

使用 UCC14141EVM-068 为需要正向单辅助电源或正/负双辅助电源的牵引逆变器栅极驱动器 IC 供电



摘要

本用户指南为使用 UCC14141EVM-068 评估德州仪器 (TI) 的 UCC14141-Q1 高频、集成变压器、直流/直流转换器模块提供了说明和指导。用户指南可随 UCC14141EVM-068、HVP068、Rev E2 和 Rev A 一起提供。Rev E2 和 Rev A 是相同的。借助该 EVM，设计人员能够快速且高效地评估 UCC14141-Q1，适用于需要栅极驱动器 IC 辅助电源高达 1.5W 且满足高达 5kV_{RMS} 隔离要求的汽车或工业应用。

内容

1 引言	2
1.1 U1 元件选型	2
1.2 引脚配置和功能	2
2 说明	4
2.1 EVM 电气性能规格	5
3 原理图	6
4 EVM 设置和操作	7
4.1 建议测试设备	7
4.2 通过外部连接轻松进行评估	7
4.3 为 EVM 供电	8
4.4 EVM 测试点	9
4.5 探测 EVM	10
5 性能数据	11
5.1 效率数据	11
5.2 调节数据	13
5.3 稳态输入电流	14
5.4 启动波形	14
5.5 浪涌电流	16
5.6 交流纹波电压	18
5.7 EN 至 /PG 时序	21
5.8 RLIM	21
5.9 故障保护	23
5.10 关断	25
5.11 热性能	26
6 组装和印刷电路板 (PCB) 层	27
7 物料清单 (BOM)	30
8 修订历史记录	30

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

UCC14141-Q1 是一款高效率、低辐射、5kV_{RMS} 隔离式直流/直流转换器，能够提供 1.5W 的功率。由于 UCC14141-Q1 在集成式封装中提供隔离式电源，因此系统无需单独的隔离式电源，从而可以降低成本并减小尺寸。UCC14141-Q1 在从初级侧到次级侧的功率转换方面可提供出色的效率，同时不再需要现有设计中常用的庞大外部变压器或电源模块。这种集成可大幅缩减印刷电路板 (PCB) 面积和厚度。

1.1 U1 元件选型

UCC14141-Q1 是 UCC14141EVM-068 中采用的默认 IC，但评估时可以使用表 1-1 中列出的任意替代版本。表 1-1 中列出的每个元件版本均彼此引脚对引脚兼容，在功能上等效并互为可替代器件。以“P”开头的元件器件型号表示预量产材料，但与“非 P”标记的元件使用的是相同的 IC。

表 1-1. UCC1414x-Q1 版本差异

通用器件型号	可订购器件型号	隔离/浪涌/工作电压
UCC14141-Q1	UCC14141QDWNQ1	5kV _{RMS} /10kV _{PK} /1kV _{RMS}
PUCC14141-Q1	PUCC14141QDWNQ1	5kV _{RMS} /10kV _{PK} /1kV _{RMS}
UCC14140-Q1	UCC14140QDWNQ1	3kV _{RMS} /6.5kV _{PK} /850kV _{RMS}
PUCC14140-Q1	PUCC14140QDWNQ1	3kV _{RMS} /6.5kV _{PK} /850kV _{RMS}

如果需要更换 U1，TI 建议务必采用最佳的焊接技术实践，包括采取适当的 ESD 预防措施，并派擅长表面贴装焊接和板级返工操作的合格人员来移除和安装 U1。目测验证所需版本的 UCC1414x-Q1 元件已正确安装在 EVM 上。如果之前已对 U1 进行了返工，请根据图 1-1 目测验证 U1 的正确方向。根据图 1-1，IC 封装顶部的引脚 1 识别点位于左上方。

1.2 引脚配置和功能

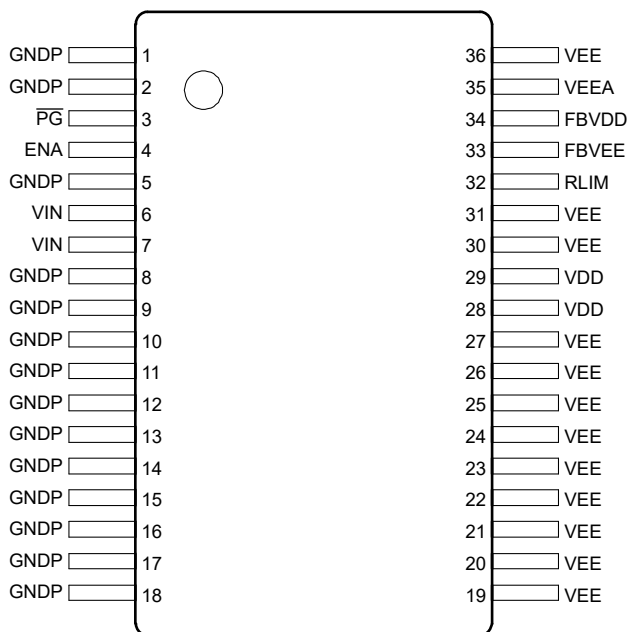


图 1-1. DWN 封装，36 引脚 SSOP (顶视图)

表 1-2. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
GNDP	1、2、5、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18	G	VIN 的初级侧接地连接。引脚 1、2 和 5 是模拟地。引脚 8、9、10、11、12、13、14、15、16、17 和 18 是电源地。在覆铜上放置几个过孔以进行散热。
PG	3	O	低电平有效电源正常开漏输出引脚。当 $(UVLO \leq V_{VIN} \leq OVLO)$ 、 $(UVP1 \leq (VDD - VEE) \leq OVP1)$ 、 $(UVP2 \leq (COM - VEE) \leq OVP2)$ 、 $T_{J_Primary} \leq TSHUT_{PRIMARY_RISE}$ 以及 $T_{J_secondary} \leq TSHUT_{SECONDARY_RISE}$ 时， \overline{PG} 保持低电平
ENA	4	I	启用引脚。强制 ENA 为低电平会禁用器件。上拉至高电平以启用正常的器件功能。建议最大值为 5.5V。
VIN	6、7	P	初级输入电压。引脚 6 用于模拟输入，引脚 7 用于电源输入。对于引脚 7，将一个 10μF 陶瓷电容器从电源 VIN 引脚 7 连接到电源 GNDP 引脚 8。在引脚 7 和引脚 8 附近连接一个 0.1μF 高频旁路陶瓷电容器。
VEE	19、20、21、22、23、24、25、26、27、30、31、36	G	用于 VDD 和 COM 的次级侧参考连接。VEE 引脚用于高电流返回路径。
VDD	28、29	P	来自变压器的次级侧隔离式输出电压。在 VDD 和 VEE 之间连接一个 2.2μF 和一个并联的 0.1μF 陶瓷电容。0.1μF 陶瓷电容是高频旁路，必须靠近 IC 引脚。可以使用 4.7μF 或 10μF 陶瓷电容器代替 2.2μF，以便进一步降低输出纹波电压。
RLIM	32	P	第二个次级侧隔离式输出电压电阻，用于限制从 VDD 到 COM 节点的拉电流和从 COM 到 VEE 的灌电流。在 RLIM 和 COM 之间连接一个电阻以调节 $(COM - VEE)$ 电压。
FBVEE	33	I	反馈 $(COM - VEE)$ 输出电压检测引脚用于调整输出 $(COM - VEE)$ 电压。在 COM 和 VEE 之间连接一个电阻分压器，使中点连接到 FBVEE，调节时的等效 FBVEE 电压为 2.5V。在低侧反馈电阻并联一个 330pF 陶瓷电容，用于高频去耦。用于高频旁路的 330pF 陶瓷电容器必须紧挨着顶层或底层（两层通过过孔连接）的 FBVEE 和 VEEA IC 引脚。
FBVDD	34	I	反馈 $(VDD - VEE)$ 输出电压检测引脚用于调整输出 $(VDD - VEE)$ 电压。在 VDD 和 VEE 之间连接一个电阻分压器，使中点连接到 FBVDD，调节时的等效 FBVDD 电压为 2.5V。在低侧反馈电阻并联一个 330pF 陶瓷电容，用于高频去耦。用于高频旁路的 330pF 陶瓷电容器必须紧挨着顶层或底层（两层通过过孔连接）的 FBVDD 和 VEEA IC 引脚。
VEEA	35	G	用于噪声敏感模拟反馈输入、FBVDD 和 FBVEE 的次级侧模拟检测参考连接。将低侧反馈电阻和高频去耦滤波电容连接到靠近 VEEA 引脚和各自的反馈引脚 FBVDD 或 FBVEE。连接到次级侧栅极驱动最低电压基准 VEE。使用单点连接并将高频去耦陶瓷电容器靠近 VEEA 引脚放置。

(1) P = 电源，G = 地，I = 输入，O = 输出

2 说明

UCC14141EVM-068 旨在让设计人员能够快速、轻松地评估 UCC14141-Q1 的性能特性和功能，从而用于汽车类隔离式栅极驱动器辅助电源应用以及各种隔离式工业辅助电源应用。该 EVM 可供用户测试 UCC14141-Q1 的各项功能，例如：器件的启用/禁用 (EN) 引脚、隔离式输出电压的 $15V < VDD < 20V$ 和 $-5V < VEE < 0V$ 配置，以及可变负载在输出上的应用。借助此 EVM，用户可以根据系统要求，测量输入电压范围内和不同输出负载条件下的效率。EVM 的另一个特性是易于在测试期间进行探测。测试点根据表 4-1 进行策略性放置并进行描述

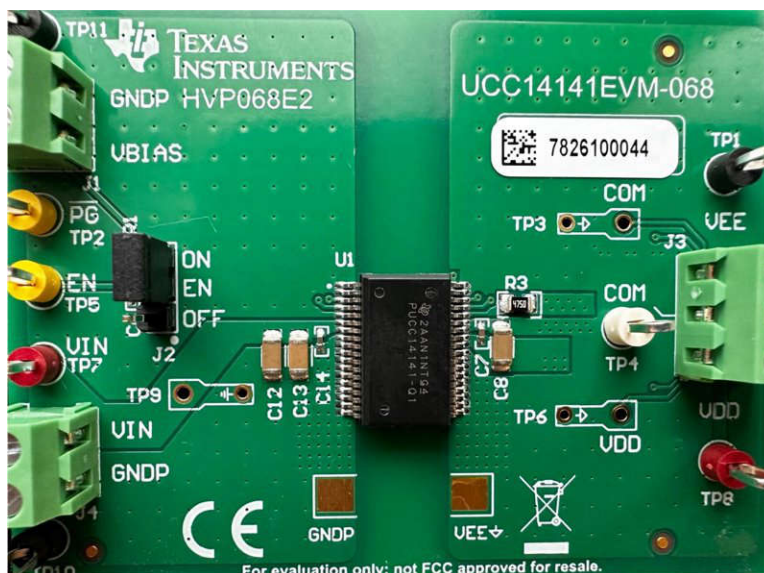


图 2-1. UCC14141EVM-068，HVP068E2，顶视图

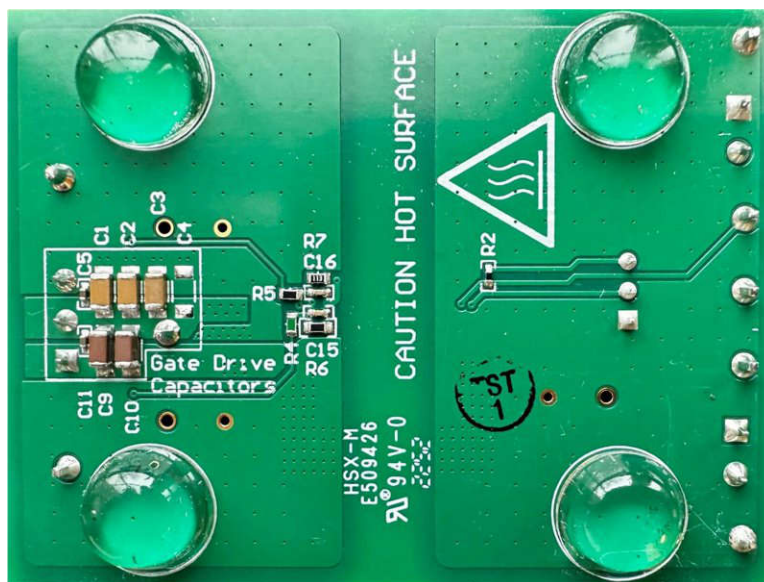


图 2-2. UCC14141EVM-068，HVP068E2，底视图

2.1 EVM 电气性能规格

表 2-1. EVM 电气规格

$V_{IN}=12V$, $V_{DD}-V_{EE}=22V$, $V_{DD}=V_{DD-COM}=18V$, $V_{EE}=V_{EE-COM}=-4V$, $T_A = 25^{\circ}C$ (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	P _{VDD-VEE} = 1.5W	10	12	14	V
V _{IN_ON}	输入电压开启		9		10	V
V _{IN_OFF}	输入电压关闭		8		9	V
I _{IN_FL}	满载时的输入电流	V _{IN} = 10V , I _{VDD} = 68mA		355		mA
		V _{IN} = 12V , I _{VDD} = 68mA		310		
		V _{IN} = 14V , I _{VDD} = 68mA		295		
I _{IN_NL}	空载时的输入电流	V _{IN} = 9V , I _{VDD} =I _{VEE} = 0mA		55		mA
		V _{IN} = 12V , I _{VDD} =I _{VEE} = 0mA		42		
		V _{IN} = 18V , I _{VDD} =I _{VEE} = 0mA		40		
I _{IN_OFF}	EN 为低电平时的输入电流	EN 低电平 , VDD = VEE = 0 V		500	600	μA
EN 到 /PG 延迟		I _{VDD} =I _{VEE} = 0mA		4	5	ms
输出特性						
VDD-VEE	直流满载设定点	10V<V _{IN} <14V , I _{VDD} = 68mA	21.5	22	22.5	V
I _{VDD}	VDD 负载电流范围	10 V < V _{IN} < 14 V	0		68	mA
VDD%LD	负载调整率	$VDD_{REG} = \left[\frac{V_{I(min)} - V_{I(max)}}{V_{I(max)}} \right] \times 100\%$ V _{IN} =12V , 0mA ≤ I _{VDD} ≤ 68mA		0.5		%
VDD%LN	线性调整率	$VDD_{REG} = \left[\frac{V_{I(min)} - V_{I(max)}}{V_{I(max)}} \right] \times 100\%$ I _{VDD} =68mA , 10V ≤ V _{IN} ≤ 14V		0.1		%
VDD _{AC}	pk-to-pk 交流纹波	I _{VDD} = 68 mA		240	290	mV
VDD _{SS}	软启动	I _{VDD} = I _{VEE} = 0mA		1.8		ms
P _{MAX}	最大输出功率	I _{VDD} = 109mA , I _{VEE} = 10mA		1.5	2	W
VEE-COM	直流满载设定点	9V ≤ V _{IN} ≤ 18V , I _{VEE} = 10mA	-3.992		-4.008	V
I _{VEE}	VEE 负载电流范围	10 V ≤ V _{IN} ≤ 14 V	0		35	mA
VEE _{AC}	pk-to-pk 交流纹波	I _{VEE} = 35 mA		100	120	mV
系统特点						
η 100%	满负载效率	I _{VDD} = 68 mA		41		%
η 50%	半负载效率	I _{VDD} = 34 mA		36		%
F _{SW}	开关频率 ⁽¹⁾	V _{IN} = 10V , 0mA < I _{VDD} < 68mA		20		MHz
		V _{IN} = 12V , 0mA < I _{VDD} < 68mA		16		
		V _{IN} = 14V , 0mA < I _{VDD} < 68mA		13		
VDD _(OCL)	VDD 过流限制	I _{VDD} > 110 mA		112	117	mA
VEE _(OCL)	VEE 过流限制	I _{VEE} > 30 mA		35	42	mA
T _{MAX}	高于环境温度的最大温升	I _{VDD} = 68mA , I _{VEE} = 20mA		60	65	°C

(1) 开关频率指定为初级侧开关频率。次级侧是初级侧的 2 倍

3 原理图

图 3-1 显示了 EVM 电气原理图。C4 特意未组装，如次级侧的红色 X 所示，直接放置在元件上方。

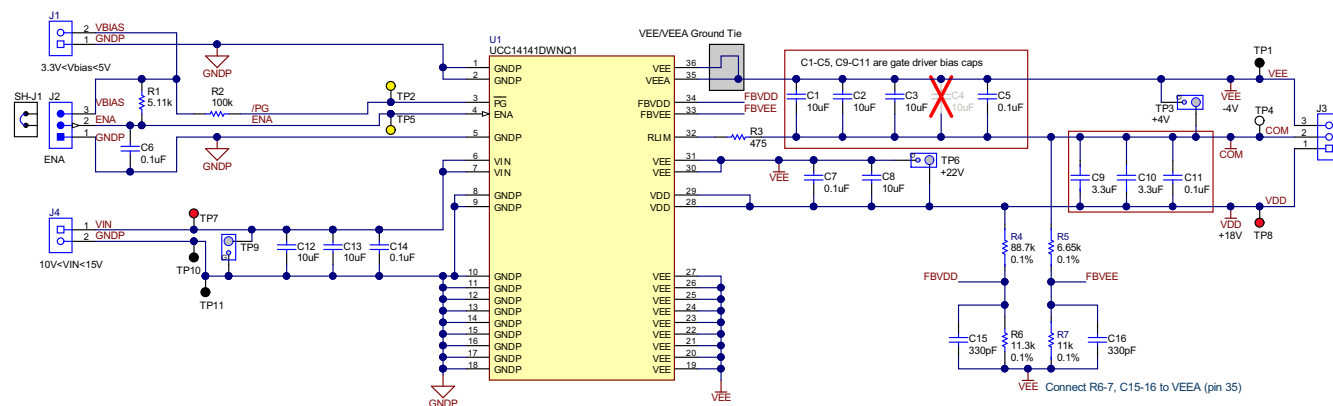


图 3-1. UCC14141EVM-068 原理图

4 EVM 设置和操作

4.1 建议测试设备

- V_{BIAS} ：直流电源 1 : 5 V/10 mA
- V_{IN} ：直流电源：20 V/500 mA
- I_{VDD} ：电子负载或固定电阻器：25 V/200 mA
- I_{VEE} ：电子负载或固定电阻器：5 V/50 mA
- (3) DVM 测量的直流电压 < 30V (V3 输入必须是电池供电的 DVM)
- (3) DVM 在 I_{VDD} 、 I_{VEE} 上测量的直流电流 < 200 mA，在 I_{VIN} 上测量的直流电流 < 300 mA
- 示波器：4 通道，500MHz 或更高，电压探头，电流探头
- 最小线规 20AWG 至 22AWG 或更大
- 热像仪 (可选) 或热电偶测量 U1 外壳温度

4.2 通过外部连接轻松进行评估

UCC14141EVM-068 EVM 使用螺纹接线端子快速连接到 V_{IN} 、VDD 和 VEE 引脚。连接适当的电流表和电压表，如图 4-1 所示，以便可以进行准确的 EVM 效率测量。

连接测试设备

1. 将跳线 SH-J1 移至 J2:1-2，EN OFF 位置。这可确保在连接测试设备时 EVM 无法启动。
2. 将 +5V 直流辅助电源连接至 J1:1-2 (+3.3V 至 +5V)。将电源设置为 0V。J1 上的 +5V 电源用作 /PG 和 ENA 的上拉偏置。关闭/禁用 +5V 直流辅助电源。
3. 在 J4:1-2 (V_{IN}) 连接能够提供 $8\text{ V} < V_{IN} < 18\text{ V}$ 电压和 300 mA 电流的 V_{IN} 直流电源。将电源调整为 12 V，并将电流限值设置为 300mA。将电源电压设置为 12 V。关闭/禁用 V_{IN} 电源。
4. 在 J3:1 (VDD) 和 J3:3 (VEE) 之间连接一个可变负载。如果使用电子负载，则设置为恒定电流 (CC) 68 mA。在 EVM 通电之前，将负载保持为禁用状态。
5. 在 J3:2 (COM) 和 J3:3 (VEE) 之间连接第二个负载。如果使用电子负载，则设置为恒定电流 (CC) 10mA。在 EVM 通电之前，将负载保持为禁用状态。由于所需的负载较小，因此可以在 J3:2-3 之间连接一个 250mW、400Ω 的穿孔负载电阻器。
6. 当设置在低 mA 范围内时，某些电子负载无法调节/稳定 CC。通过插入电流表 A1-A3 来监测输入电流和负载电流，如图 4-1 所示。将电流探头与示波器结合使用，以验证由电子负载调节的直流电流的稳定性。

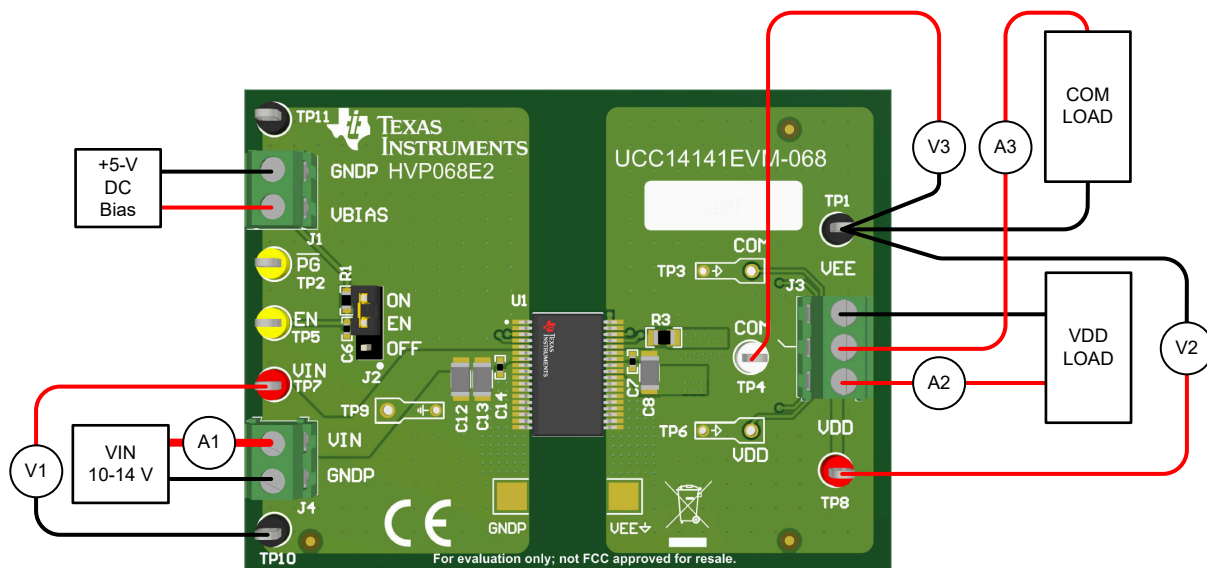


图 4-1. 典型效率测量设置

4.3 为 EVM 供电



WARNING

- 表面高温。接触会导致烫伤。U1 封装表面温度可达到环境温度以上 45°C。请勿触摸！
- 除非您受过功率电子产品安全、处理和测试方面的适当培训，否则不要测试此 EVM。

4.3.1 加电以便启动

1. 验证 V_{IN} 和 +5V 直流辅助电源是否关闭/禁用，并且未向 UUT 施加电压
2. 将 EN 短接跳线 SH-J1 移至 J2:2-3 EN ON 位置
3. 打开 V_{IN} 直流电源。验证 TP7 至 TP10 是否存在 12V 电压
4. 验证 VDD 和 VEE 上的负载是否已禁用
5. 打开 +5V 直流辅助电源。现在，EVM 在无负载条件下通过调节中的 VDD 和 VEE 启用。
6. 验证 VDD-VEE 上是否存在 22V 电压，COM-VEE 上是否存在 4V 电压
7. 在 VDD-VEE 上启用 68mA 负载，在 COM-VEE 上启用 10mA 负载
8. UCC14141-Q1 现在正在调节 VDD 和 VEE 并处理约 1.5W 的隔离式输出功率
9. V_{IN} 在 11 V < V_{IN} < 14 V 之间变化， I_{VDD} 在 0mA < I_{VDD} < 68 mA 之间变化， I_{VEE} 在 0mA < I_{VEE} < 30 mA 之间变化。
10. 将示波器探头插入 TP9、TP6 和 TP3，以测量 V_{IN} 、VDD 和 VEE 启动、稳态和交流纹波电压

4.3.2 断电以便关断

1. 将 EN 短接跳线 SH-1 移至 J2:1-2 EN OFF 位置
2. 关闭 +5V 直流辅助电源。
3. 禁用 I_{VDD} 负载
4. 禁用 I_{VEE} 负载
5. 关闭 V_{IN} 电源

4.4 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 and 电线连接至图 4-1 中所示的实验室测试设备。注意保持初级侧 GNDP 和次级侧 VEE 之间的隔离。不能使初级侧测试点通过不正确的测试设备插入来以 VEE 为基准。同样，也不能使次级侧测试点通过不正确的测试设备插入来以 GNDP 为基准。

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	单位
J1	I	绿色	VBIAS、EN 和 /PG 偏置	3	V _{BIAS}	5	V
J2:1-2	I	绿色	EN，关闭		0		V
J2:2-3	I	黑色	EN，开启		V _{BIAS}		V
J3:1-3	O	绿色	次级侧 VDD 至 VEE	18		25	V
J3:2-3	O	绿色	次级侧 COM 至 VEE	0		5	V
J4	I	绿色	V _{IN} ，初级输入电压	8	12	18	V
TP1	TP	黑色	VEE，次级侧基准		0		V
TP2	TP	黄色	/PG，电源正常测试点		V _{BIAS}		V
TP3	TP	PCB	COM 至 VEE，次级 COM 示波器探测点	0		5	V
TP4	TP	白色	COM 至 VEE，次级 COM 输出中点	0		5	V
TP5	TP	黄色	EN，启用测试点		V _{BIAS}		V
TP6	TP	PCB	VDD 至 VEE，次级 VDD 示波器探测点	18		25	V
TP7	TP	红色	V _{IN} ，正探测点	8	12	18	V
TP8	TP	红色	VDD，次级 VDD 测试点	15		25	V
TP9	TP	PCB	V _{IN} 至 GNDP 示波器探测点	8	12	18	V
TP10	TP	黑色	GNDP，共享初级 GND 测试点		0		V
TP11	TP	黑色	GNDP，共享初级 GND 测试点		0		V

4.5 探测 EVM

使用 TP3、TP6 和 TP9 示波器探头 PCB 测试点：UCC14141-Q1 是一款高频直流/直流模块，需要通过仔细测量来准确地捕获瞬态事件和测量高频交流纹波电压。从示波器探头上拆下“尖顶帽”（探头尖端盖）和接地引线。如果未提供示波器探头接地弹簧，请将一根 22AWG 裸线缠绕在示波器探头接地环上，或者使用合适的接地弹簧，然后将探头尖端和接地环插入 EVM，如图 4-2 所示。

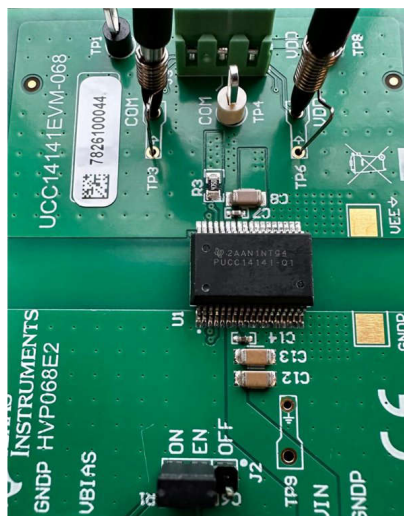


图 4-2. UCC14141EVM-068，PCB 示波器探头测试点

EVM 输出命名规则 (VDD、VEE、COM) 与隔离式栅极驱动器 IC 的常用名称相对应。如图 3-1 所示，TP4 (COM) 是电容分压器的中点，用于连接到隔离式栅极驱动器 IC 的 COM 引脚。当 UCC14141-Q1 用于为栅极驱动器 IC 提供辅助电源时，VDD (VDD-COM) 和 VEE (VEE-COM) 是相对于 COM 而言的。因此，COM 不被视为栅极驱动器 IC 的虚拟 GND。由于电容分压器的中点对电荷不平衡很敏感，因此在探测 EVM 时，不要将任何以地为基准的测试设备连接到 TP4 (COM)。电池供电的 DVM 可用于测量相对于 COM 的 VEE。在将 EVM 作为独立偏置电源进行测试时，次级侧输出的示波器探测限制为 TP3 和 TP6，它们以 VEE 为基准。这意味着 VDD 会显示 $VDD + |VEE|$ 的示波器测量值，VEE 会显示 $|VEE|$ 。将任何以地为基准的测试设备连接到 COM 会导致错误但安全的过流情况，从而使 VDD 和 VEE 在轻负载运行期间无意中脱离稳压状态。

5 性能数据

除非另有说明，否则使用电子负载收集的所有性能数据和波形均设置为恒流。

5.1 效率数据

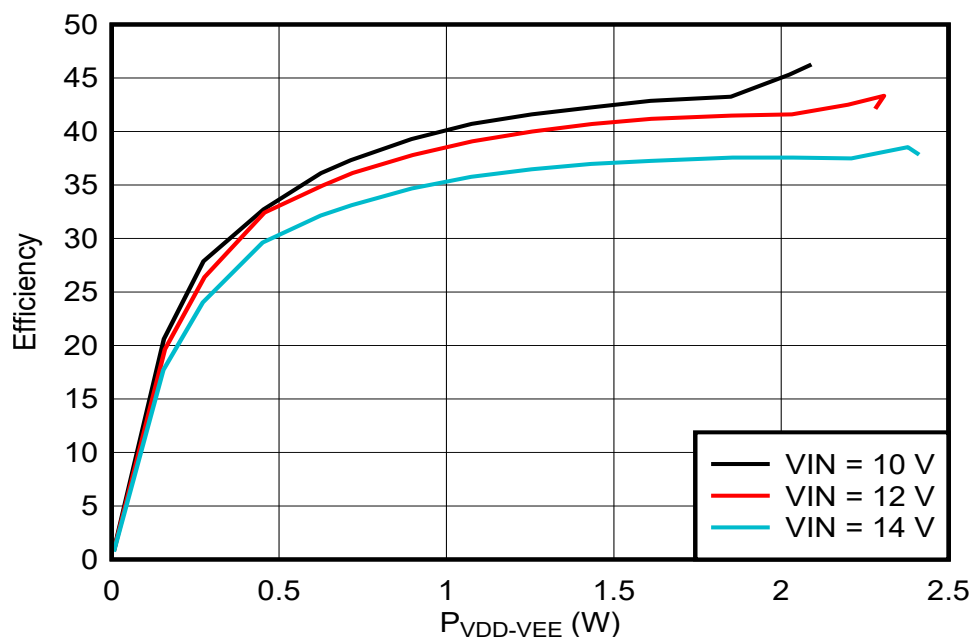


图 5-1. 测量的效率，仅限 VDD-VEE 负载

表 5-1. 效率测试数据 ($V_{IN} = 10V$)

VIN (V)	IIN (mA)	VDD-VEE (V)	I _{VDD-VEE} (mA)	VDD-COM (V)	VEE-COM (V)	PIN (W)	P _{VDD-VEE} (W)	效率 (%)
10.08	47.95	22.20	0.00	18.16	-4.04	0.48	0.00	0.00
10.01	75.62	22.17	7.04	18.14	-4.04	0.76	0.16	20.60
10.04	97.95	22.17	12.36	18.14	-4.03	0.98	0.27	27.87
10.03	138.16	22.15	20.47	18.12	-4.04	1.39	0.45	32.73
10.03	172.69	22.14	28.24	18.10	-4.04	1.73	0.63	36.11
10.03	190.91	22.14	32.27	18.10	-4.04	1.91	0.71	37.31
10.03	227.35	22.13	40.48	18.08	-4.04	2.28	0.90	39.29
10.03	263.35	22.12	48.61	18.07	-4.04	2.64	1.08	40.71
10.03	300.76	22.11	56.75	18.06	-4.04	3.02	1.25	41.60
10.03	338.28	22.09	64.86	18.05	-4.04	3.39	1.43	42.25
10.03	374.47	22.08	72.89	18.04	-4.04	3.75	1.61	42.86
10.03	426.46	22.02	84.01	17.98	-4.03	4.28	1.85	43.25
10.03	445.56	21.93	92.31	17.91	-4.02	4.47	2.02	45.32
10.03	450.59	21.69	96.38	17.51	-4.02	4.52	2.09	46.27

表 5-2. 效率测试数据 (VIN = 12 V)

VIN (V)	IIN (mA)	VDD-VEE (V)	I _{VDD-VEE} (mA)	VDD-COM (V)	VEE-COM (V)	PIN (W)	P _{VDD-VEE} (W)	效率 (%)
12.05	41.72	22.21	0.00	18.17	-4.04	0.50	0.00	0.00
12.04	67.17	22.18	7.17	18.14	-4.04	0.81	0.16	19.65
12.02	87.38	22.17	12.50	18.14	-4.03	1.05	0.28	26.39
12.02	117.06	22.16	20.58	18.13	-4.04	1.41	0.46	32.41
12.02	149.87	22.15	28.42	18.11	-4.04	1.80	0.63	34.95
12.02	165.82	22.14	32.51	18.10	-4.04	1.99	0.72	36.12
12.02	197.88	22.13	40.62	18.09	-4.04	2.38	0.90	37.81
12.02	229.41	22.12	48.71	18.08	-4.04	2.76	1.08	39.09
12.02	261.42	22.12	56.82	18.07	-4.04	3.14	1.26	40.00
12.02	293.25	22.11	64.88	18.06	-4.04	3.52	1.43	40.70
12.02	325.67	22.09	72.96	18.05	-4.04	3.91	1.61	41.18
12.02	371.38	22.07	83.90	18.03	-4.04	4.46	1.85	41.49
12.02	406.47	22.04	92.21	18.00	-4.04	4.88	2.03	41.60
12.02	430.64	21.95	100.21	17.93	-4.02	5.18	2.20	42.51
12.02	443.01	21.31	108.28	17.29	-4.02	5.32	2.31	43.34
12.02	450.64	20.33	112.19	16.26	-4.02	5.42	2.28	42.12

表 5-3. 效率测试数据 (VIN = 14 V)

VIN (V)	IIN (mA)	VDD-VEE (V)	I _{VDD-VEE} (mA)	VDD-COM (V)	VEE-COM (V)	PIN (W)	P _{VDD-VEE} (W)	效率 (%)
14.07	39.11	22.22	0.00	18.18	-4.04	0.55	0.00	0.00
14.05	61.96	22.19	6.95	18.16	-4.04	0.87	0.15	17.71
14.03	80.76	22.18	12.27	18.14	-4.04	1.13	0.27	24.03
14.02	108.55	22.17	20.34	18.13	-4.03	1.52	0.45	29.63
14.02	138.50	22.16	28.17	18.12	-4.04	1.94	0.62	32.15
14.02	154.38	22.15	32.35	18.11	-4.04	2.16	0.72	33.11
14.02	184.35	22.14	40.47	18.10	-4.04	2.58	0.90	34.67
14.02	214.16	22.13	48.51	18.09	-4.04	3.00	1.07	35.76
14.02	245.28	22.12	56.68	18.08	-4.04	3.44	1.25	36.47
14.02	276.21	22.11	64.74	18.07	-4.04	3.87	1.43	36.97
14.02	308.21	22.10	72.84	18.06	-4.04	4.32	1.61	37.26
14.02	352.16	22.08	83.98	18.04	-4.04	4.94	1.85	37.56
14.02	386.48	22.07	92.23	18.02	-4.04	5.42	2.04	37.56
14.02	420.41	22.03	100.31	17.99	-4.03	5.89	2.21	37.49
14.02	440.28	21.94	108.38	17.92	-4.02	6.17	2.38	38.53
14.02	454.78	20.70	116.51	16.59	-4.02	6.38	2.41	37.84

5.2 调节数据

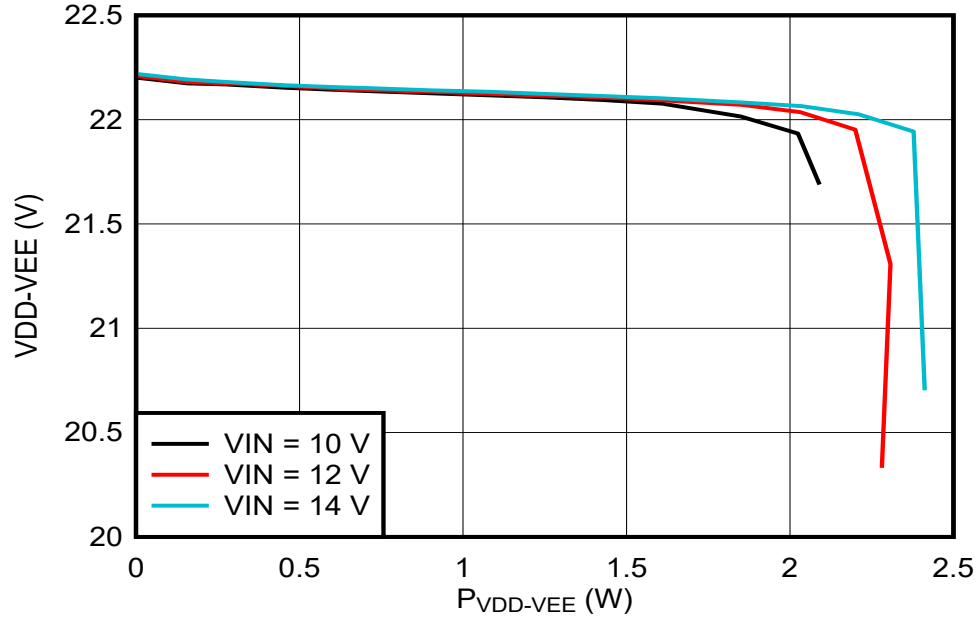


图 5-2. 调节与功率间的关系，仅 VDD-VEE 负载

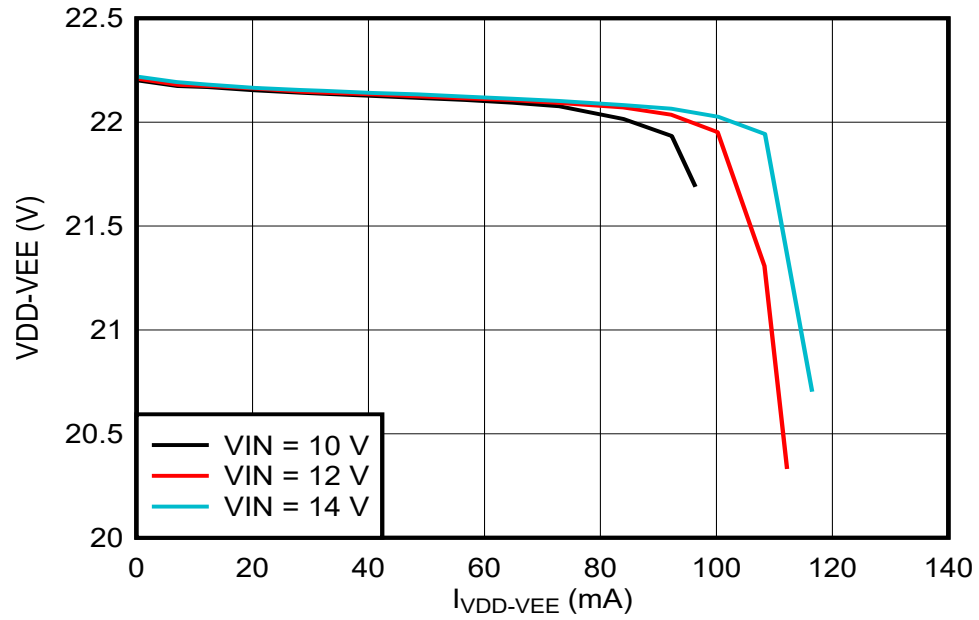


图 5-3. 调节与电流间的关系，仅 VDD-VEE 负载

5.3 稳态输入电流

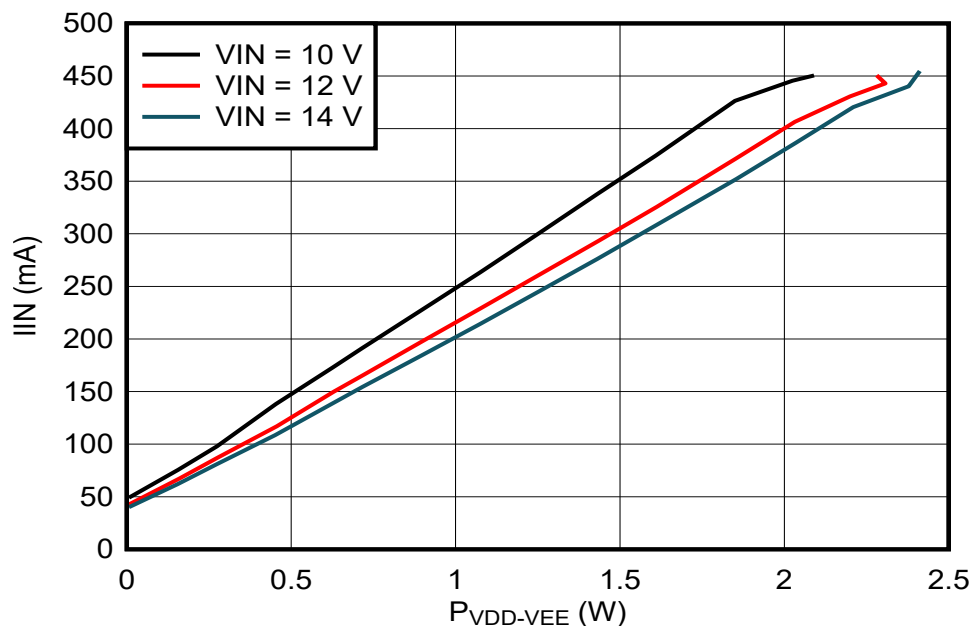


图 5-4. 输入电流与功率间的关系，仅限 VDD-VEE 负载

5.4 启动波形

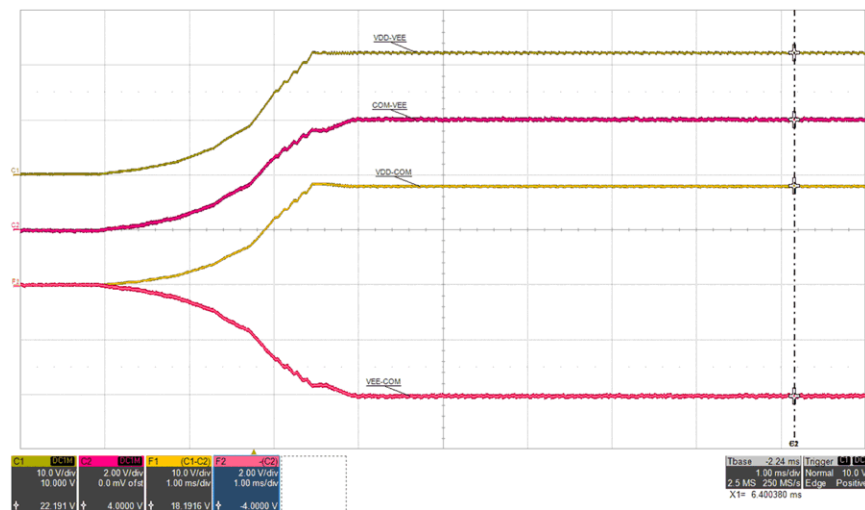


图 5-5. 启动 1 : $V_{IN}=12$ V, $I_{VDD-VEE}=0$ mA (顶部 : VDD-VEE, 10V/div, mid-1 : COM-VEE, 2V/div, mid-2 : VDD-COM, 10V/div, 底部 : VEE-COM, 2V/div), 时间 = 1ms/div

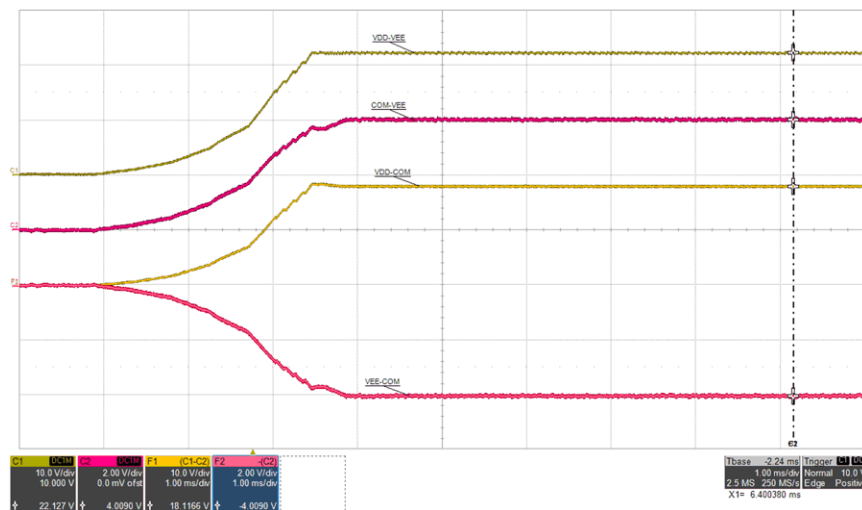


图 5-6. 启动 2 : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=68mA$ (顶部 : VDD-VEE , 10V/div , mid-1 : COM-VEE , 2V/div , mid-2 : VDD-COM , 10V/div , 底部 : VEE-COM , 2V/div) , 时间 = 1ms/div

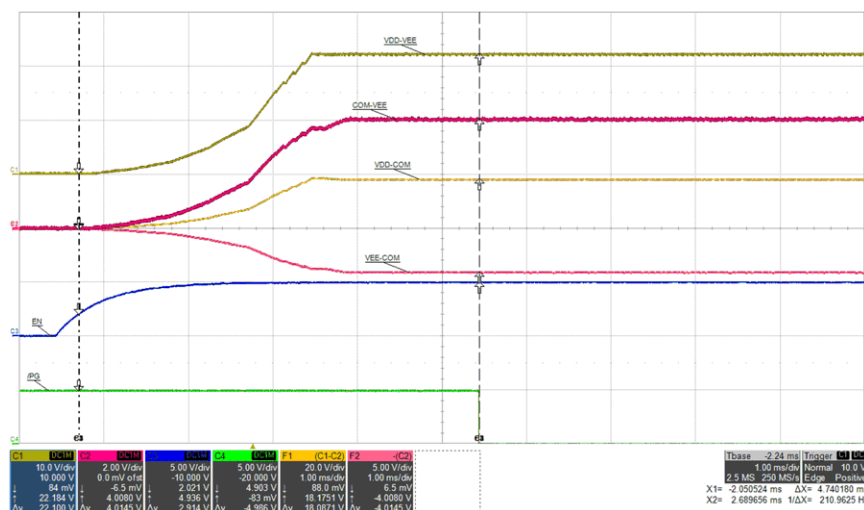


图 5-7. 启动 3 : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=68mA$ (顶部 : VDD-VEE , 10V/div , mid-1 : COM-VEE , 2V/div , mid-2 : VDD-COM , 20V/div , mid-3 : VEE-COM , 5V/div , mid-4 : EN , 5V/div , 底部 : /PG , 5V/div) , 时间 = 1ms/div

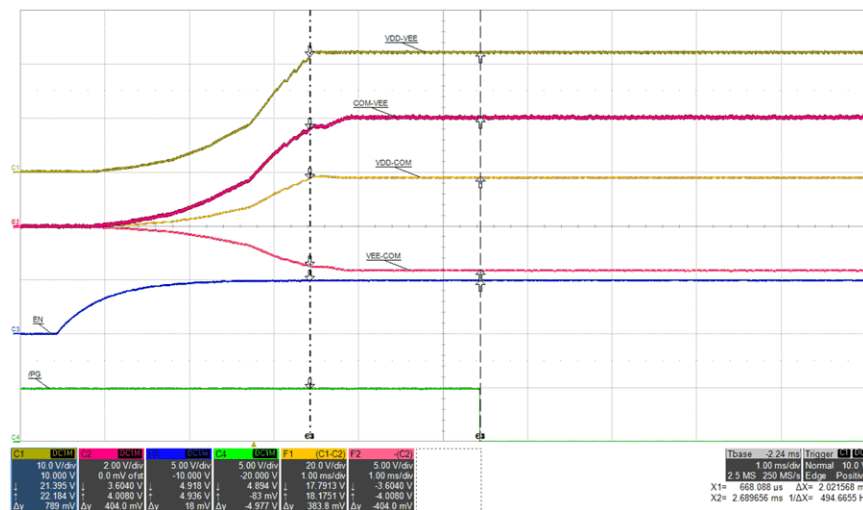


图 5-8. 启动 4 : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=68mA$ (顶部 : $VDD-VEE$, 10V/div , mid-1 : $COM-VEE$, 2V/div , mid-2 : $VDD-COM$, 20V/div , mid-3 : $VEE-COM$, 5V/div , mid-4 : EN , 5V/div , 底部 : $/PG$, 5V/div) , 时间 = 1ms/div

5.5 浪涌电流

在施加 V_{IN} 并切换 EN 引脚的情况下进行浪涌电流测量。这可确保输入电容器预偏置到 V_{IN} , 对测得的浪涌电流的影响可以忽略不计。浪涌电流的测量方法是将电流探头连接到输入电源电压与 EVM ($J4$ 端子块) 之间的正连接电缆。

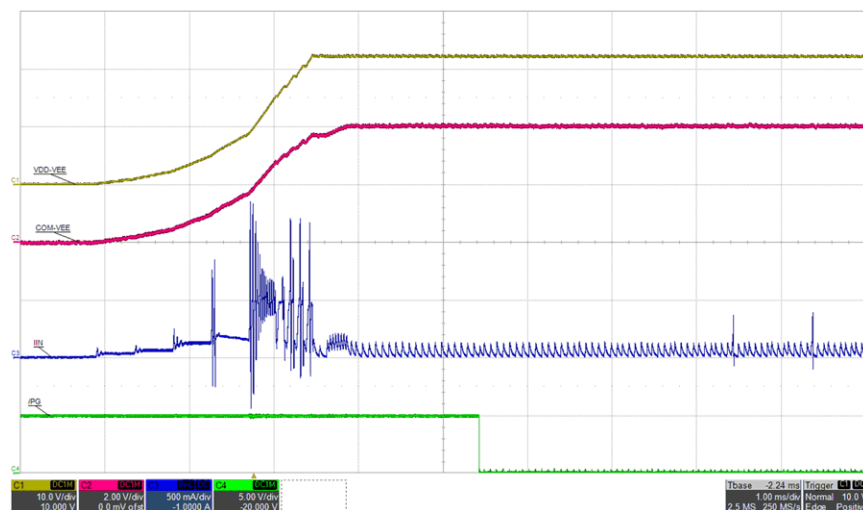


图 5-9. 浪涌电流 : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=68mA$ (顶部 : $VDD-VEE$, 10V/div , mid-1 : $COM-VEE$, 2V/div , mid-2 : IIN , 0.5A/div , 底部 : $/PG$, 5V/div) , 时间 = 1ms/div

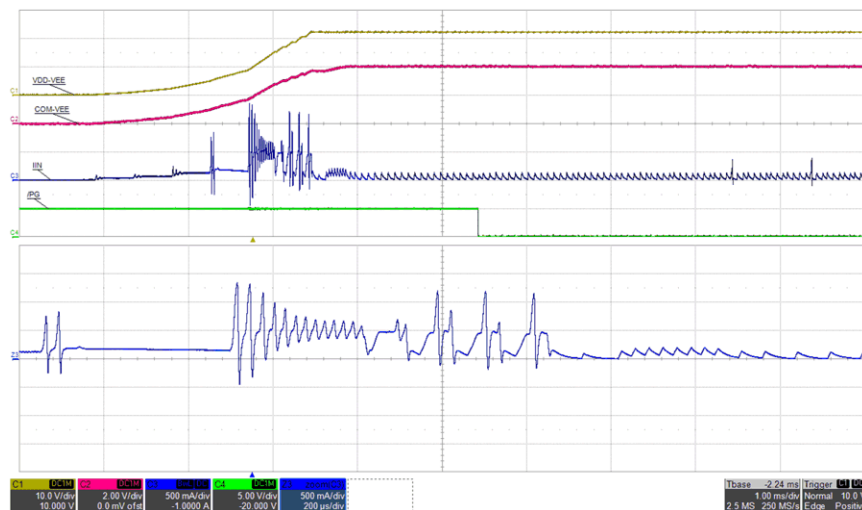


图 5-10. 浪涌电流：VIN=12V， $I_{VDD-VEE}$ =68mA (顶部：VDD-VEE，10V/div，mid-1：COM-VEE，2V/div，mid-2：IIN，0.5A/div，底部：/PG，5V/div)，时间 = 1ms/div，time_zoom=200µs/div

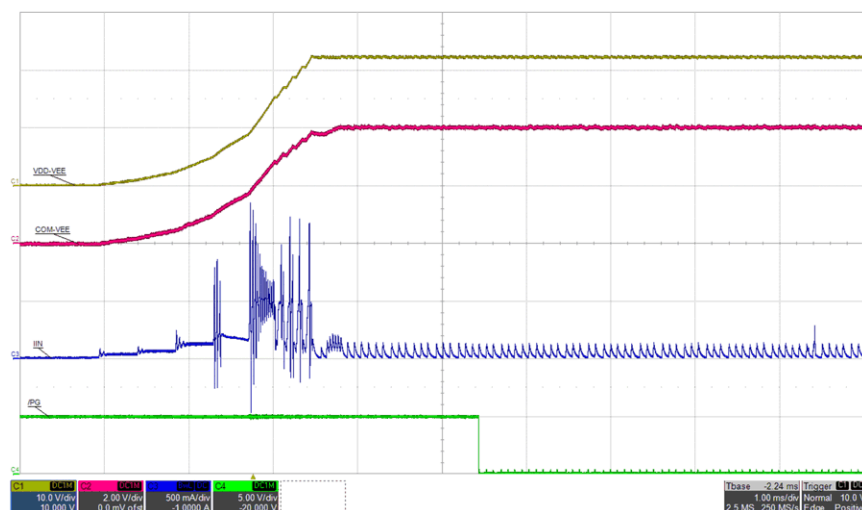


图 5-11. 浪涌电流：VIN=12V， $I_{VDD-VEE}$ =0mA (顶部：VDD-VEE，10V/div，mid-1：COM-VEE，2V/div，mid-2：IIN，0.5A/div，底部：/PG，5V/div)，时间 = 1ms/div

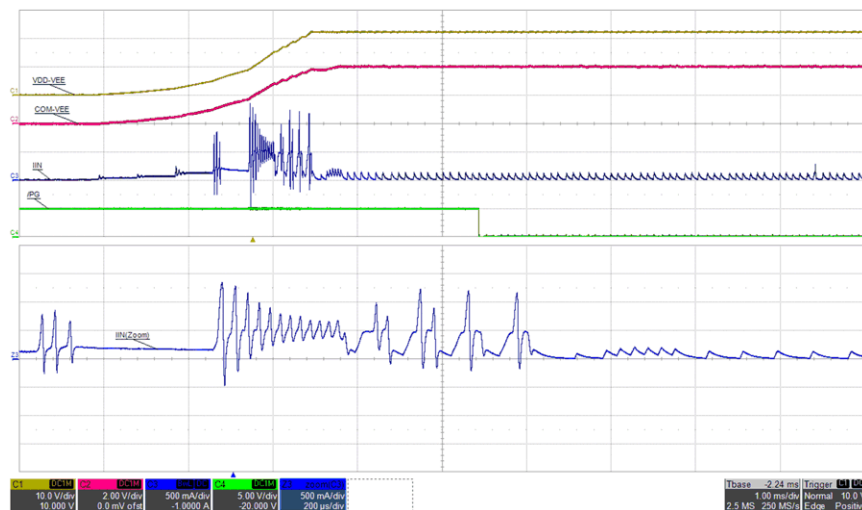


图 5-12. 浪涌电流：VIN=12V， $I_{VDD-VEE}$ =68mA（顶部：VDD-VEE，10V/div，mid-1：COM-VEE，2V/div，mid-2：IIN，0.5A/div，底部：/PG，5V/div），时间 = 1ms/div，time_zoom=200 μ s/div

5.6 交流纹波电压

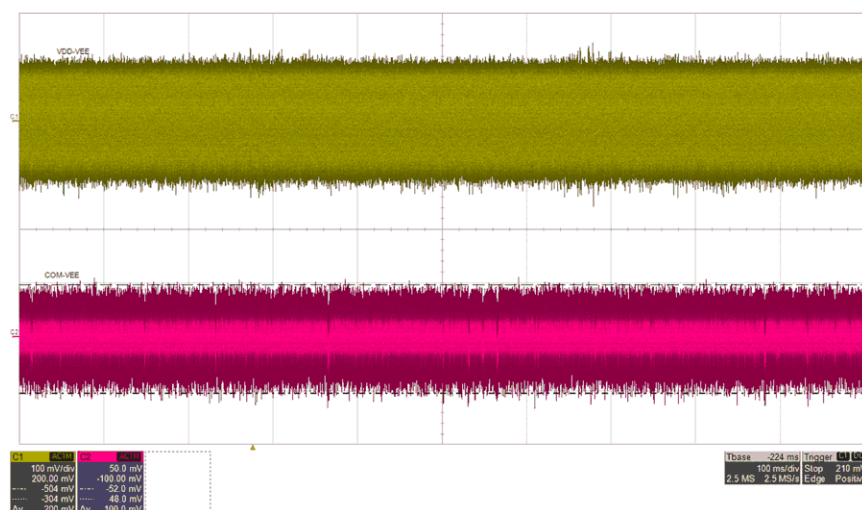


图 5-13. V_{DDAC} =240mV， V_{EEAC} =100mV， I_{VDD} =68mA， I_{VEE} =30mA（顶部：VDD-VEE，100mV/div，底部：COM-VEE，50mV/div），时间 = 100ms/div

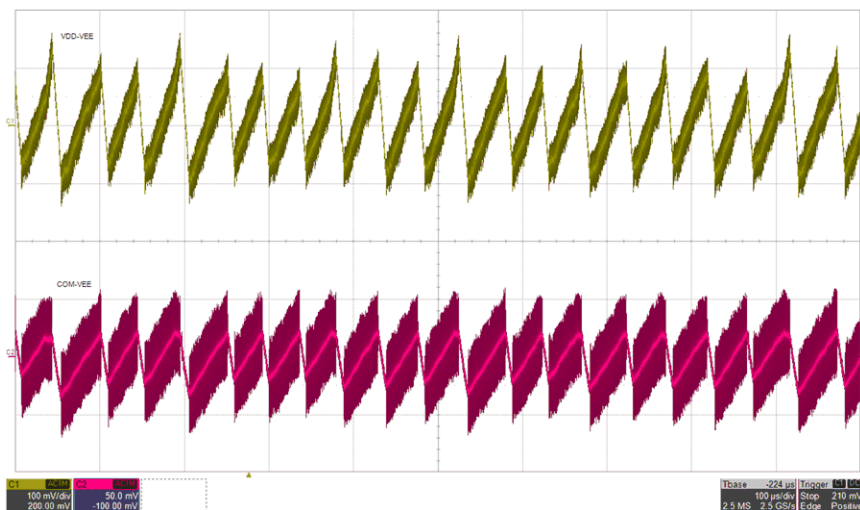


图 5-14. 交流纹波 : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD}=68mA$, $I_{VEE}=30mA$ (顶部 : $VDD-VEE$, $100mV/div$, 底部 : $COM-VEE$, $50mV/div$) , 时间 = $100\mu s/div$

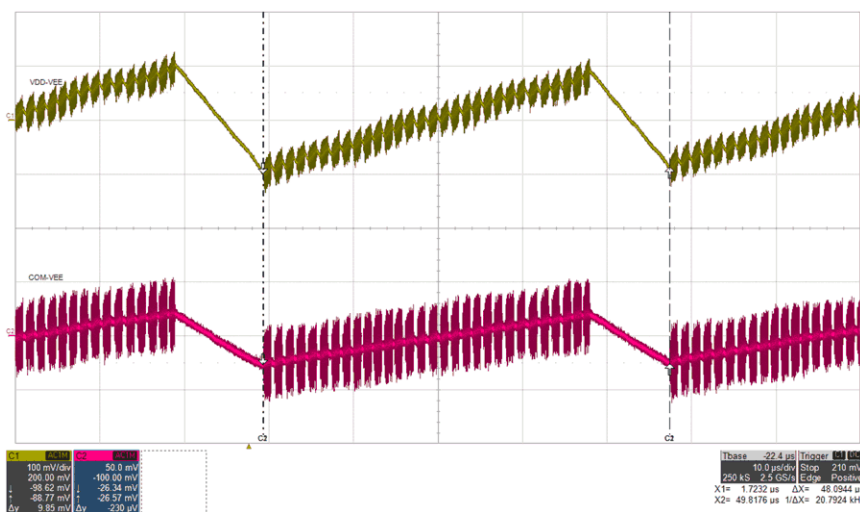


图 5-15. 交流纹波 : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD}=68mA$, $I_{VEE}=30mA$, $F_{MOD}=20.8kHz$ (顶部 : $VDD-VEE$, $100mV/div$, 底部 : $COM-VEE$, $50mV/div$) , 时间 = $10\mu s/div$

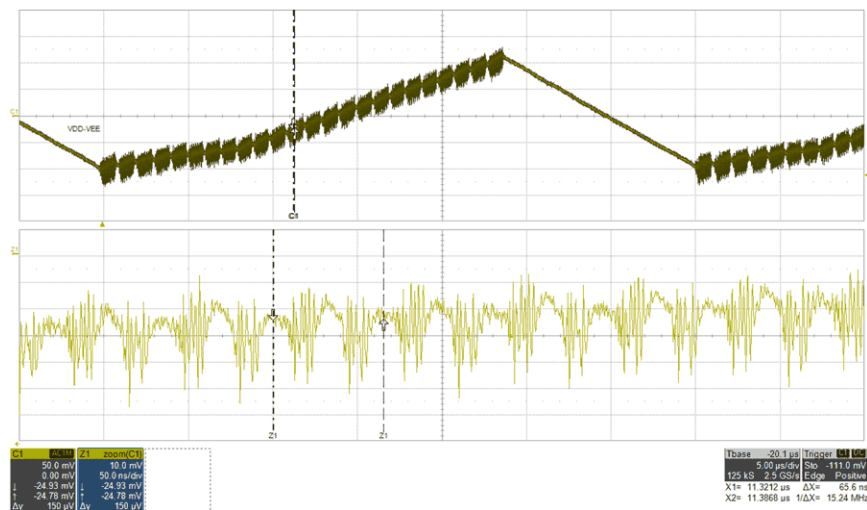


图 5-16. 交流纹波 : VIN=12V , IVDD=68mA , FSW(PRI)=15.24kHz (VDD-VEE , 50mV/div , 缩放 : VDD-VEE , 10mV/div) , 时间 = 5µs/div , time_zoom=50ns/div

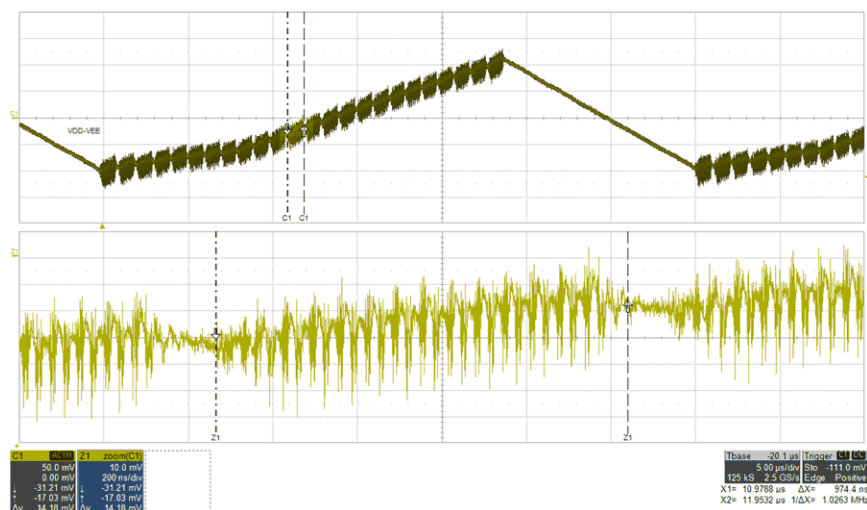


图 5-17. 交流纹波 : VIN=12V , IVDD=68mA , FBURST=1MHz (VDD-VEE , 50mV/div , 缩放 : VDD-VEE , 10mV/div) , 时间 = 5µs/div , time_zoom=200ns/div

5.7 EN 至 /PG 时序

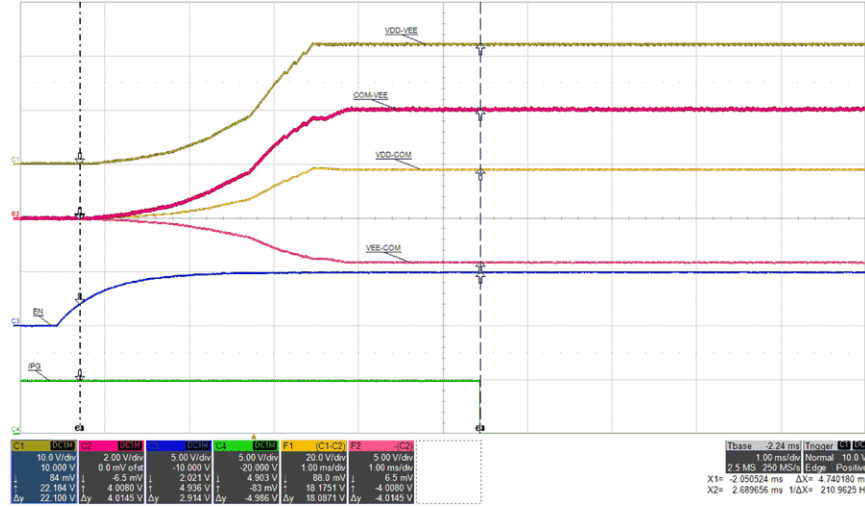


图 5-18. ENA 至 /PG 延迟, 4.7ms, $I_{VDD-VEE}=68\text{ mA}$, (顶部 : VDD-VEE, 10V/div, mid1 : COM-VEE, 2V/div, mid2 : VDD-COM, 20V/div, mid3 : VEE-COM, 5V/div, mid4 : EN, 5V/div, 底部 : /PG, 5V/div), 时间 = 1ms/div

5.8 RLIM

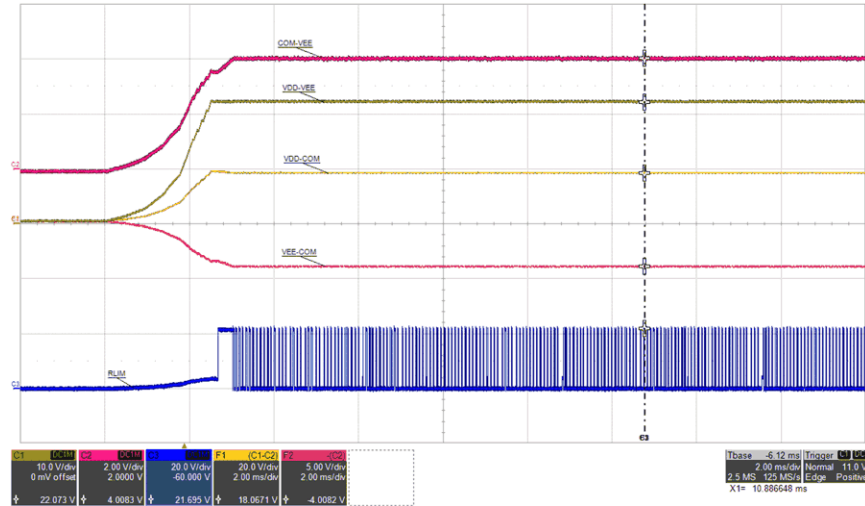


图 5-19. RLIM : $V_{IN}=12\text{ V}$, $I_{VDD-VEE}=0\text{ mA}$ (顶部 : COM-VEE, 2V/div, mid-1 : VDD-VEE, 10V/div, mid-2 : VDD-COM, 20V/div, mid-3 : VEE-COM, 5V/div, 底部 : RLIM, 20V/div), 时间 = 2ms/div

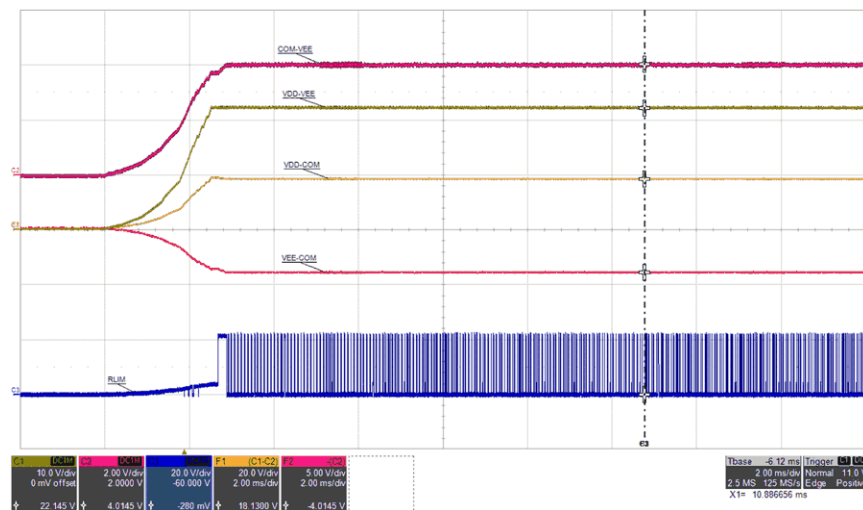


图 5-20. RLIM : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=68mA$ (顶部 : COM-VEE , 2V/div , mid-1 : VDD-VEE , 10V/div , mid-2 : VDD-COM , 20V/div , mid-3 : VEE-COM , 5V/div , 底部 : RLIM , 20V/div) , 时间 = 2ms/div

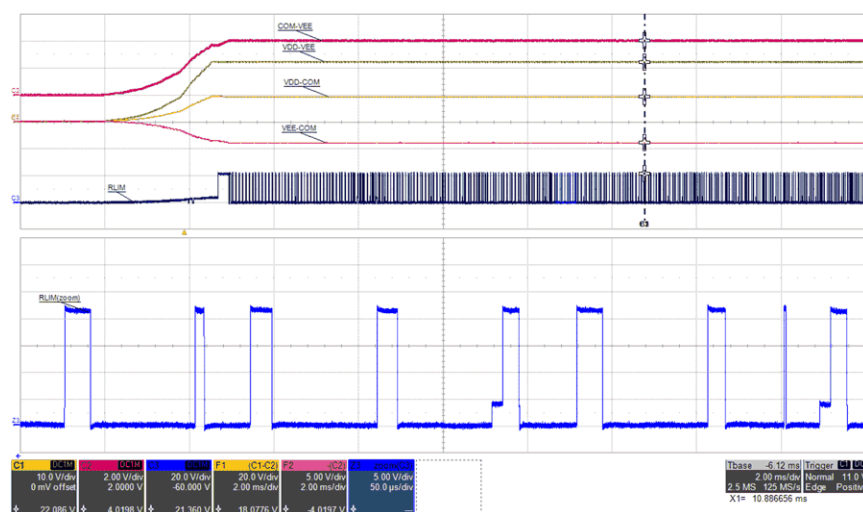


图 5-21. RLIM : $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=68mA$ (顶部 : COM-VEE , 2V/div , mid-1 : VDD-VEE , 10V/div , mid-2 : VDD-COM , 20V/div , mid-3 : VEE-COM , 5V/div , 底部 : RLIM , 20V/div , 缩放 : RLIM , 5V/div) , 时间 = 10ms/div , time_zoom = 50μs/div

5.9 故障保护

5.9.1 输出 UVLO

图 5-22 显示了启动时偏置负载不匹配 (即 VEE-COM 上的负载大于 VEE-COM 上的负载) 产生的影响。在 VDD-COM 空载时, 向 VEE-COM 施加 51.1Ω (大概 313mW) 的固定电阻过载。按照预期, VDD-VEE 调节为 22V , 但 VDD-COM 的测量值为 21V (需为 18V), VEE-COM 的测量值为 2V (需为 4V)。由于 VDD-COM 不是通过反馈直接监测, 因此即使测得的电压比目标值高 17% , 也不会触发过压保护 (OVP)。此外, 由于 VEE-COM 过载, 稳压电压仅达到 2V , 比目标设定值 4V 低 50% , 因此会触发 VEE-COM UVLO。RLIM 在内部切换至 VDD (22V), 并尝试通过将电流拉入电容器中点 COM 接头来克服不平衡。在 28.4ms (内部看门狗计时器定义的软启动时间) 之前, FBVDD 和 FBVEE 必须都在其目标设定值的 90% 至 110% 之间。启用 28.4ms 看门狗计时器 UVLO 故障保护功能, 以便保护 UCC14141-Q1 免受输出短路或软过载情况的影响。触发 UVLO 故障后, RLIM 会在内部切换到 VEE, 从而帮助对输出进行放电。如图 5-22 中所示, 在激活时, 输出锁存到受保护状态。必须对 EN 或 VIN 进行下电上电操作, 以便清除 UVLO 故障并尝试重新启动模块。

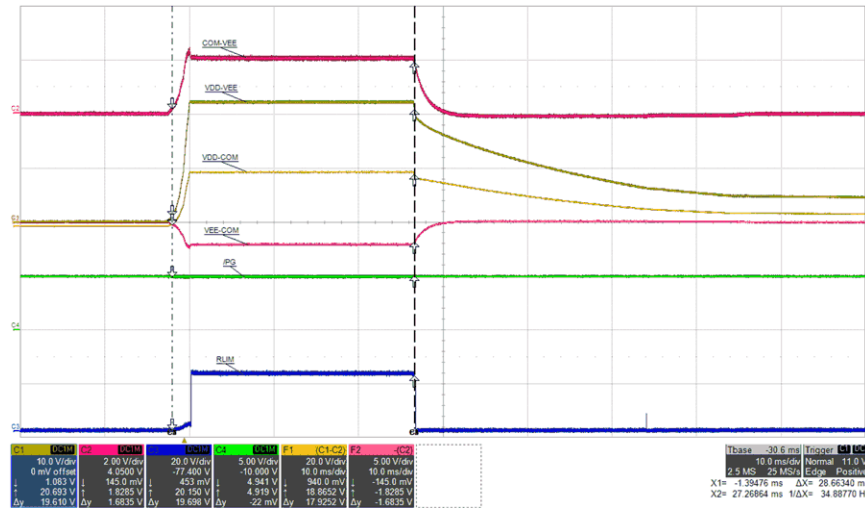


图 5-22. 输出 UVLO, PVDD=0mW, PVEE=313mW, (顶部: COM-VEE, 2V/div, mid1: VDD-VEE, 10V/div, mid2: VDD-COM, 20V/div, mid3: VEE-COM, 5V/div, 底部: RLIM, 20V/div), 时间 = 10ms/div

5.9.2 输出 OVP

图 5-23 显示了启动时偏置负载不匹配 (即 VDD-COM 上的负载大于 VEE-COM 上的负载) 产生的影响。在 VEE-COM 空载时, 向 VDD-COM 施加 1k Ω (324mW) 的固定电阻负载。按照预期, VDD-VEE 调节为 22V, 但 VDD-COM 的测量值为 16.8V (18V 设定值), VEE-COM 的测量值为 5.2V (4V 设定值)。COM-VEE 由 FBVEE 直接监测, 并且已经超过设定目标值的 110%, 无论 28.4ms 看门狗计时器如何, 都会触发 OVP 并锁存两个输出。当 FBVEE 检测到稳定电压超过设定的目标值时, RLIM 在内部切换为 VEE, 从电容器中点 COM 接头灌入电流。如图 5-23 中所示, 在激活时, 输出锁存到受保护状态。必须对 EN 或 VIN 进行下电上电操作, 以便清除 OVP 故障并尝试重新启动模块。

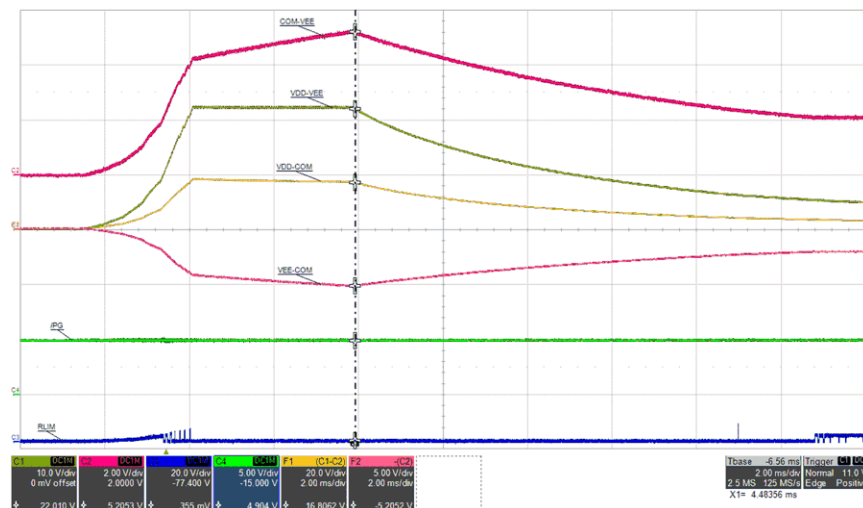


图 5-23. VEE OVP, VIN=12V, PVDD=324mW, PVEE=0mW (顶部 : COM-VEE, 2V/div, mid1 : VDD-VEE, 10V/div, mid2 : VDD-COM, 20V/div, mid3 : VEE-COM, 5V/div, mid4 : /PG, 5V/div, 底部 : RLIM, 20V/div), 时间 = 2ms/div

图 5-24 显示, 向 VDD-COM 施加了与图 5-23 相同的 1k Ω (324mW) 固定电阻负载, 但 VEE-COM 上的负载已从 0mW 增加到 106mW (150 Ω)。VDD 和 VEE 负载均在各自的限值内, 显示的 RLIM 功能可补偿检测到的负载差异。

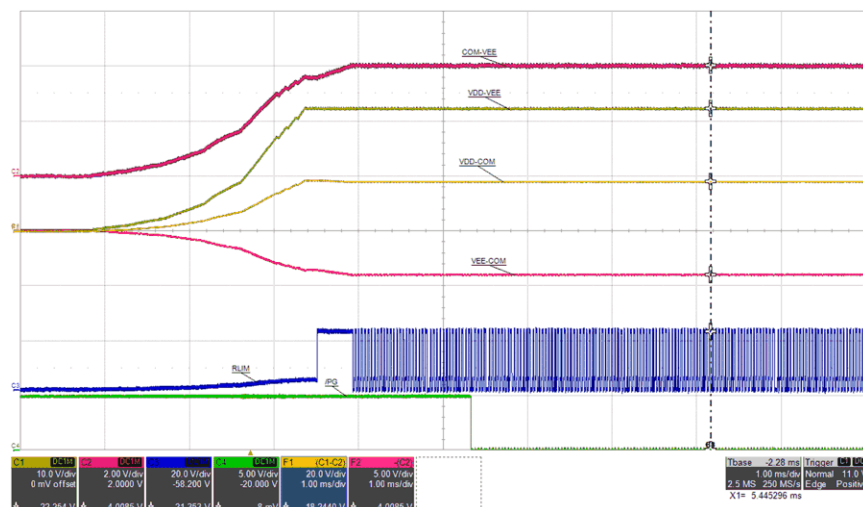


图 5-24. 正常启动, VIN=12V, PVDD=324mW, PVEE=106mW (顶部 : COM-VEE, 2V/div, mid1 : VDD-VEE, 10V/div, mid2 : VDD-COM, 20V/div, mid3 : VEE-COM, 5V/div, mid4 : RLIM, 20V/div, 底部 : /PG, 5V/div), 时间 = 1ms/div

5.10 关断

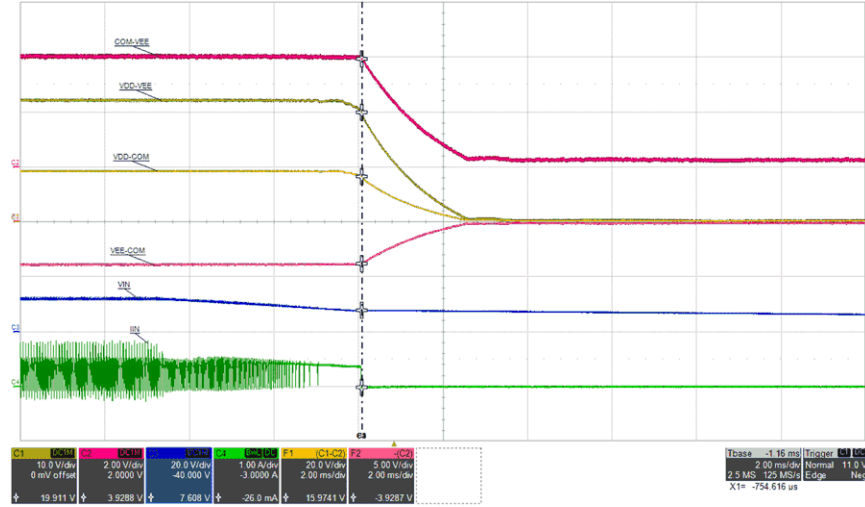


图 5-25. 通过 VIN 移除来关断 : $V_{IN\text{OFF}}=7.6\text{V}$, $I_{VDD-VEE}=68\text{mA}$ (顶部 : COM-VEE , 2V/div , mid-1 : VDD-VEE , 10V/div , mid-2 : VDD-COM , 20V/div , mid-3 : VEE-COM , 5V/div , mid-4 : VIN , 20V/div , 底部 : IIN , 1A/div) , 时间 = 2ms/div

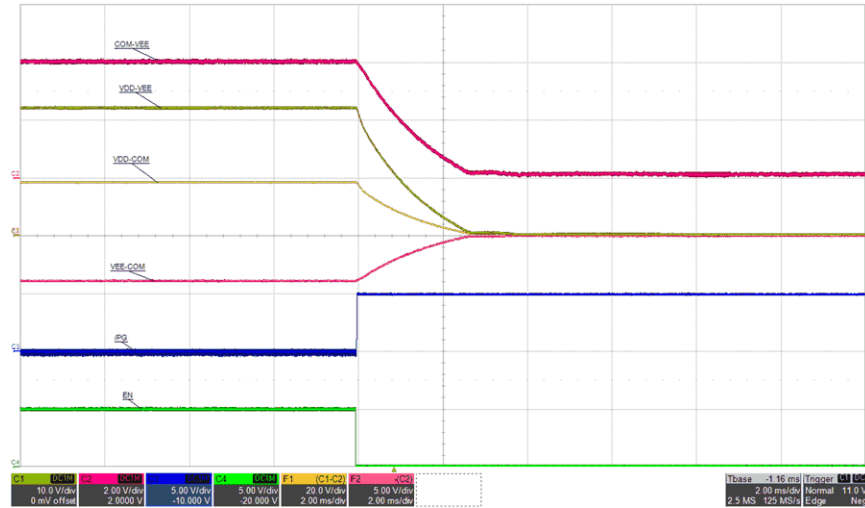
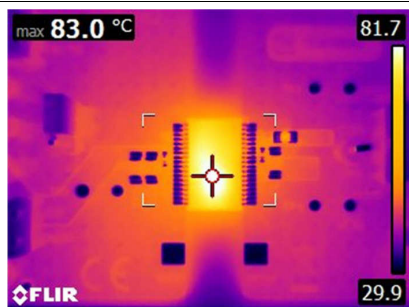


图 5-26. 通过 EN 低电平来关断 : $V_{IN}=12\text{V}$, $I_{VDD-VEE}=68\text{mA}$ (顶部 : COM-VEE , 2V/div , mid-1 : VDD-VEE , 10V/div , mid-2 : VDD-COM , 20V/div , mid-3 : VEE-COM , 5V/div , mid-4 : /PG , 5V/div , 底部 : ENA , 5V/div) , 时间 = 2ms/div

5.11 热性能

如图 5-28 所示，满载 EVM 运行可能导致 U1 封装温度非常高。在满载运行期间探测或操作 EVM 时，请小心不要触碰 U1 外壳。



$V_{IN} = 12V$ $V_{DD} = 22.11V$ $I_{VDD} = 68.7mA$
 $V_{COM} = 4.04V$ $I_{COM} = 0mA$ $P_{OUT} = 1.52W$
 $T_{RISE} = 60^{\circ}C$ (请参阅方程式 1)

图 5-27. $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=68.7mA$, $1.52W$

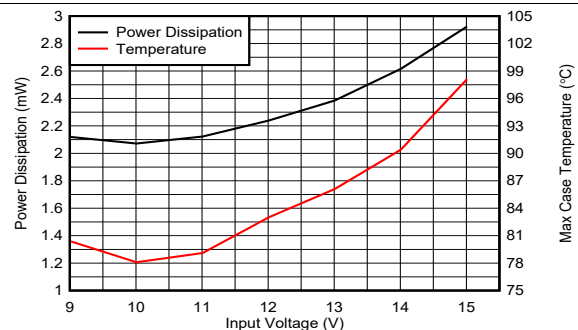
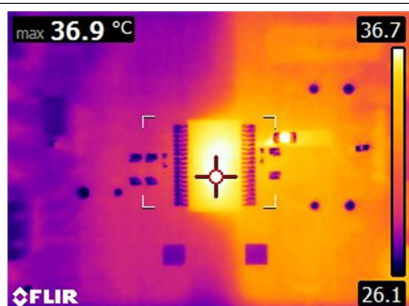


图 5-28. 功率损耗和外壳温度与输入电压间的关系，
 $T_A=23^{\circ}C$, $1.52W$

$$T_{RISE} = 83^{\circ}C - 23^{\circ}C = 60^{\circ}C$$

(1)



$V_{IN} = 12V$ $V_{DD} = 22.21V$ $I_{VDD} = 0mA$
 $V_{COM} = 4.04V$ $I_{COM} = 0mA$ $P_{OUT} = 0W$
 $T_{RISE} = 13.9^{\circ}C$ (请参阅方程式 2)

图 5-29. $V_{IN}=12V$, $I_{VDD-VEE}=0mA$, $P_{OUT}=0W$

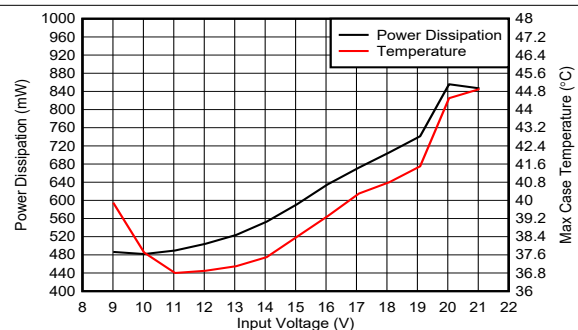


图 5-30. 功率损耗和外壳温度与输入电压间的关系，
 $T_A=23^{\circ}C$, $0W$

$$T_{RISE} = 36.9^{\circ}C - 23^{\circ}C = 13.9^{\circ}C$$

(2)

UCC14141EVM-068 采用四层 FR4 PCB 设计，所有四层均敷有 2 盎司铜。EVM PCB 展示了接地层和包覆拼接过孔在屏蔽和改善 EMI 性能方面的重要用途。对于汽车牵引逆变器更高密度的 PCB，PCB 可以包含几个额外的信号层，也可以尽可能采用类似的设计方法。



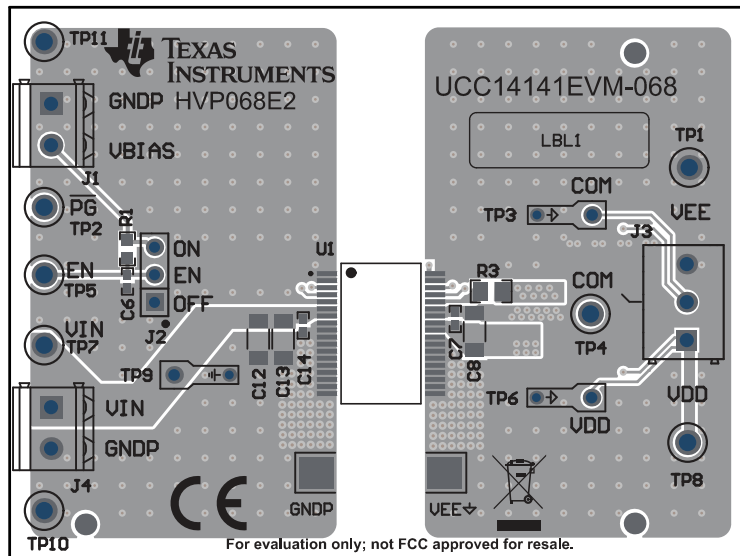


图 6-4. UCC14141EVM-068 , PCB 顶层, 组装

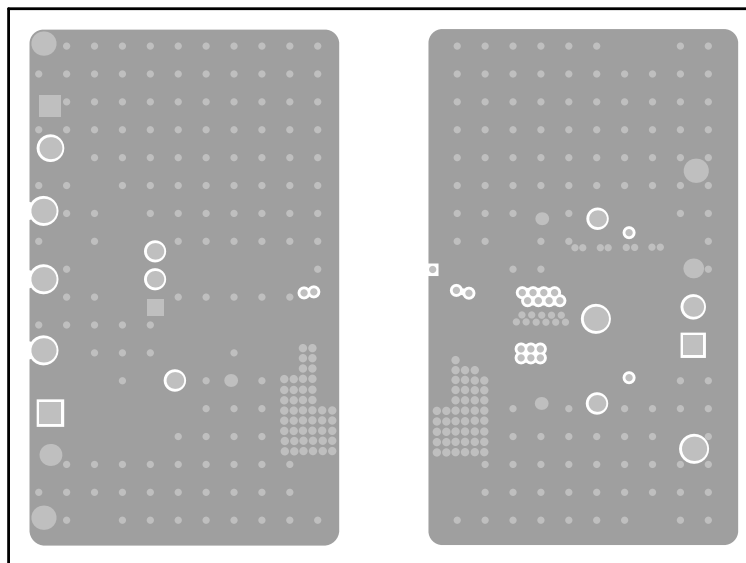


图 6-5. UCC14141EVM-068 , GND 第 2 层 (与第 3 层相同)

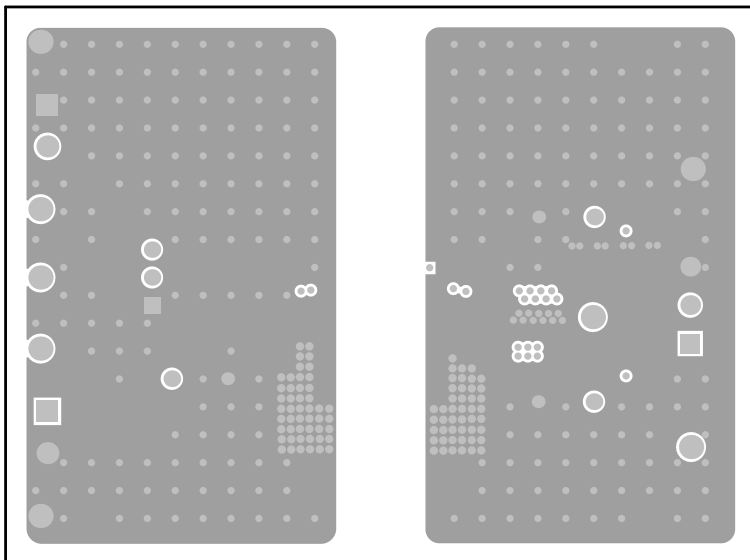


图 6-6. UCC14141EVM-068 , GND 第 3 层 (与第 2 层相同)

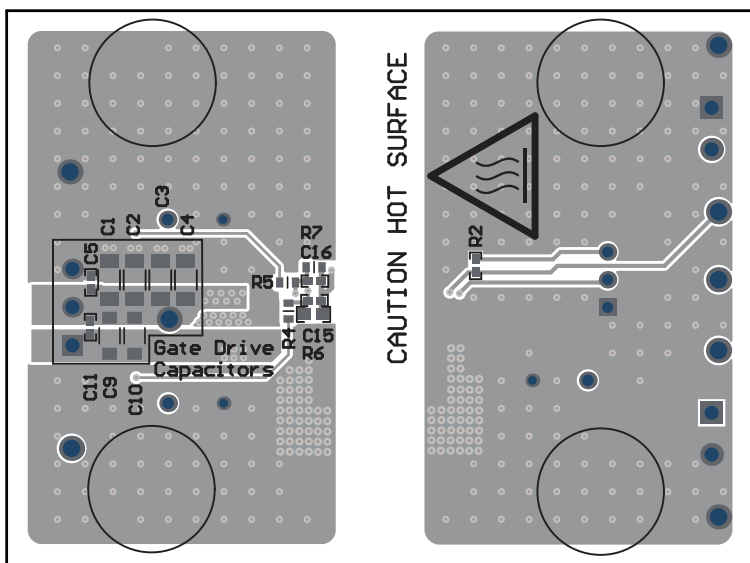


图 6-7. UCC14141EVM-068 , PCB 底层, 组装 (镜像视图)

7 物料清单 (BOM)

表 7-1 列出了物料清单。

表 7-1. UCC14141EVM-068 BOM

参考设计	数量	描述	器件型号	制造商
PCB1	1	印刷电路板	HVP068E2	不限
C1、C2、C3、C8、C12、C13	6	电容器, 陶瓷, 35V, +/- 10%, X7R, 10μF, AEC-Q200 1 级, 1206	CGA5L1X7R1V106K160AC	TDK
C5、C6、C7、C11、C14	5	电容器, 陶瓷, 50V, +/- 10%, X7R, 0.1μF, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM155R71H104KE02D	MuRata
C9、C10	2	电容器, 陶瓷, 50V, +/- 10%, X7R, 3.3μF, AEC-Q200 1 级, 1206	CGA5L3X7R1H335K160AB	TDK
C15, C16	2	电容器, 陶瓷, 330pF, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B2X7R1H331K050BA	TDK
H1、H2、H3、H4	4	Bumpon, 半球形, 0.44 X 0.20, 清晰, 粘合剂	SJ-5303 (CLEAR)	3M
J1、J4	2	接线端子, 2x1, 3.81mm, 24-16 AWG, 10A, 300VAC, TH	691214310002	Würth Elektronik
J2	1	接头, 100mil, 3x1, TH	PEC03SAAN	Sullins
J3	1	端子块, 3.5mm, 3x1, TH	691214110003	Würth Elektronik
R1	1	电阻器, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 5.11kΩ, 0603	CRCW06035K11FKEA	Vishay-Dale
R2	1	电阻器, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 100kΩ, 0402	ERJ-2GEJ104X	Panasonic
R3	1	电阻器, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 475Ω, 0805	CRCW0805475RFKEA	Vishay-Dale
R4	1	电阻器, 0.1%, 0.1W, 88.7kΩ, 0603	ERA-3VRB8872V	Panasonic
R5	1	电阻器, 0.1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 6.65kΩ, 0603	ERA-3AEB6651V	Panasonic
R6	1	电阻器, 0.1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 11.3kΩ, 0603	ERA-3AEB1132V	Panasonic
R7	1	电阻器, 0.1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 11kΩ, 0603	ERA-3AEB113V	Panasonic
SH-J1	1	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	SNT-100-BK-G	Samtec
TP1、TP10、TP11	3	测试点, 多用途, 黑色, TH	5011	Keystone
TP2、TP5	2	测试点, 通用, 黄色, TH	5014	Keystone
TP4	1	测试点, 多用途, 白色, TH	5012	Keystone
TP7、TP8	2	测试点, 多用途, 红色, TH	5010	Keystone
U1	1	1.5W, 12V-VIN, 24V-VOUT, 高密度, 5kVRMS 隔离式直流/直流模块	UCC14141DWNQ1	德州仪器 (TI)
U1-alt ⁽¹⁾	1	1.5W, 12V-VIN, 24V-VOUT, 高密度, 5kVRMS 隔离式直流/直流模块	PUCC14141DWNQ1	德州仪器 (TI)
U1-alt	0	1.5W, 12V-VIN, 24V-VOUT, 高密度, 3kVRMS 隔离式直流/直流模块	UCC14140DWNQ1	德州仪器 (TI)
U1-alt	0	1.5W, 12V-VIN, 24V-VOUT, 高密度, 3kVRMS 隔离式直流/直流模块	PUCC14140DWNQ1	德州仪器 (TI)
C4	0	电容器, 陶瓷, 35V, +/- 10%, X7R, 10μF, AEC-Q200 1 级, 1206	CGA5L1X7R1V106K160AC	TDK

(1) U1 中可填充标记为“PUCC14141-Q1”但与 UCC14141-Q1 完全相同的预量产 IC。

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 * (January 2023) to Revision A (July 2023)	Page
• 初始发行版.....	2

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