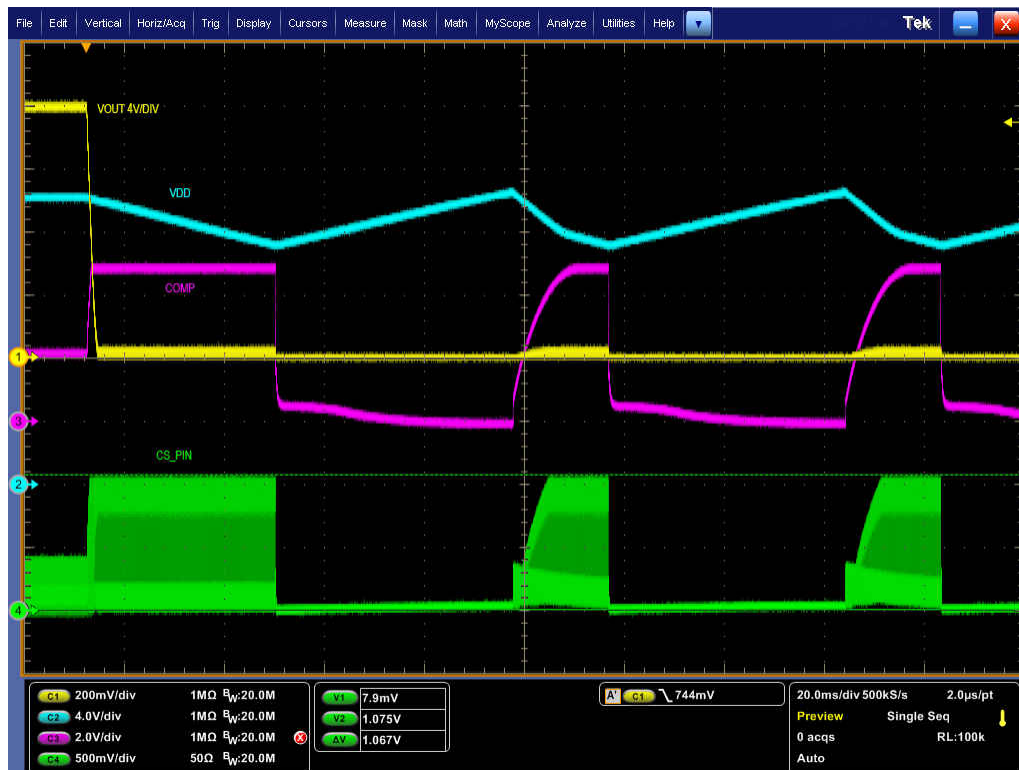


图 5-28. 50VIN，运行期间输出对地短路

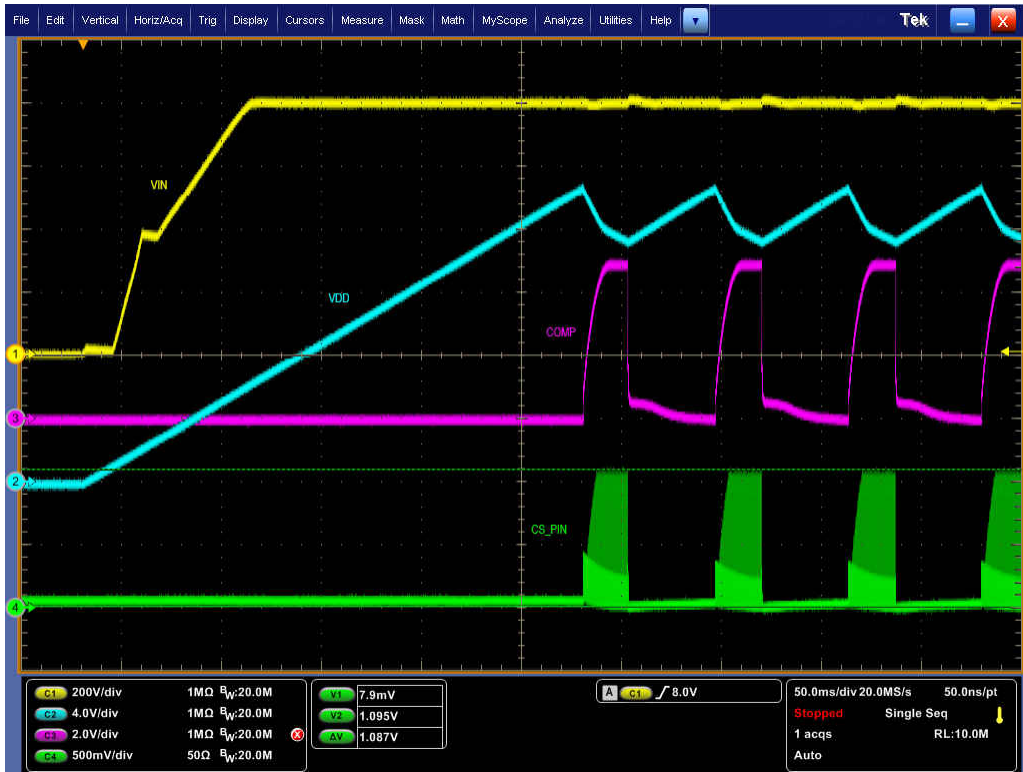


图 5-29. 800VIN，在输出对地短路的情况下启动

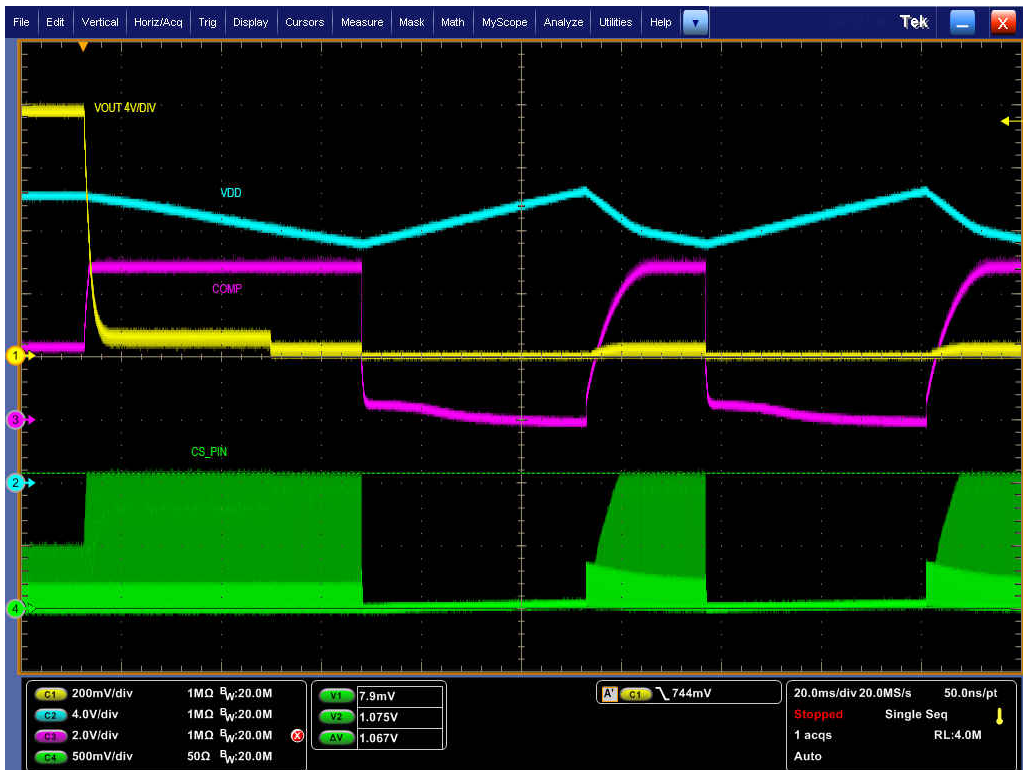


图 5-30. 800VIN，运行期间输出对地短路

5.13 稳定性测量

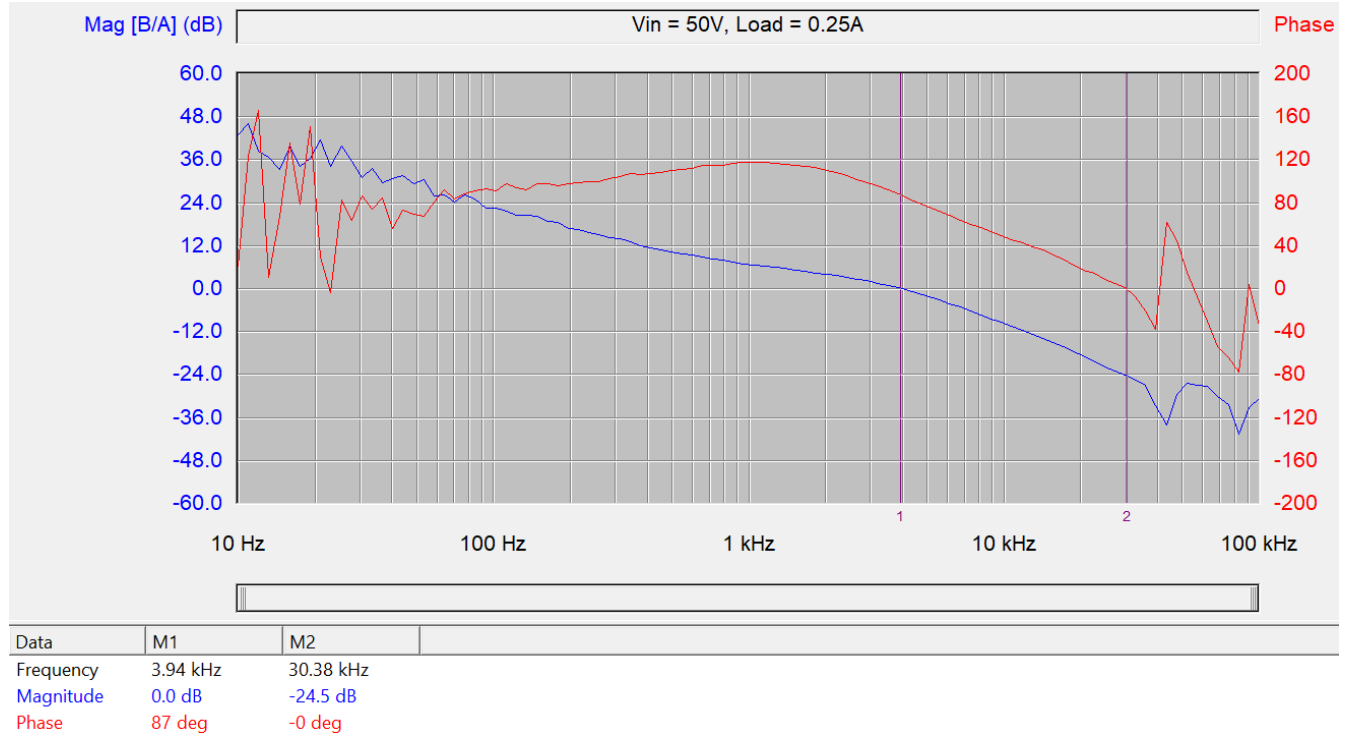


图 5-31. 波特图 : VIN = 50V , 负载 = 0.25A

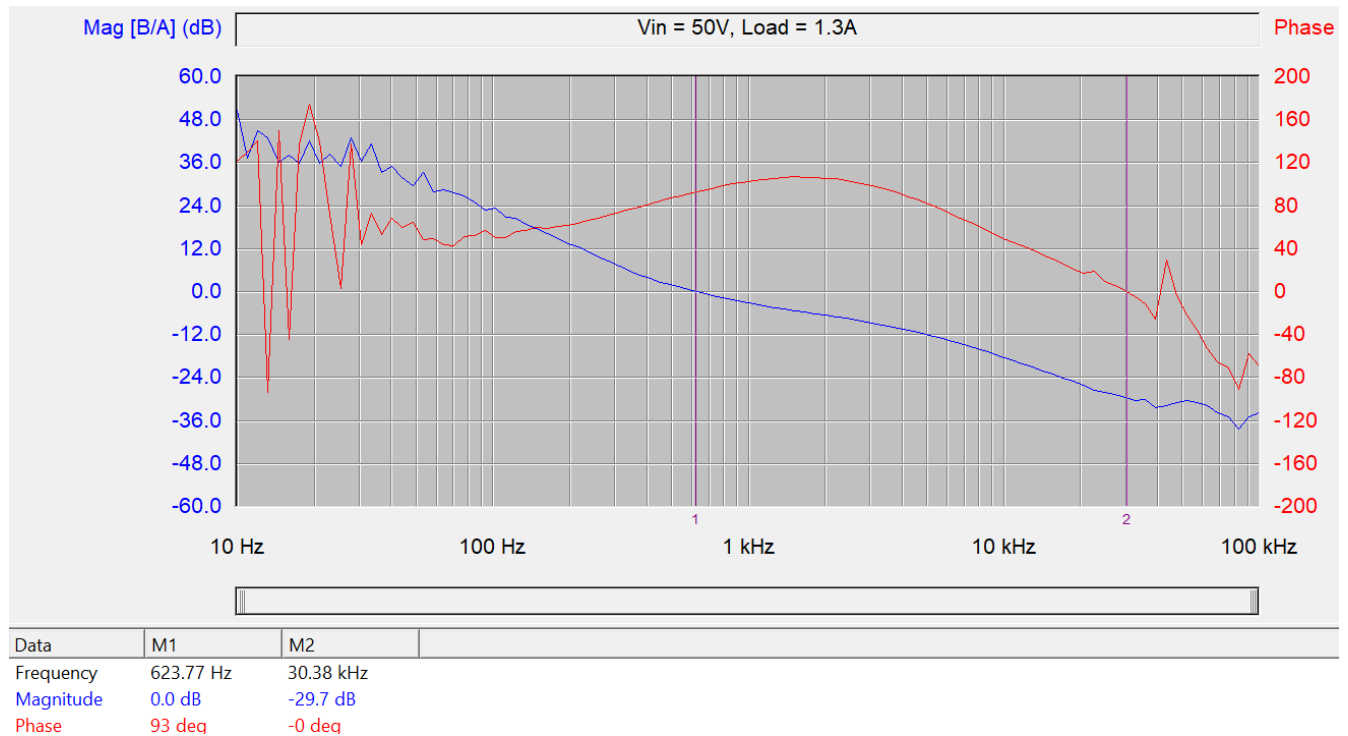


图 5-32. 波特图 : VIN = 50V , 负载 = 1.3A

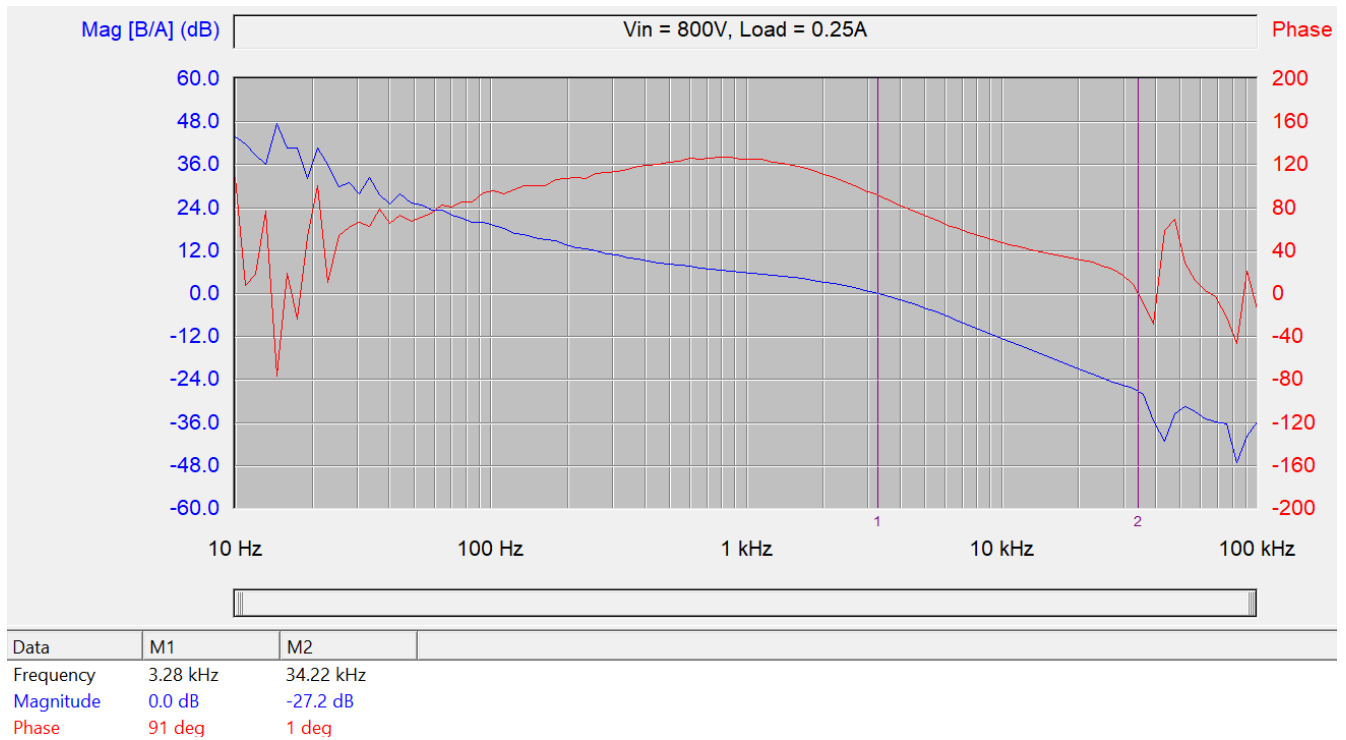


图 5-33. 波特图 : VIN = 800V , 负载 = 0.25A

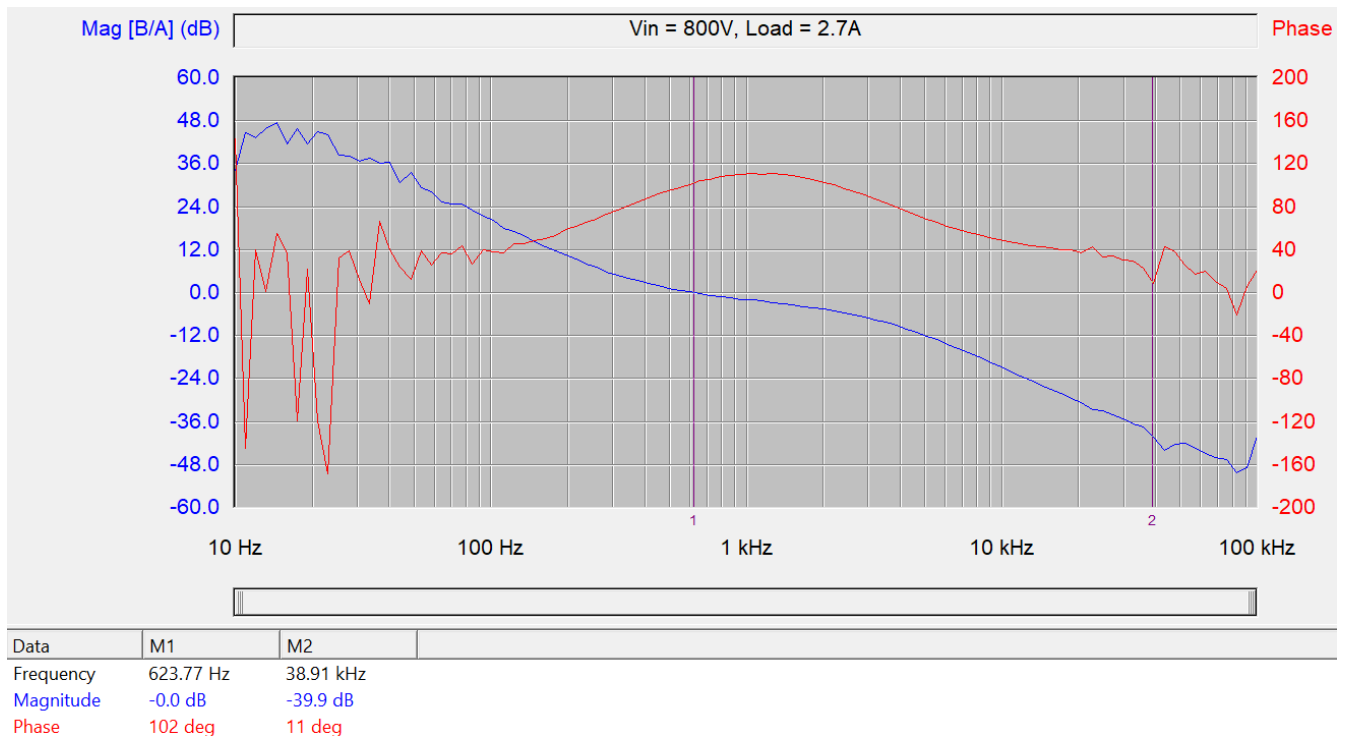


图 5-34. 波特图 : VIN = 800V , 负载 = 2.7A

5.14 热性能测量

测试方法：

如图 5-35 所示，UCC28C56H EVM 放置在保护外壳中，以便使测试人员与高压 ($V_{IN} > 50V$) 隔离。该外壳未提供任何强制空气流动（即没有风扇）。由于静止空气环境，以下热结果应视为最坏情况。在每种负载条件下，均热时间为 **30 分钟至 45 分钟**。

EVM 上最热的元件是变压器。变压器温度通过两种方式测得：(1) 通过直接绑到绕组顶部的热电偶（参阅图 5-36）；(2) 使用直接放置在热电偶/绕组上方的热像仪和黑色电工胶带（参阅图 5-37）。这两种方法得出的结果彼此相差 2°C 。输出整流二极管和开关 MOSFET 的温度仅通过热像仪获取。变压器附近的 PCB 温度通过热电偶测得。

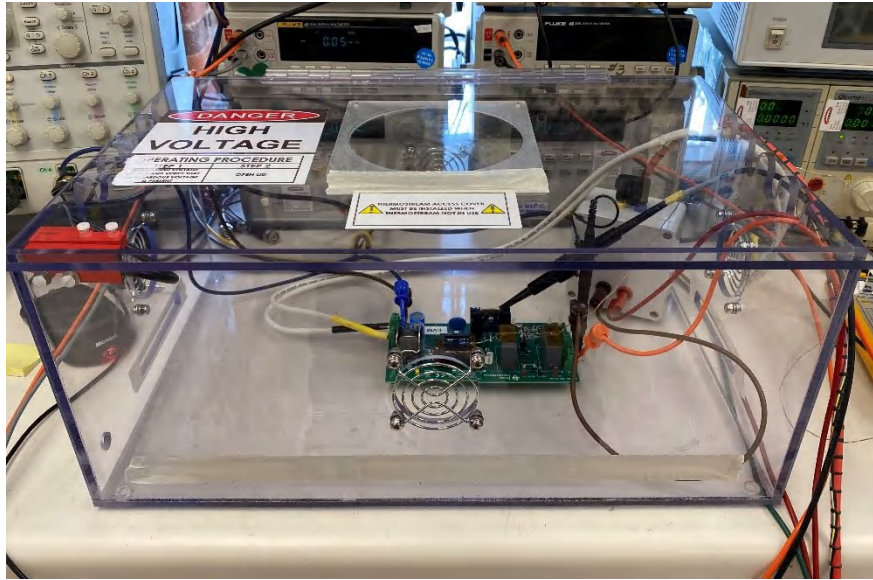


图 5-35. UCC28C56H EVM 置于有机玻璃外壳中用于确保高压安全。几乎没有空气流动。

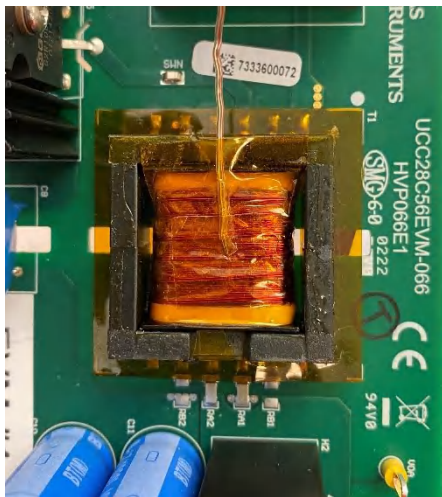


图 5-36. 绑在绕组上的热电偶



图 5-37. 热像仪黑色胶带

变压器温度与负载间的关系

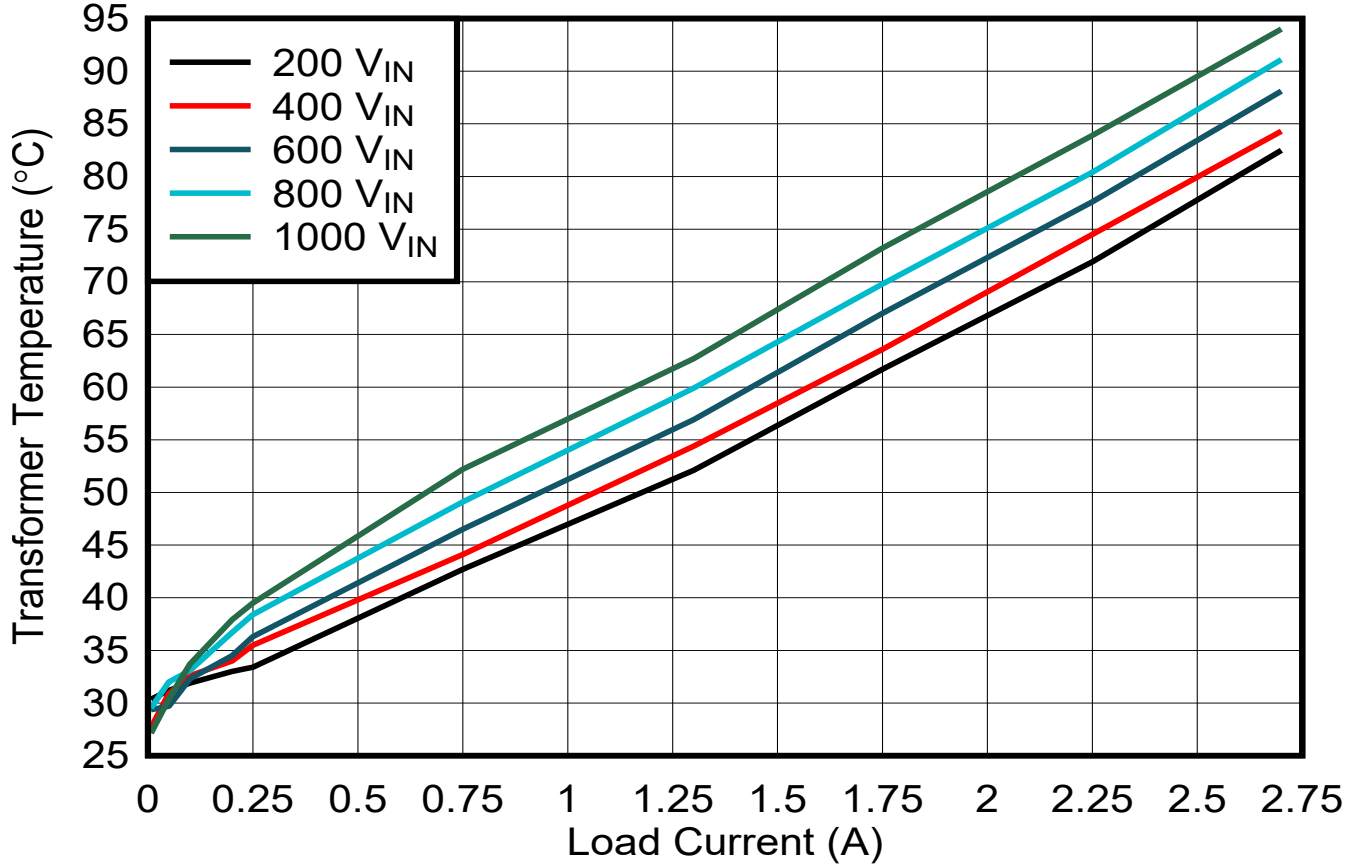


图 5-38. 变压器温度与负载间的关系

表 5-1. 热结果：VIN = 50V，1.3A，20W 负载

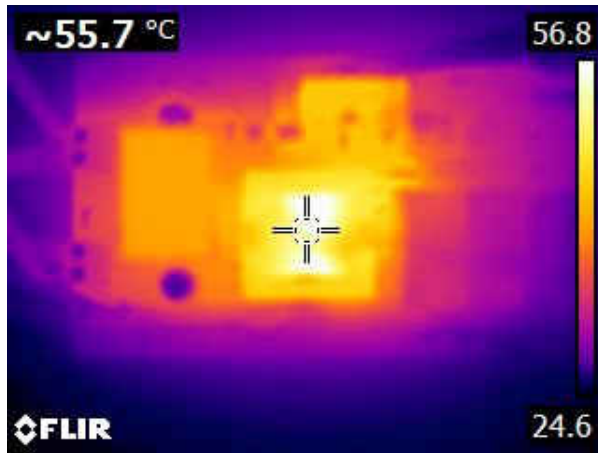


图 5-39. 变压器温度为 55.7°C

变压器和 PCB 温度：

热像仪测量：55.7 °C

热电偶测量：53.9 °C

平均温升：54.8 °C

PCB 温度：30.6 °C

$$\text{变压器 } T_{\text{RISE}} = 53.9^{\circ}\text{C} - 30.6^{\circ}\text{C} = 23.3^{\circ}\text{C}$$

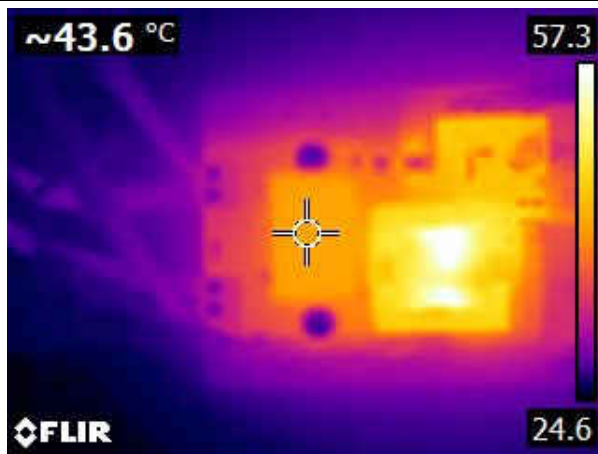


图 5-40. 输出二极管温度为 43.6°C

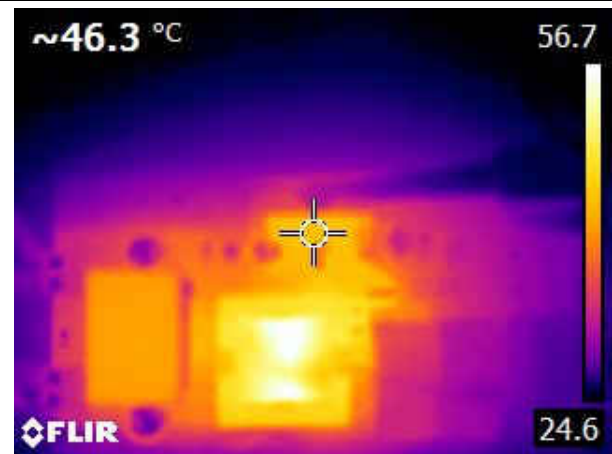


图 5-41. MOSFET 温度为 46.3°C

表 5-2. 热结果：VIN = 800V，2.7A，40W 负载

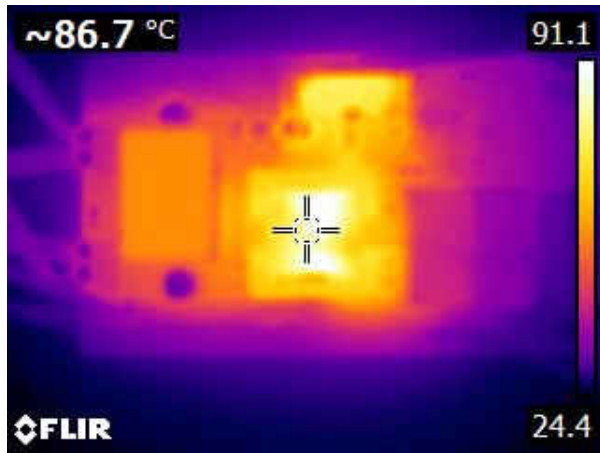


图 5-42. 变压器温度为 86.7°C

变压器和 PCB 温度：

热像仪测量：86.7°C

热电偶测量：86.2°C

平均温升：86.5°C

PCB 温度：37.6°C

变压器 $T_{RISE} = 86.5^{\circ}\text{C} - 37.6^{\circ}\text{C} = 48.9^{\circ}\text{C}$

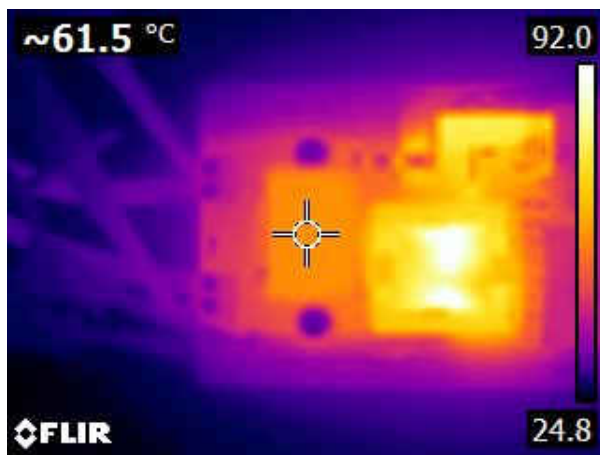


图 5-43. 输出二极管温度为 61.5°C

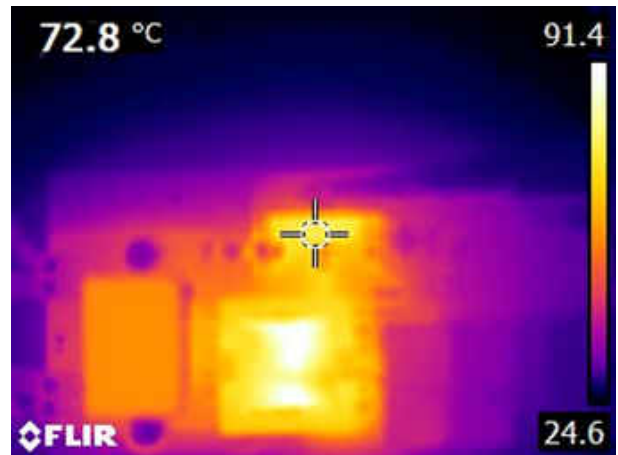


图 5-44. MOSFET 温度为 72.8°C

6 组装和印刷电路板 (PCB)

UCC28C56EVM-066 采用四层 PCB 设计。只有顶层和底层的布线用于 UCC28C56 连接，因此 EVM 基本上属于两层 PCB。两个中间层专门用于测试点布线。

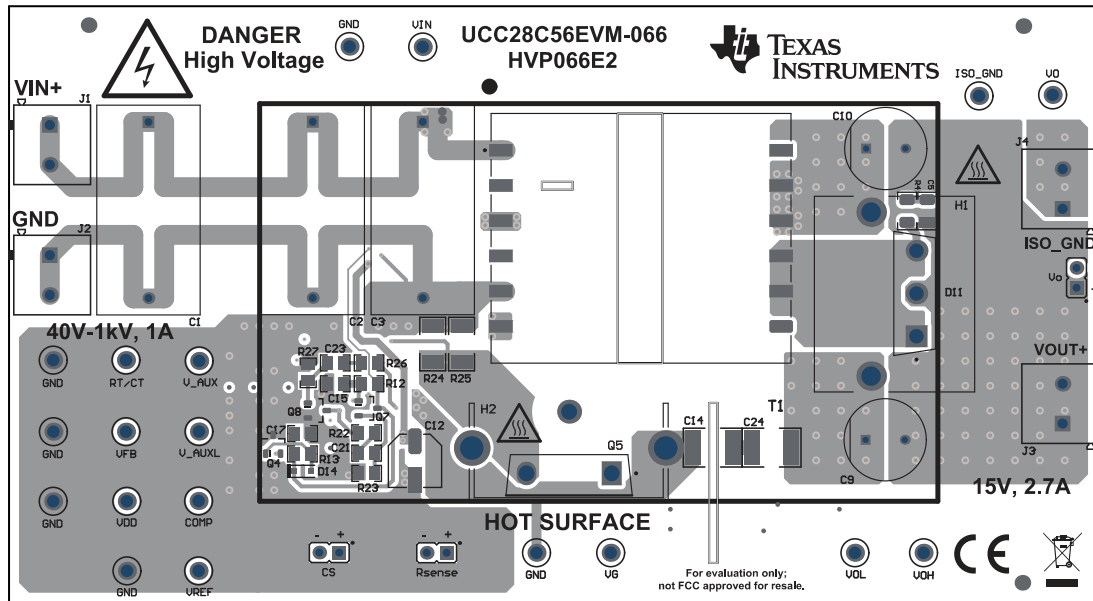


图 6-1. UCC28C56EVM-066，PCB 顶层，组装

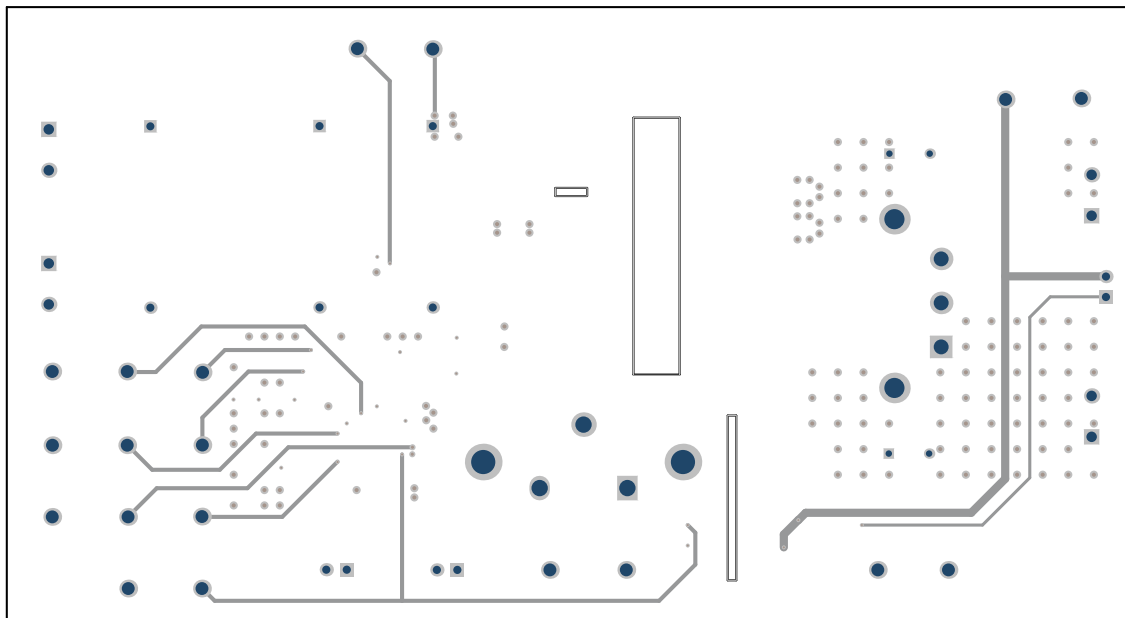


图 6-2. UCC28C56EVM-066，信号层 1，仅用于测试点布线

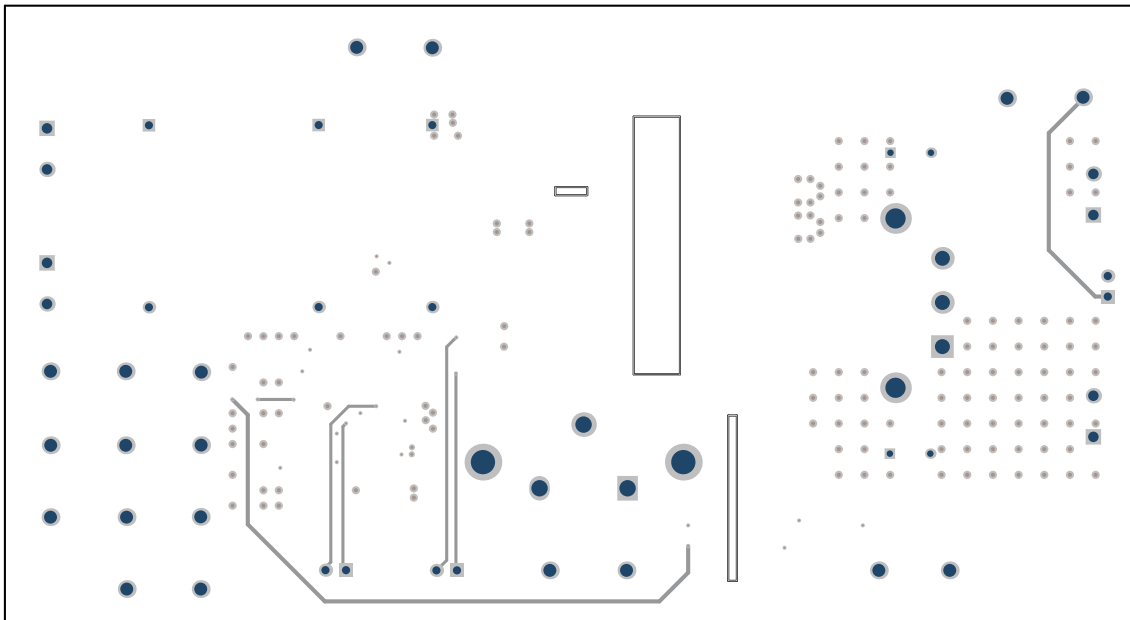


图 6-3. UCC28C56EVM-066，信号层 2，仅用于测试点布线

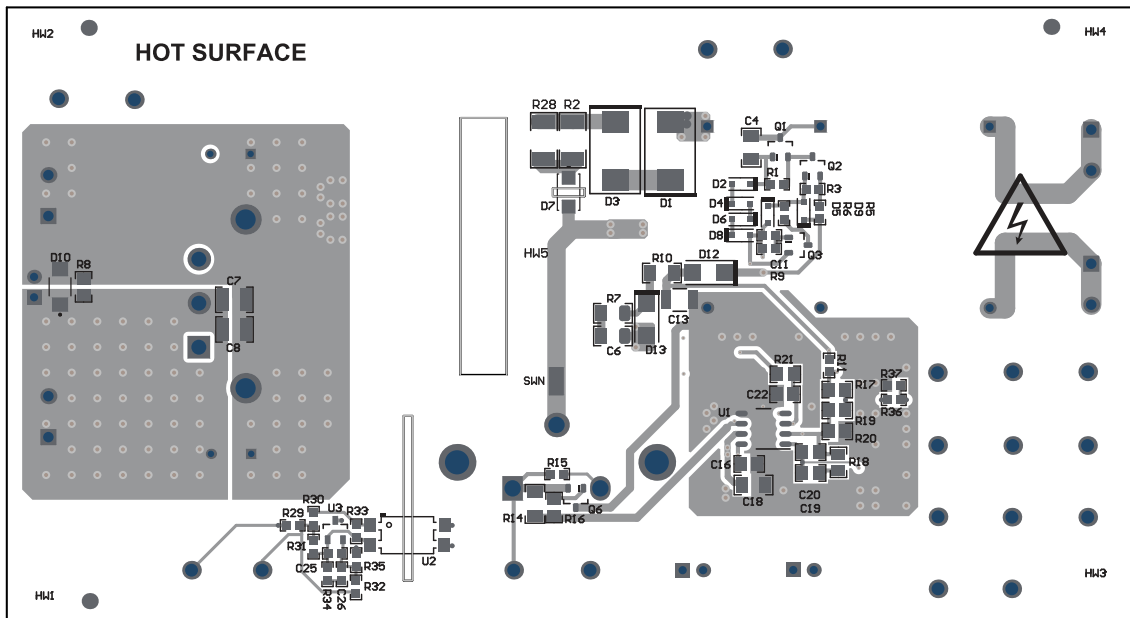


图 6-4. UCC28C56EVM-066，PCB 底层，组装 (镜像视图)

7 物料清单 (BOM)

表 7-1. UCC28C56EVM-066 物料清单

| 项目编号 | 标识符 | 数量 | 值 | 说明 | 封装参考 | 器件型号 | 制造商 | 备选器件型号 | 备选制造商 |
|------|---------------------|----|---------|---|----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | IPCB1 | 1 | | 印刷电路板 | | UCC28C56EVM-066 | 不限 | | |
| 2 | C1、C2、C3 | 3 | 120nF | 电容, 薄膜, 0.12uF, 1600Vdc, 径向, AEC-Q101 | 径向 | R75TN312050H3J | KEMET | | |
| 3 | C4 | 1 | 1.5pF | 电容, 陶瓷, 1.5pF, 1000V, COG/NPO, 1206 | 1206 | 1206Y1K01P50DAR | Knowles Syfer | 1206N1R5D102CT | Walsin |
| 4 | C5 | 1 | 1000pF | 电容, 陶瓷, 1000pF, 630V, +/-5%, COG/NPO, 1206 | 1206 | GRM31B5C2J102JW01L | MuRata | | |
| 5 | C7、C8 | 2 | 10uF | 电容, 陶瓷, 10uF, 50V, +/-10%, X7R, 1210 | 1210 | CL32B106KBJNNWE | Samsung | | |
| 6 | C9、C10 | 2 | 1mF | 电容, 铝, 1000uF, 25V, +/-20%, 0.033 欧姆, TH, AEC-Q200 | 径向 | EEU-FK1E102L | Panasonic | | |
| 7 | C11 | 1 | 0.047uF | 电容, 陶瓷, 0.047uF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603 | 0603 | CGA3E2X7R1H473K080AA | TDK | | |
| 8 | C12 | 1 | 22uF | 电容, 铝, 22uF, 35V, +/-20%, 0.36 欧姆, AEC-Q200, SMD | SMT 径向 D | 35TZV22M6.3X6.1 | Rubycon | | |
| 9 | C13 | 1 | 4.7uF | 电容, 陶瓷, 4.7uF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210 | 1210 | CGA6P3X7R1H475K250AB | TDK | | |
| 10 | C14、C24 | 2 | 2200pF | 电容, 陶瓷, 2200pF, 4000V, +/-10%, X7R, 1812, AEC-Q200 | 1812 | 1812Y4K00222KST | Knowles Syfer | HV1812Y102KXVATHV | Vishay Vitramon |
| 11 | C15 | 1 | 1000pF | 电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-10%, X7R, 0805 | 0805 | CC0805KRX7R9BB102 | Yageo America | | |
| 12 | C16 | 1 | 0.1uF | 电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0805 | 0805 | CC0805KRX7R9BB104 | Yageo | | |
| 12 | C17 | 1 | 0.33uF | 电容, 陶瓷, 0.33uF, 16V, +/-10%, X7R, 0805 | 0805 | CL21B334KOCN NNC | Samsung | | |
| 13 | C18 | 1 | 1uF | 电容, 陶瓷, 1uF, 50V, +/- 10%, X7R, 1206 | 1206 | UMK316B7105KLHT | Taiyo Yuden | | |
| 14 | C19 | 1 | 0.022uF | 电容, 陶瓷, 0.022uF, 50V, +/-10%, X7R, 0805 | 0805 | CC0805KRX7R9BB223 | Yageo America | | |
| 15 | C20、C22 | 2 | 100pF | 电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, C0G/NPO, 0805 | 0805 | CC0805JRNPO9BN101 | Yageo America | | |
| 16 | C21 | 1 | 2.2uF | 电容, 陶瓷, 2.2uF, 25V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805 | 0805 | GCM21BR71E225KA73L | MuRata | | |
| 17 | C23 | 1 | 22pF | 电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NPO, 0805 | 0805 | CC0805JRNPO9BN220 | Yageo | | |
| 18 | D1、D3 | 2 | 160V | 二极管, TVS, Uni, 160V, 259VC, AEC-Q101, SMC | SMC | SMCJ160AHE3_A/I | Vishay Semiconductor | SMCJ160A-TP | Micro Commercial Co |
| 19 | D2, D4, D6, D8 | 4 | 130V | 二极管, 齐纳, 130V, 200mW, SOD-323F, AEC-Q101 | SOD-323F | UDZLVFHTE-17130 | Rohm | | |
| 20 | D5 | 1 | 22V | 二极管, 齐纳, 22V, 5%, 200mW, SOD-323, AEC-Q101 | SOD-323 | BZX384C22-HE3-18 | Vishay Semiconductor | SZMM3Z22VST1G | ON Semi |
| 21 | D7 | 1 | 1.6kV | 二极管, 雪崩, 1.6kV, 1.5A, AEC-Q101, SMA | DO-214AC | BYG10YHE3_A/I | Vishay | SMCJ160A-TP | Micro Commercial Co. |
| 22 | D9 | 1 | 18V | 二极管, 齐纳, 18V, 4%, 200mW, AEC-Q101, SOD-323 | SOD-323 | GDZ18B-HE3-18 | Vishay | DDZ9705S-7 | Diodes, Inc. |
| 23 | D10 | 1 | 18V | 二极管, 齐纳, 18V, 1W, ±6.39%, SMT, PMDTM, AEC-Q101 | SOD-128 | PDZVTFTR18B | ROHM | ZMY18-GS18 | Vishay Semiconductor |
| 24 | D11 | 1 | 200V | 二极管阵列, 共阴极, 肖特基, 200V, 40A, AEC-Q101 | TO-247AD | MBR40200PTH | Taiwan Semiconductor | MBR90200WT | SMC 二极管解决方案 |
| 25 | D12 | 1 | 60V | 二极管, 肖特基, 60V, 1A, SMA, AEC-Q101 | SMA | SS16HE3_B/H | Vishay Semiconductor | SS16-AU_R1_000A1 | Panjit International |
| 26 | D13 | 1 | 200V | 二极管, 标准恢复, 200V, 1A, SMA, AEC-Q101 | SMA | S1DHE3_A/H | Vishay Semiconductor | | |
| 27 | D14 | 1 | 40V | 二极管, 肖特基, 30V, 30mA, AEC-Q101, SOD-323 | SOD-323 | SD101CWS-HE3-08 | Vishay | RB501V-40-TP | Micro Commercial Co |
| 28 | H1 | 1 | | 黑色阳极氧化 散热器 TO-247 铝 5.0W @ 60°C 板级, 垂直 | PTH_HEATSINK_2 OMM47_25MM0 | C247-025-1AE | Ohmite | C247-025-1VE | Ohmite |
| 29 | HW1、HW2、HW3、HW4、HW5 | 5 | | | | SJ61A6 | 3M | | |

表 7-1. UCC28C56EVM-066 物料清单 (continued)

| 项目编号 | 标识符 | 数量 | 值 | 说明 | 封装参考 | 器件型号 | 制造商 | 备选器件型号 | 备选制造商 |
|------|-------------|----|--------|--|----------|-------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|
| 30 | J1、J2、J3、J4 | 4 | | 端子块, 5.08mm, 2x1, TH | 2 位端子块 | 1715721 | Phoenix Contact | | |
| 31 | KIT1 | 0 | | 安装套件, 舍弃 TO_220 散热焊盘, 改用 SILPAD1 | | 4880SG | Aavid Thermalloy | | |
| 32 | Q1、Q2 | 2 | 600V | MOSFET, N 沟道, 耗尽模式, 600V, 0.021A, SOT-23, AEC-Q101 | SOT-23 | BSS126H6906XT SA1 | Infineon Technologies | | |
| 33 | Q3 | 1 | 60V | MOSFET, N 沟道, 60V, 0.19A, SOT-23 | SOT-23 | NX7002AK, 215 | Nexperia USA Inc | | |
| 34 | Q4 | 1 | 60V | 晶体管, PNP, 60V, 0.6A, SOT-23, AEC-Q101 | SOT-23 | PMBT2907A, 235 | Nexperia USA Inc | | |
| 35 | Q5 | 1 | 1700V | MOSFET, N 沟道, SiC, 1700V, 5A, AEC-Q101, TO-247 | TO-247-3 | SCT1000N170AG | ST Microelectronics | G2R1000MT17D/ C2M1000170D | GeneSIC/ Wolfspeed |
| 36 | Q6 | 1 | 60V | 晶体管, PNP, 60V, 2A, SOT-23, AEC-Q101 | SOT-23 | PBSS5350THR | Nexperia USA Inc | | |
| 37 | Q7、Q8 | 2 | 40V | 晶体管, NPN, 40V, 0.2A, SOT-23, AEC-Q101 | SOT-23 | MMBT3904, 215 | Nexperia USA Inc | | |
| 38 | R1、R3 | 2 | 1.0Meg | 电阻, 1.0M, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | CRCW06031M00 JNEA | Vishay-Dale | | |
| 39 | R2、R28 | 2 | 61.9 | 电阻, 61.9, 5%, 0.75W, AEC-Q200 0 级, 2010 | 2010 | CRCW201061R9 FKEF | Vishay-Dale | Stackpole Electronics | RMCF2010FT61 R9 |
| 40 | R4 | 1 | 100 | 电阻, 100, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206 | 1206 | CRCW1206100R FKEA | Vishay-Dale | | |
| 41 | R5 | 1 | 1.00k | 电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | CRCW06031K00 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 42 | R6、R9 | 2 | 10.0k | 电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | CRCW060310K0 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 43 | R8 | 1 | 100k | 电阻, 100k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW0805100K FKEA | Vishay-Dale | | |
| 44 | R10 | 1 | 0 | 电阻, 0, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206 | 1206 | CRCW12060000 Z0EA | Vishay-Dale | | |
| 45 | R11 | 1 | 10.0 | 电阻, 10.0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | CRCW060310R0 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 46 | R12 | 1 | 40.2k | 电阻, 40.2k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | ERJ-6ENF4022V | Panasonic | | |
| 47 | R13 | 1 | 20.0k | 电阻, 20.0k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW080520K0 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 48 | R14 | 1 | 39.2 | 电阻, 39.2, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206 | 1206 | CRCW120639R2 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 49 | R15 | 1 | 44.2k | 电阻, 44.2k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | CRCW060344K2 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 50 | R16、R27 | 2 | 127 | 电阻, 127, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW0805127R FKEA | Vishay-Dale | | |
| 51 | R17 | 1 | 2.55k | 电阻, 2.55k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW08052K55 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 52 | R18 | 1 | 324k | 电阻, 324k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW0805324K FKEA | Vishay-Dale | | |
| 53 | R19 | 1 | 20.0k | 电阻, 20.0k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | ERJ-6ENF2002V | Panasonic | | |

表 7-1. UCC28C56EVM-066 物料清单 (continued)

| 项目编号 | 标识符 | 数量 | 值 | 说明 | 封装参考 | 器件型号 | 制造商 | 备选器件型号 | 备选制造商 |
|------|---|----|----------------|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|--------|-------|
| 54 | R20 | 1 | 3.48k | 电阻, 3.48k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW08053K48 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 55 | R21 | 1 | 1.00k | 电阻, 1.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW08051K00 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 56 | R22 | 1 | 4.02k | 电阻, 4.02k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW08054K02 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 57 | R23 | 1 | 15.0k Ω | 电阻, 15.0k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW080515K0 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 58 | R24、R25 | 2 | 0.91 | 电阻, 0.91, 1%, 0.75W, 2010 | 2010 | RL73H2HR91FTE | TE Connectivity | | |
| 59 | R26 | 1 | 2.00k | 电阻, 2.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805 | 0805 | CRCW08052K00 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 60 | T1 | 1 | 550 μ H | 变压器, PRI 40-1000V, SEC 15V 2.7A, AUX 20V 35mA | XFRMR_SMD_38M M3_31MM9 | ZD2200-BE | Coilcraft | | |
| 61 | 散热焊盘 1 | 1 | | Q5 散热焊盘, 21.84mm x 18.79mm, 带 ADH | | HF115AC-0.0055- AC-90 | Bergquist | | |
| 62 | 散热焊盘 2 | 1 | 9200V | D11 散热焊盘 (无孔), 24.1mm x 19.0mm x 0.076mm, 0.107°C-in2/W | | CD-02-05-247-N | Wakefield-Vette | | |
| 63 | TP1 | 1 | | 测试点, 多用途, 红色, TH | 红色多用途测试点 | 5010 | Keystone | | |
| 64 | TP2、TP3、 TP4、TP5、 TP6、TP8、 TP10 | 7 | | 测试点, 通用, 黑色, TH | 黑色多用途测试点 | 5011 | Keystone | | |
| 65 | TP7 | 1 | | 测试点, 通用, 黄色, TH | 黄色多用途测试点 | 5014 | Keystone | | |
| 66 | TP9 | 1 | | PC 测试点, SMT | PC 测试点, SMT | 5017 | Keystone | | |
| 67 | TP11、 TP12、 TP13、 TP14、 TP15、 TP16、 TP17、TP18 | 8 | | 测试点, 多用途, 白色, TH | 白色通用测试点 | 5012 | Keystone | | |
| 68 | U1 | 1 | | 汽车类 BiCMOS 低功耗电流模式 PWM 控制器, SOIC-8, AEC-Q101 | D0008A | UCC28C56QDRQ 1 | 德州仪器 (TI) | | |
| 69 | C6 | 0 | 1000pF | 电容, 陶瓷, 1000pF, 630V, +/-5%, COG/NP0, 1206 | 1206 | GRM31B5C2J102 JW01L | MuRata | | |
| 70 | C25 | 0 | 0.33 μ F | 电容, 陶瓷, 0.33 μ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603 | 0603 | CGA3E3X7R1H3 34K080AB | TDK | | |
| 71 | C26 | 0 | 0.22 μ F | 电容, 陶瓷, 0.22 μ F, 25V, +/-10%, X7R, 0603 | 0603 | C1608X7R1E224 K080AC | TDK | | |
| 72 | FID1、 FID2、 FID3、 FID4、 FID5、FID6 | 0 | | 基准标记。没有需要购买或安装元件。 | 基准 | 不适用 | 不适用 | | |

表 7-1. UCC28C56EVM-066 物料清单 (continued)

| 项目编号 | 标识符 | 数量 | 值 | 说明 | 封装参考 | 器件型号 | 制造商 | 备选器件型号 | 备选制造商 |
|------|-----------|----|-------|--|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------|-------|
| 73 | J5、J6、J7 | 0 | | 接头, 100mil, 2x1, 镀金, TH | Sullins 100mil, 1x2, 绝缘体上方 230mil | PBC02SAAN | Sullins Connector Solutions | | |
| 74 | R7 | 0 | 100 | 电阻, 100, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206 | 1206 | CRCW1206100R FKEA | Vishay-Dale | | |
| 75 | R29 | 0 | 10.0 | 电阻, 10.0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | CRCW060310R0 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 76 | R30 | 0 | 2.00k | 电阻, 2.00k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | ERJ3EKF2001V | Panasonic | | |
| 77 | R31 | 0 | 1.24k | 电阻, 1.24k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | 0603 | CRCW06031K24 FKEA | Vishay-Dale | | |
| 78 | R32 | 0 | 12.4k | 电阻, 12.4k, 1%, 0.1W, 0603 | 0603 | RC0603FR-0712 K4L | Yageo | | |
| 79 | R33、R37 | 0 | 1.00k | 电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603 | 0603 | RC0603FR-071K L | Yageo | | |
| 80 | R34 | 0 | 6.81k | 电阻, 6.81k, 1%, 0.1W, 0603 | 0603 | RC0603FR-076K 81L | Yageo | | |
| 81 | R35 | 0 | 2.43k | 电阻, 2.43k, 1%, 0.1W, 0603 | 0603 | RC0603FR-072K 43L | Yageo | | |
| 82 | R36 | 0 | 0 | 电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603 | 0603 | RC0603JR-070R L | Yageo | | |
| 83 | TP19、TP20 | 0 | | 测试点, 通用, 黄色, TH | 黄色多用途测试点 | 5014 | Keystone | | |
| 84 | U2 | 0 | | 光耦合器, 5kV, 80-160% CTR, SMT | DIP-4L Gullwing | FOD817ASD | Fairchild Semiconductor | | |
| 85 | U3 | 0 | | 汽车类可调精密并联稳压器, 34ppm/°C, 100mA, -40°C 至 125°C, 3 引脚 SOT-23 (DBZ), 绿色环保 (RoHS, 无镉/溴) | DBZ0003A | TL431AQDBZRQ 1 | 德州仪器 (TI) | | |

说明：

除非备选器件型号和/或备选制造商栏中另外注明，否则所有器件均可替换为等效产品。

8 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 B (October 2022) to Revision C (December 2022) | Page |
|--|------|
| • 添加了“EVM 电气性能规格”表..... | 4 |

| Changes from Revision A (July 2022) to Revision B (October 2022) | Page |
|--|------|
| • 更新了原理图..... | 5 |
| • 更新了 PCB 图像..... | 30 |
| • 更新了“物料清单”..... | 32 |

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