

在汽车和工业应用中使用 UCC14131EVM-070 对 GaN 和栅极驱动器 IC 进行偏置



摘要

本用户指南为使用 UCC14131EVM-070 评估德州仪器 (TI) 的 UCC14131-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。该 EVM 附带默认组装的 UCC14131-Q1，但也可以容纳 UCC14130-Q1。UCC14131-Q1 和 UCC14130-Q1 引脚对引脚兼容，并在功能上等效。本文档中显示的所有性能数据和波形均是通过测试 HVP070 Rev E1 中使用的 UCC14131-Q1 获得的。借助该 EVM，设计人员能够快速且高效地评估 UCC14131-Q1，从而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。

本用户指南可随 UCC14131EVM-070 和 HVP070 (Rev E1 和 Rev A) 一起提供。Rev E1 和 Rev A 是相同的。

内容

1 引言	3
1.1 U1 元件选型.....	3
1.2 引脚配置和功能.....	3
2 说明	5
2.1 EVM 电气性能规格.....	5
3 原理图	7
4 EVM 设置和操作	8
4.1 建议测试设备.....	8
4.2 通过外部连接轻松进行评估.....	8
4.3 为 EVM 供电.....	9
4.4 EVM 测试点.....	9
4.5 探测 EVM.....	11
5 性能数据	12
5.1 效率数据.....	12
5.2 调节数据.....	14
5.3 稳态输入电流.....	15
5.4 启动波形.....	15
5.5 浪涌电流.....	18
5.6 交流纹波电压.....	20
5.7 EN 和时序.....	22
5.8 RLIM.....	22
5.9 关断.....	24
5.10 热性能.....	25
6 组装和印刷电路板 (PCB) 层	26
7 物料清单 (BOM)	30
8 修订历史记录	30

插图清单

图 1-1. DWN 封装，36 引脚 SSOP (顶视图)	3
图 2-1. UCC14131EVM-070 (顶视图)	5
图 2-2. UCC14141EVM-070 (底视图)	5
图 3-1. UCC14131EVM-070 原理图.....	7
图 4-1. 典型效率测量设置.....	8
图 4-2. UCC14131EVM-070，PCB 示波器探头测试点.....	11

图 5-1. 测量的效率, 仅限 VDD-VEE = 12V 负载.....	12
图 5-2. 调节与功率间的关系, 仅 VDD-VEE 负载.....	14
图 5-3. 调节与电流间的关系, 仅 VDD-VEE 负载.....	14
图 5-4. 输入电流与功率间的关系, 仅限 VDD-VEE 负载.....	15
图 5-5. 启动 1: VIN = 12V, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 0mA.....	15
图 5-6. 启动 2: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 0mA.....	16
图 5-7. 启动 3: VIN = 12V, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 10mA.....	16
图 5-8. 启动 4: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	17
图 5-9. 浪涌电流: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	18
图 5-10. 浪涌电流: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	18
图 5-11. 浪涌电流: VIN = 12V, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 0mA.....	19
图 5-12. 浪涌电流: VIN = 12V, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 0mA.....	19
图 5-13. 交流纹波: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	20
图 5-14. 交流纹波: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	20
图 5-15. 交流纹波: VIN = 12V, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 0mA.....	21
图 5-16. 交流纹波: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	21
图 5-17. EN 至 /PG 延迟, 4.62ms, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 0mA.....	22
图 5-18. RLIM: VIN = 12V, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 0mA.....	22
图 5-19. RLIM: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	23
图 5-20. RLIM: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	23
图 5-21. 通过 VIN 移除来关断: VIN _{OFF} = 7.2V, I _{VDD} = 0mA, I _[+5V] = 0mA.....	24
图 5-22. 通过 EN 低电平来关断: VIN = 12V, I _{VDD} = 130mA, I _[+5V] = 10mA.....	24
图 5-23. VIN=12V, I _{VDD} = 128.5mA, 1.54W.....	25
图 5-24. 功率损耗和外壳温度与输入电压间的关系, T _A =24.6°C, 1.54W.....	25
图 5-25. VIN=12V, I _{VDD} = 0mA, P _{OUT} = 0W.....	25
图 5-26. 功率损耗和外壳温度与输入电压间的关系, T _A =23.9°C, 0W.....	25
图 6-1. UCC14131EVM-070, 经全面组装的 3D 顶视图.....	26
图 6-2. UCC14131EVM-070, 经全面组装的 3D 底视图.....	26
图 6-3. UCC14131EVM-070, 3D 角度视图.....	27
图 6-4. UCC14131EVM-070, PCB 顶层, 组装.....	27
图 6-5. UCC14131EVM-070, GND 第 2 层 (与第 3 层相同).....	28
图 6-6. UCC14131EVM-070, GND 第 3 层 (与第 2 层相同).....	28
图 6-7. UCC14131EVM-070, PCB 底层, 组装 (镜像视图).....	29

表格清单

表 1-1. UCC1413x-Q1 版本差异.....	3
表 1-2. 引脚功能 (请参阅并遵照数据表).....	4
表 2-1. EVM 电气规格.....	5
表 4-1. 输入、输出、测试点 (I/O/TP) 说明.....	10
表 5-1. 效率测试数据 (VIN = 11.2 V).....	12
表 5-2. 效率测试数据 (VIN = 12 V).....	13
表 5-3. 效率测试数据 (VIN = 14 V).....	13
表 7-1. UCC14131EVM-070 BOM.....	30

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

UCC14131-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 UCC14131-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。UCC14131-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。

备注

请遵照最新的 UCC14131-Q1 数据表，了解每个引脚功能。

1.1 U1 元件选型

UCC14131-Q1 是 UCC14131EVM-070 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。

表 1-1. UCC1413x-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
UCC14131-Q1	UCC14131QDWNQ1	5kV _{RMS} /10kV _{PK} /1kV _{RMS}
UCC14130-Q1	UCC14130QDWNQ1	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 UCC1413x-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

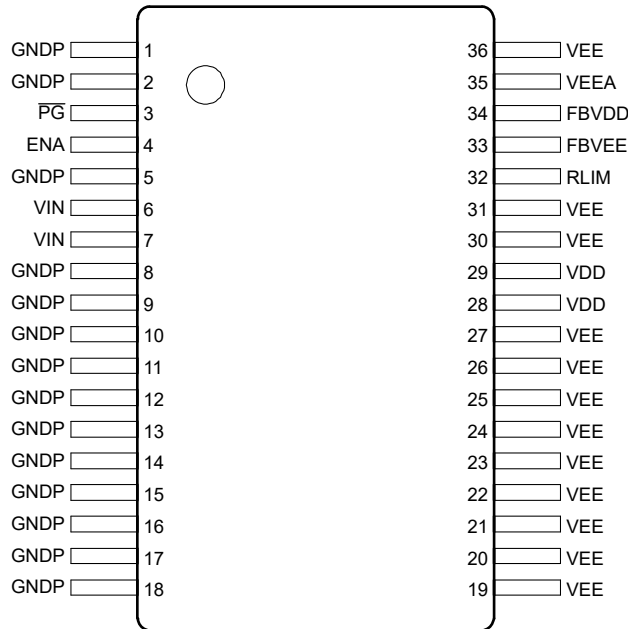


图 1-1. DWN 封装，36 引脚 SSOP (顶视图)

表 1-2. 引脚功能 (请参阅并遵照数据表)

引脚		1 类	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 $(UVLO \leq V_{VIN} \leq OVLO)$ 、 $(UVP1 \leq (VDD - VEE) \leq OVP1)$ 、 $T_{J_Primary} \leq TSHUT_{PRIMARY_RISE}$ 和 $T_{J_secondary} \leq TSHUT_{SECONDARY_RISE}$ 时，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，将两个并联的 10 μ F 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 0.1 μ F 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 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。从 VDD 至 VEE 连接一个 10 μ F 和一个并联 0.1 μ F 陶瓷电容器。0.1 μ F 陶瓷电容器是高频旁路，必须靠近 IC 引脚。
RLIM	32	P	用于限制来自 VDD 的拉电流的第二个次级侧隔离式输出电压电阻器。
FBVEE	33	I	反馈输出电压检测引脚用于调节输出电压。
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

UCC14131EVM-070 旨在让设计人员能够快速、轻松地评估 UCC14131-Q1 的性能特性和功能，从而用于汽车类隔离式栅极驱动器偏置应用以及各种隔离式工业偏置电源应用。该 EVM 可供用户测试 UCC14131-Q1 的各项功能，例如：启用/禁用 (EN) 器件并轻松地将可变负载应用于输出。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 中的描述进行策略性放置。

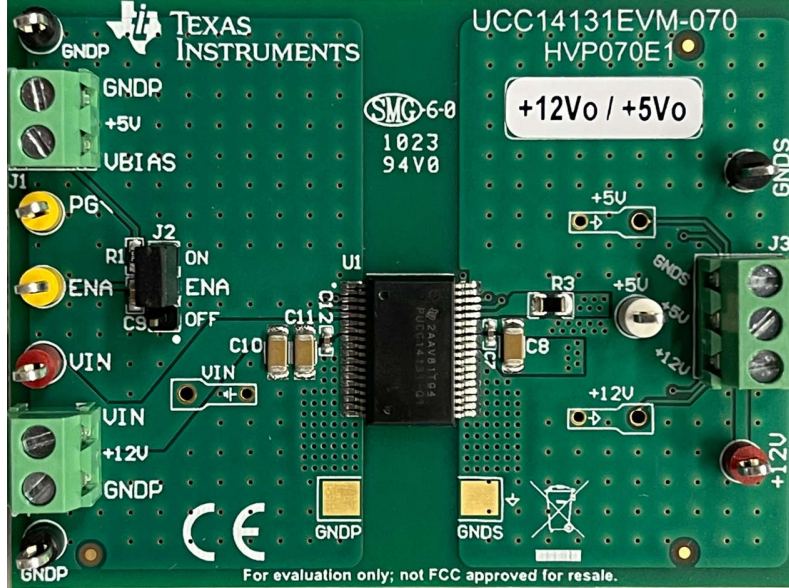


图 2-1. UCC14131EVM-070 (顶视图)

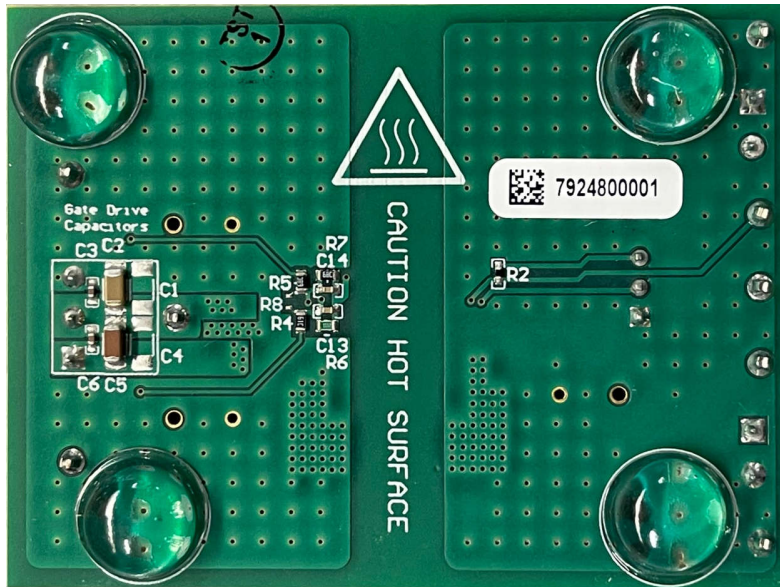


图 2-2. UCC14131EVM-070 (底视图)

2.1 EVM 电气性能规格

表 2-1. EVM 电气规格

$V_{IN} = 12V$, $V_{DD-VEE} = 12V$, $[+5V]-VEE = 5V$, $T_A = 25^\circ C$ (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					

表 2-1. EVM 电气规格 (continued)
 $V_{IN} = 12V$, $V_{DD-VEE} = 12V$, $[+5V]-VEE = 5V$, $T_A = 25^\circ C$ (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN}	输入电压范围	$P_{V_{DD-VEE}} = 1.5W$	11.2	12	14	V
V_{IN_ON}	输入电压开启		9		10	V
V_{IN_OFF}	输入电压关闭			7.2		V
I_{IN_FL}	满载时的输入电流	$V_{IN} = 11.2V$, $I_{V_{DD}} = 132.6mA$		290		mA
		$V_{IN} = 12V$, $I_{V_{DD}} = 128.5 mA$		282		
		$V_{IN} = 14V$, $I_{V_{DD}} = 128.5 mA$		274		
I_{IN_NL}	空载时的输入电流	$V_{IN} = 11.2V$, $I_{V_{DD}} = 0mA$		22		mA
		$V_{IN} = 12V$, $I_{V_{DD}} = 0 mA$		21		
		$V_{IN} = 14V$, $I_{V_{DD}} = 0 mA$		19		
I_{IN_OFF}	EN 为低电平时的输入电流	EN 低电平 , $V_{DD} = V_{EE} = 0 V$		540		μA
EN 到 /PG 延迟		$I_{V_{DD}} = I_{V_{EE}} = 0mA$		4.6		ms
输出特性						
V_{DD-VEE}	直流满载设定点	$11.2V < V_{IN} < 14V$, $I_{V_{DD}} = 130mA$		12		V
$I_{V_{DD}}$	VDD 负载电流范围	$11.2 V < V_{IN} < 14 V$	0		130	mA
$V_{DD\%LD}$	负载调整率	$V_{DDREG} = \left[\frac{V_{I(min)} - V_{I(max)}}{V_{I(max)}} \right] \times 100\%$ $V_{IN} = 12V$, $0mA \leq I_{V_{DD}} \leq 130mA$		0.7		%
$V_{DD\%LN}$	线性调整率	$V_{DDREG} = \left[\frac{V_{I(min)} - V_{I(max)}}{V_{I(max)}} \right] \times 100\%$ $I_{V_{DD}} = 124mA$, $11.2V \leq V_{IN} \leq 14V$		0.2		%
V_{DDAC}	pk-to-pk 交流纹波	$I_{V_{DD}} = 130 mA$		115		mV
V_{DDSS}	软启动	$I_{V_{DD}} = I_{[+5V]} = 0mA$		16		ms
P_{MAX}	最大输出功率	$I_{V_{DD}} = 130mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$, $11.2V < V_{IN} < 14V$		1.5		W
[+5V]	直流满载设定点	$11.2V \leq V_{IN} \leq 14V$, $I_{[+5V]} = 10mA$		5		V
$I_{[+5V]}$	[+5V] 负载电流范围	$11.2 V \leq V_{IN} \leq 14 V$	0	10		mA
$[+5V]_{AC}$	pk-to-pk 交流纹波	$I_{[+5V]} = 10mA$		155		mV
系统特点						
$\eta_{100\%}$	满负载效率	$I_{V_{DD}} = 130mA$, $V_{DD} = 12V$,		45		%
$\eta_{50\%}$	半负载效率	$I_{V_{DD}} = 65mA$, $V_{DD} = 12V$,		41		%
F_{SW}	开关频率 (1)	$V_{IN} = 11.2V$, $0mA < I_{V_{DD}} < 130mA$		20.5		MHz
		$V_{IN} = 12V$, $0mA < I_{V_{DD}} < 130 mA$		19.1		
		$V_{IN} = 14V$, $0mA < I_{V_{DD}} < 130 mA$		16.6		
$V_{DD(OCL)}$	VDD 过流限制 ($I_{[+5V]} = 0mA$)	$V_{IN} = 11.2V$, $V_{DD} = 12V$		140		mA
		$V_{IN} = 12.0V$, $V_{DD} = 12V$		155		
		$V_{IN} = 14.0V$, $V_{DD} = 12V$		170		
$[+5V]_{(OCL)}$	[+5V] 过流限制 ($I_{V_{DD}} = 0mA$)	$V_{IN} = 12.0V$, $V_{DD} = 12V$		16		mA
T_{MAX}	高于环境温度的最大温升	$I_{V_{DD}} = 130mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$, $V_{DD} = 12V$		75		$^\circ C$

(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。C2、C4 和 R8 特意未组装，如次级侧的红色 X 所示，直接放置在元件上方。

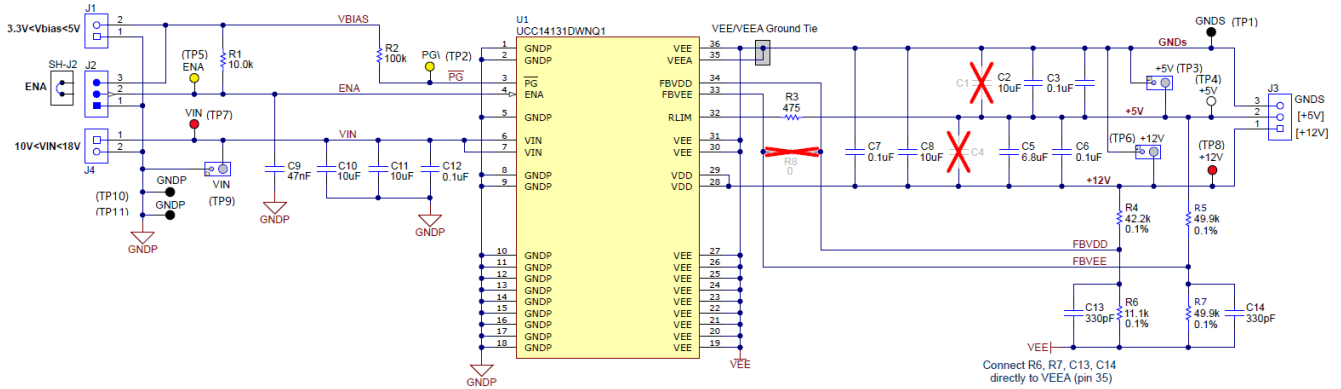


图 3-1. UCC14131EVM-070 原理图

4 EVM 设置和操作

4.1 建议测试设备

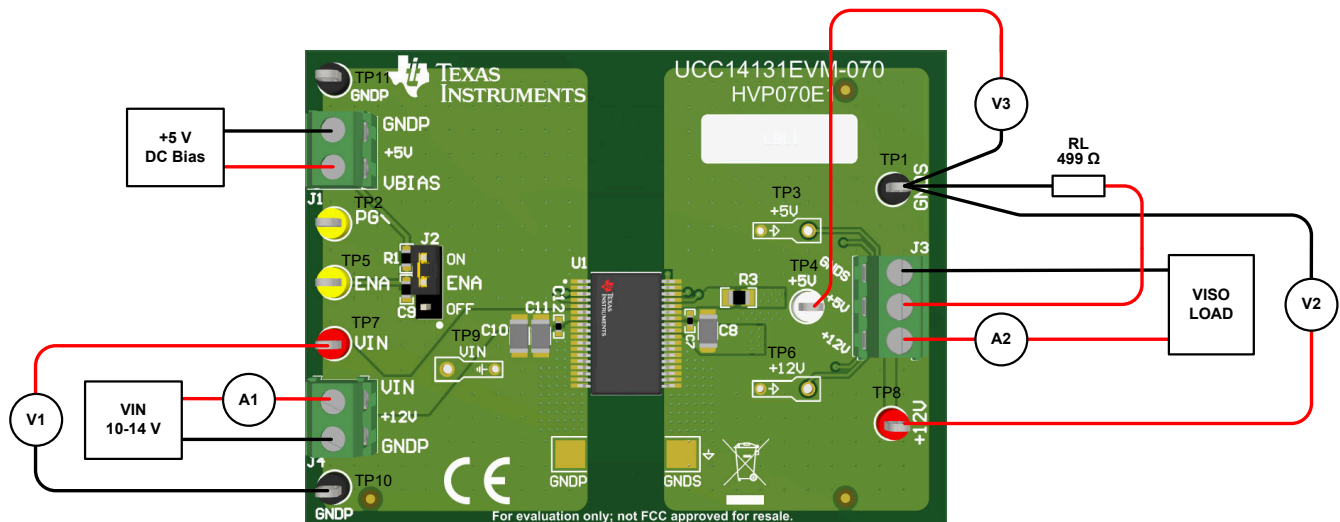
- V_{BIAS} : 5V 直流电源 1 : 5V, 0mA 至 10mA
- V_{IN} : 直流电源 2 : 8V 至 18V, 500mA
- I_{VDD} : 电子负载或固定电阻器 : 12V, 0mA 至 150mA
- $I_{[+5V]}$: 电子负载或固定电阻器 : 5 V/10 mA
- 用于测量 < 30V 直流电压的 (3) 个 EVM
- 用于在 I_{VDD} 或 $I_{[+5V]}$ 上测量 < 200mA 直流电流, 以及在 I_{VIN} 上测量 < 500mA 直流电流的 (3) 个 EVM
- 示波器 : 4 通道, 500MHz 或更高, 电压探头, 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

UCC14131EVM-070 EVM 利用螺丝接线端子快速连接至 V_{IN} 、 V_{DD} 、 $[+5V]$ 和 VEE (请参阅表 4-1)。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 直流偏置电源连接至 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 直流偏置电源。
3. 在 J4:1-2 (V_{IN}) 连接能够提供 $8V < V_{IN} < 18V$ 电压和 300 mA 电流的 V_{IN} 直流电源。将电源调整为 12 V, 并将电流量值设置为 350 mA。将电源电压设置为 12 V。关闭/禁用 V_{IN} 电源。
4. 在 J3:1 (V_{DD}) 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 ($[+5V]$) 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、400 Ω 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。



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 $V_{IN}(TP7)$ 至 $GNDS(TP10)$ 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 在无负载条件下的输出 VDD 和 +5V 已处于稳压状态。
6. 验证 VDD-VEE 上是否存在 12V 电压，[+5V](TP3)- $GNDS(TP1)$ 上是否存在 5V 电压
7. 在 VDD-(+5V) 上启用 100mA 负载，在 [+5V]- $GNDS$ 上启用 10mA 负载
8. UCC14131-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 $11.2V < V_{IN} < 14V$ 之间变化， I_{VDD} 在 $0mA < I_{VDD} < 130mA$ 之间变化， I_{VEE} 在 $0mA < I_{+5V} < 30mA$ 之间变化。
10. 将示波器探头插入 $V_{IN}(TP9)$ 、[+12V](TP6) 和 [+5V](TP3)，以测量 V_{IN} 、[+12V] 和 [+5V] 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 直流偏置电源
3. 禁用 I_{VDD} 负载
4. 禁用 I_{+5V} 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 测试引线和电线连接至图 4-1 中所示的实验室测试设备。注意保持初级侧 $GNDS$ 和次级侧 VEE (= $GNDS$) 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 $GNDS$ 为基准。

备注

请参阅图 4-1 以找到 TP1、TP2 等测试点在电路板上的位置。

表 4-1. 输入、输出、测试点 (I/O/TP) 说明

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

4.5 探测 EVM

UCC14131-Q1 使用 TP3 ([+5V])、TP6 ([+12V]) 和 TP9 (VIN) 示波器探头 PCB 测试点 (参见图 4-1 和图 4-2)，它是一款高频直流/直流模块，需要仔细测量才能准确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。

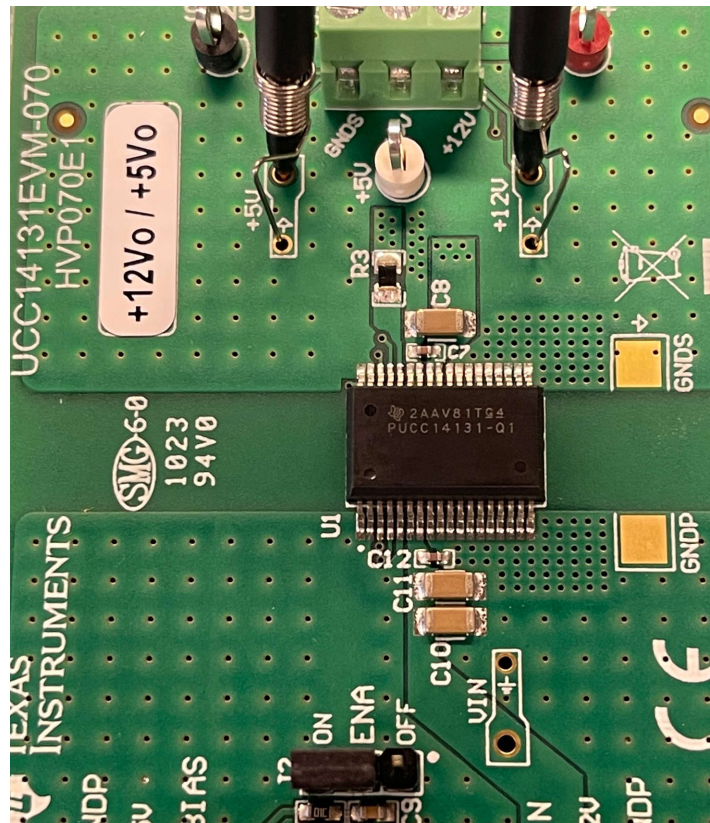


图 4-2. UCC14131EVM-070，PCB 示波器探头测试点

EVM 输出命名规则 (VDD, VEE) 与提到隔离式栅极驱动器 IC 时通常使用的术语，即此评估板的 [+12V] 和 GNDS 相对应。如图 4-2 所示，[+5V](TP4) 是 [+5V] 输出 (请参考表 4-1)。当使用 UCC14131-Q1 对栅极驱动器 IC 进行偏置时，[+12V] (VDD 至 VEE) 和 [+5V] (电容器中间至 VEE) 以 VEE (= GNDS) 为基准。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 [+5V](TP3) 和 [+12V](TP6)，它们以 VEE 或 GNDS 为基准。

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

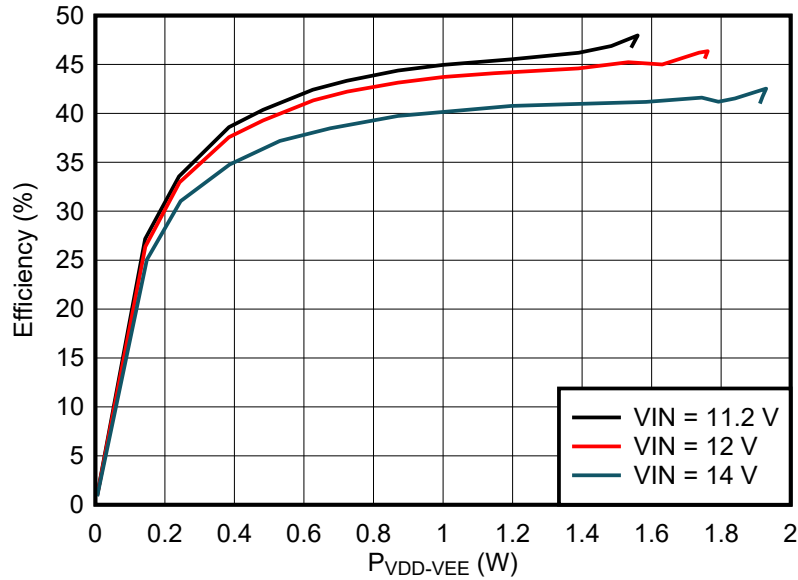


图 5-1. 测量的效率，仅限 VDD-VEE = 12V 负载

表 5-1. 效率测试数据 (VIN = 11.2 V)

VIN (V)	IIN (mA)	VDD-VEE (V)	$I_{VDD-VEE}$ (mA)	[+5V]-VEE (V)	PIN (W)	$P_{VDD-VEE}$ (W)	效率 (%)
11.21	22.20	12.023	0.00	5.02	0.25	0.00	0.00
11.21	47.00	12.013	11.91	5.02	0.53	0.14	27.17
11.21	63.90	12.015	20.00	5.02	0.72	0.24	33.56
11.21	88.87	12.008	32.00	5.01	1.00	0.38	38.58
11.21	106.59	12.002	40.17	5.01	1.19	0.48	40.36
11.21	131.62	11.991	52.17	5.01	1.47	0.63	42.41
11.21	148.95	11.989	60.33	5.01	1.67	0.72	43.33
11.21	175.11	11.983	72.66	5.01	1.96	0.87	44.37
11.21	198.67	11.976	83.58	5.01	2.23	1.00	44.96
11.21	234.50	11.966	99.96	5.01	2.63	1.20	45.52
11.21	268.62	11.953	116.31	5.01	3.01	1.39	46.19
11.21	282.53	11.931	124.40	5.00	3.17	1.48	46.88
11.21	290.25	11.766	132.58	5.00	3.25	1.56	47.96
11.21	294.42	11.269	136.78	5.00	3.30	1.54	46.72

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

表 5-2. 效率测试数据 (VIN = 12 V)

VIN (V)	IIN (mA)	VDD-VEE (V)	I _{VDD-VEE} (mA)	[+5V]-VEE (V)	PIN (W)	P _{VDD-VEE} (W)	效率 (%)
12.02	21.39	12.036	0.00	5.02	0.26	0.00	0.00
12.02	45.30	12.030	11.93	5.02	0.54	0.14	26.38
12.02	61.20	12.020	20.14	5.02	0.73	0.24	32.95
12.02	85.20	12.013	31.98	5.02	1.02	0.38	37.56
12.02	102.33	12.007	40.19	5.02	1.23	0.48	39.28
12.02	126.36	12.001	52.24	5.02	1.52	0.63	41.32
12.02	142.91	11.992	60.41	5.02	1.72	0.72	42.22
12.02	168.05	11.987	72.62	5.02	2.02	0.87	43.14
12.02	190.87	11.981	83.63	5.01	2.29	1.00	43.72
12.01	216.78	11.975	95.84	5.01	2.60	1.15	44.10
12.01	259.45	11.962	116.13	5.01	3.11	1.39	44.60
12.01	282.30	11.954	128.24	5.01	3.39	1.53	45.23
12.01	301.86	11.947	136.48	5.01	3.62	1.63	44.99
12.01	313.04	11.913	145.76	5.01	3.76	1.74	46.20
12.01	316.52	11.744	149.99	5.01	3.80	1.76	46.35
12.01	320.33	11.380	154.06	5.01	3.85	1.75	45.59

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

表 5-3. 效率测试数据 (VIN = 14 V)

VIN (V)	IIN (mA)	VDD-VEE (V)	I _{VDD-VEE} (mA)	[+5V]-VEE (V)	PIN (W)	P _{VDD-VEE} (W)	效率 (%)
14.01	19.35	12.043	0.00	5.02	0.27	0.00	0.00
14.01	42.17	12.036	12.29	5.02	0.59	0.15	25.05
14.01	56.40	12.027	20.38	5.02	0.79	0.25	31.03
14.01	79.31	12.019	32.14	5.02	1.11	0.39	34.78
14.01	101.91	12.011	44.18	5.03	1.43	0.53	37.18
14.01	125.44	12.004	56.30	5.02	1.76	0.68	38.47
14.01	156.40	11.990	72.59	5.02	2.19	0.87	39.74
14.01	209.63	11.978	99.92	5.02	2.94	1.20	40.77
14.01	233.87	11.971	111.96	5.02	3.28	1.34	40.92
14.01	274.64	11.956	132.45	5.01	3.85	1.58	41.17
14.01	299.44	11.950	145.98	5.01	4.19	1.74	41.60
14.01	310.70	11.945	150.04	5.00	4.35	1.79	41.19
14.01	316.27	11.933	154.19	5.00	4.43	1.84	41.53
14.01	323.90	11.889	162.29	5.00	4.54	1.93	42.53
14.01	328.53	11.527	166.50	5.00	4.60	1.92	41.71
14.01	332.90	11.213	170.46	5.00	4.66	1.91	41.00

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

5.2 调节数据

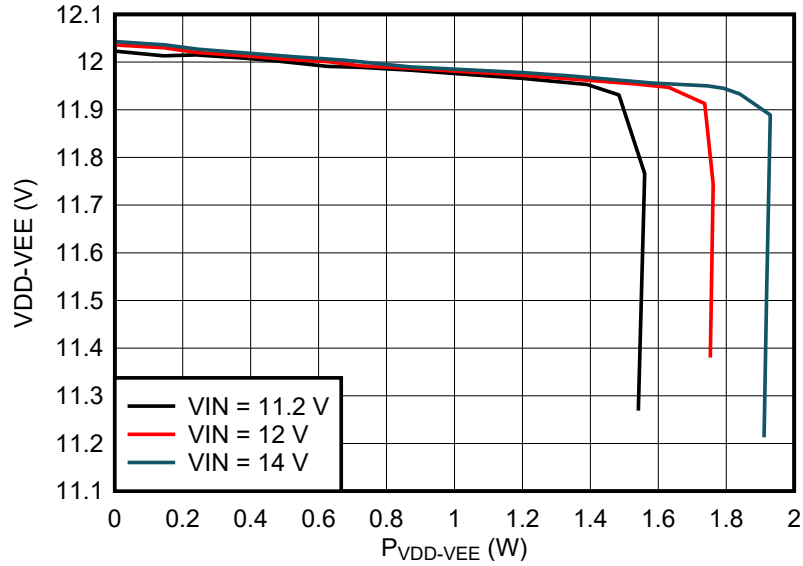


图 5-2. 调节与功率间的关系，仅 VDD-VEE 负载

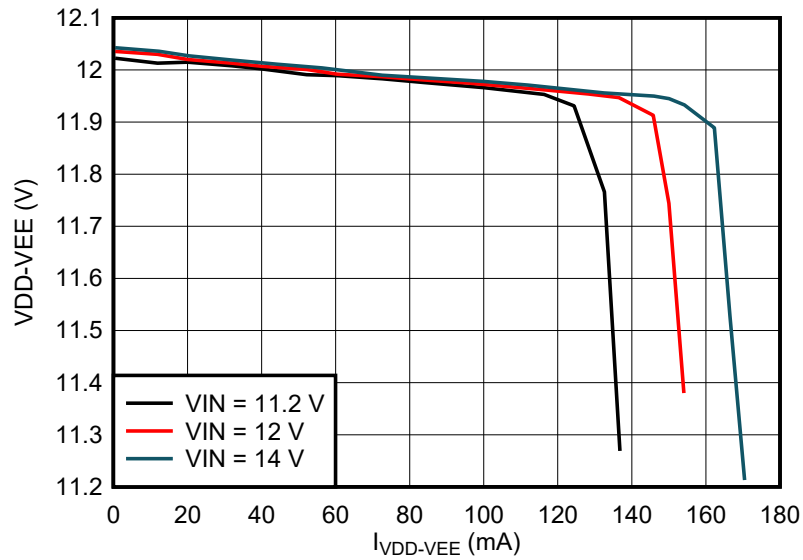


图 5-3. 调节与电流间的关系，仅 VDD-VEE 负载

5.3 稳态输入电流

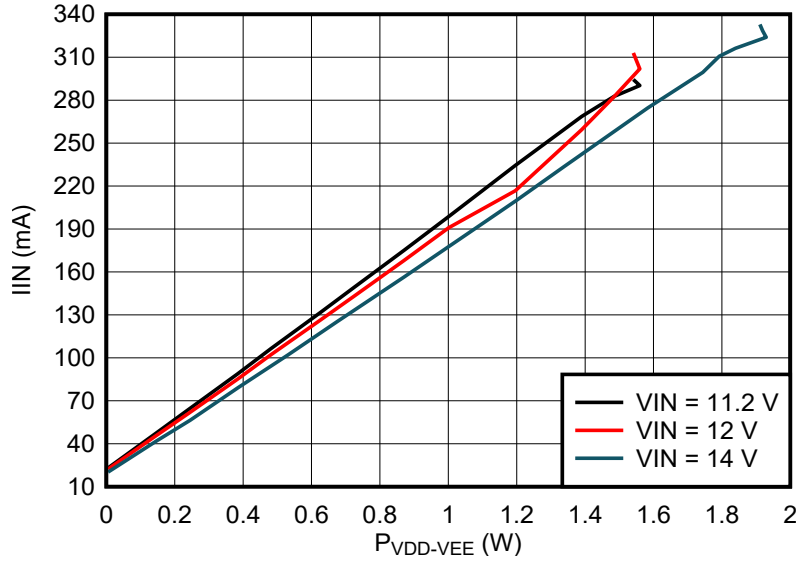
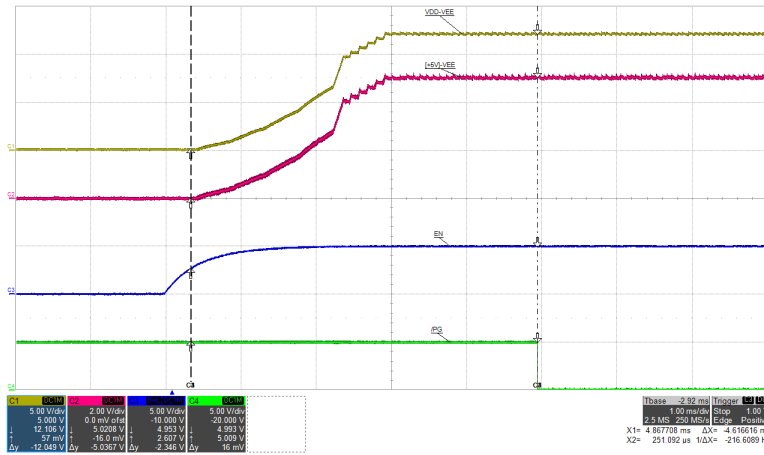


图 5-4. 输入电流与功率间的关系，仅限 VDD-VEE 负载

5.4 启动波形

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

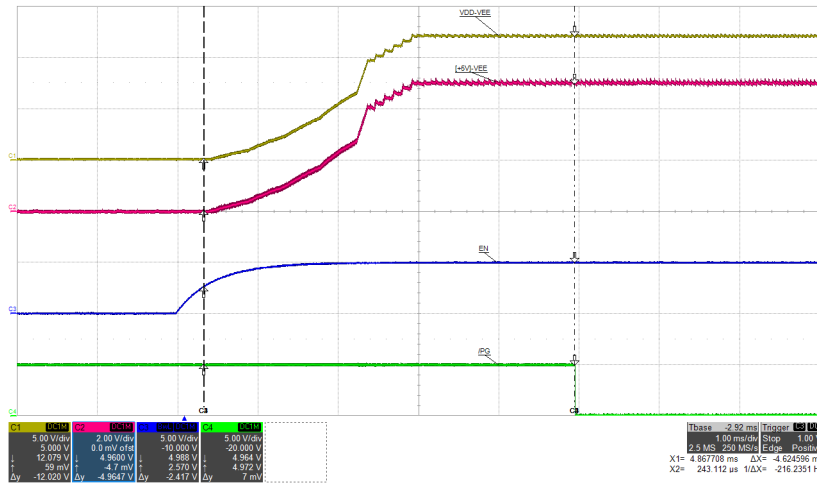


顶部：VDD-VEE，5V/div，	底部：/PG，5V/div，
mid-1：[+5V]-VEE，2V/div，	时间 = 1ms/div
mid-2：EN，5V/div，	

图 5-5. 启动 1：VIN = 12V， $I_{VDD} = 0\text{mA}$ ， $I_{[+5V]} = 0\text{mA}$

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

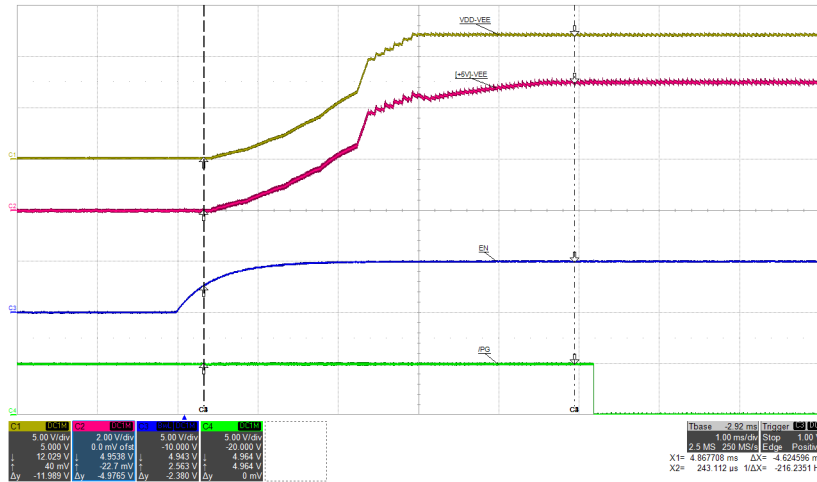


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : /PG , 5V/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-6. 启动 2 : $V_{IN} = 12V$, $I_{VDD} = 130mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等, 请参阅表 4-1 和图 4-1。

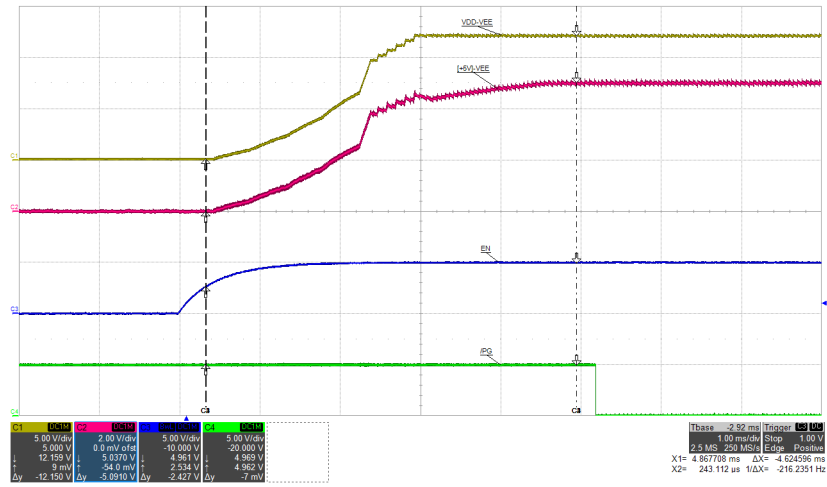


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : /PG , 5V/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-7. 启动 3 : $V_{IN} = 12V$, $I_{VDD} = 0mA$, $I_{[+5V]} = 10mA$

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等, 请参阅表 4-1 和图 4-1。

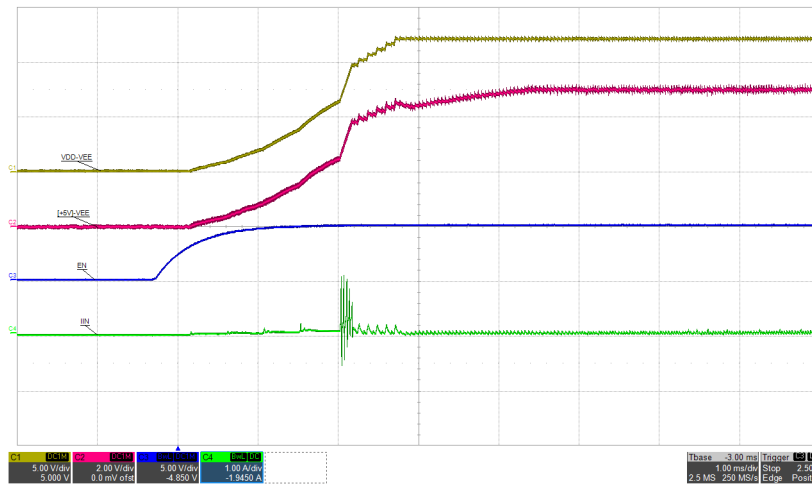


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : /PG , 5V/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-8. 启动 4 : VIN = 12V , I_{VDD} = 130mA , I_[+5V] = 10mA

5.5 浪涌电流

在施加 VIN 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 VIN，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。

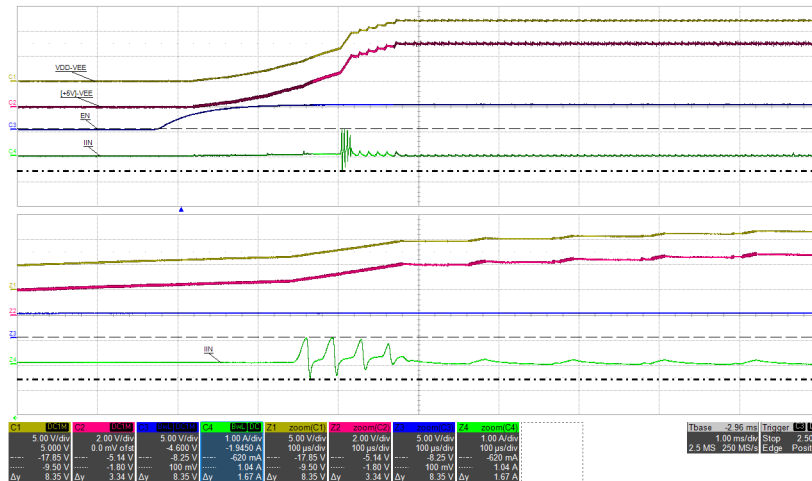


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : IIN , 1A/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div ,
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-9. 浪涌电流 : VIN = 12V , I_{VDD} = 130mA , I_[+5V] = 10mA

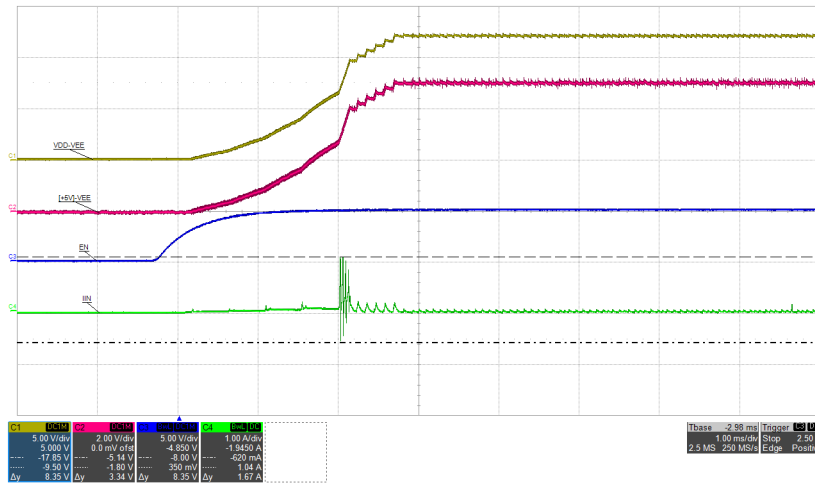
备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。



顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : IIN , 1A/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div ,
mid-2 : EN , 5V/div ,	time_zoom = 100µs/div

图 5-10. 浪涌电流 : VIN = 12V , I_{VDD} = 130mA , I_[+5V] = 10mA

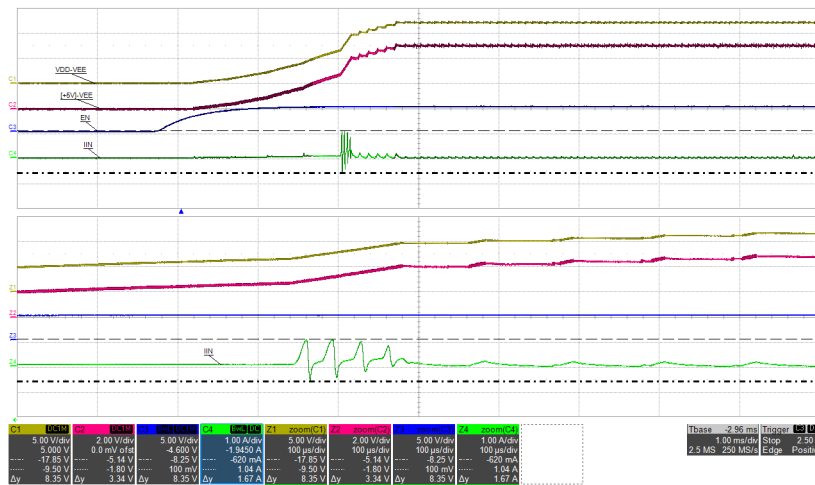


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : IIN , 1A/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-11. 浪涌电流 : $V_{IN} = 12V$, $I_{VDD} = 0mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$

备注

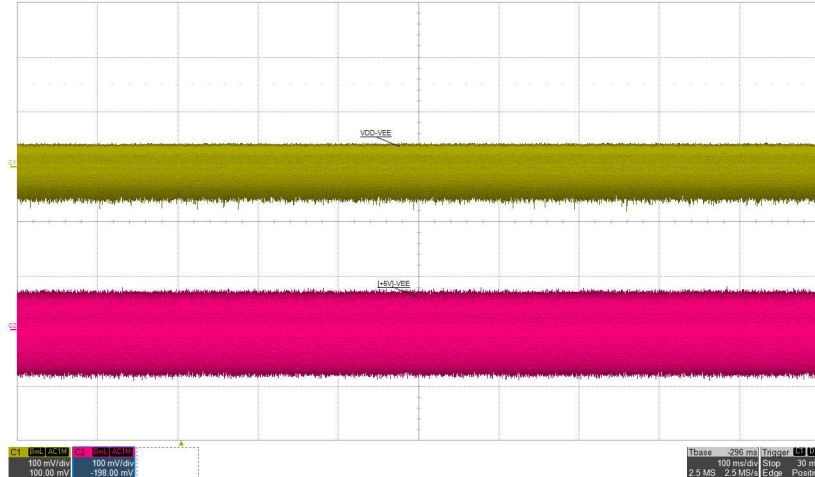
VDD、VEE 和 [+5V] 等, 请参阅表 4-1 和图 4-1。



顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : IIN , 1A/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div ,
mid-2 : EN , 5V/div ,	time_zoom = 100µs/div

图 5-12. 浪涌电流 : $V_{IN} = 12V$, $I_{VDD} = 0mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$

5.6 交流纹波电压

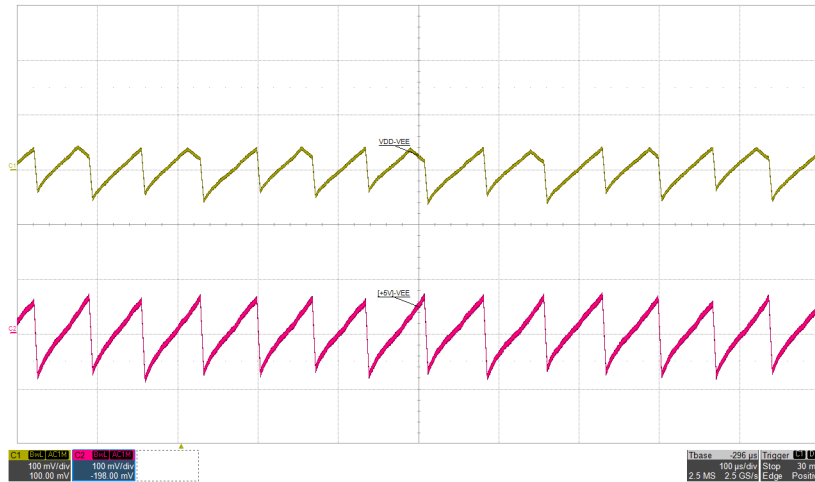


顶部 : VDD-VEE , 100mV/div ,	pk-to-pk = 157mV ,
pk-to-pk = 113mV ,	时间 = 100ms/div
底部 : [+5V]-VEE , 100mV/div ,	

图 5-13. 交流纹波 : $V_{IN} = 12V$, $I_{V_{DD}} = 130mA$, $I_{[+5V]} = 10mA$

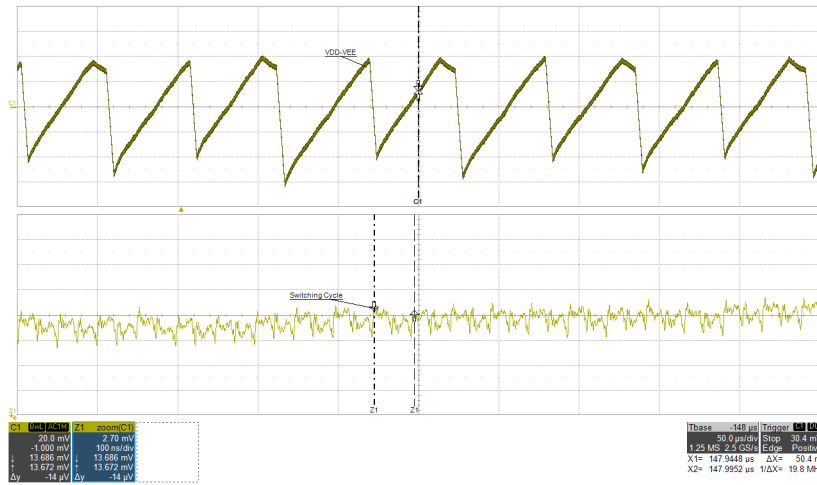
备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。



顶部 : VDD-VEE , 100mV/div ,	时间 = 100 μ s/div	底部 : [+5V]-VEE , 100mV/div
----------------------------	----------------------	----------------------------

图 5-14. 交流纹波 : $V_{IN} = 12V$, $I_{V_{DD}} = 130mA$, $I_{[+5V]} = 10mA$

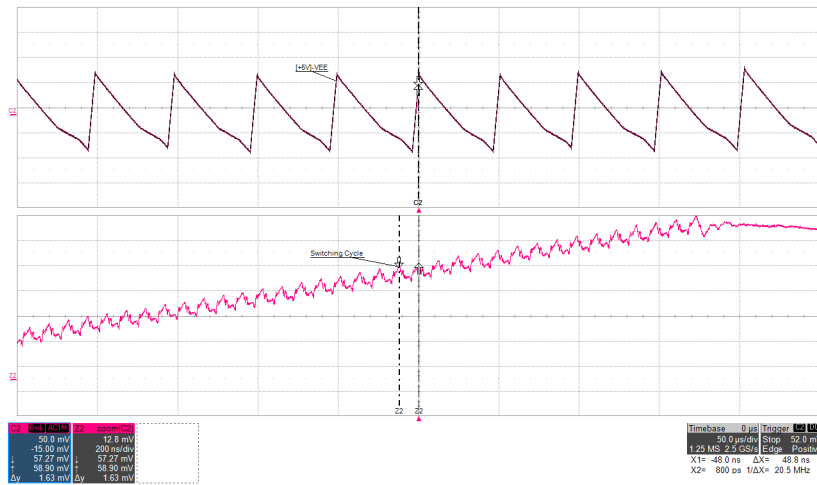


VDD-VEE, 20V/div ,	时间 = 50μs/div ,
缩放 VDD-VEE, 2.7mV/div ,	time_zoom = 100ns/div

图 5-15. 交流纹波 : $V_{IN} = 12V$, $I_{VDD} = 0mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。



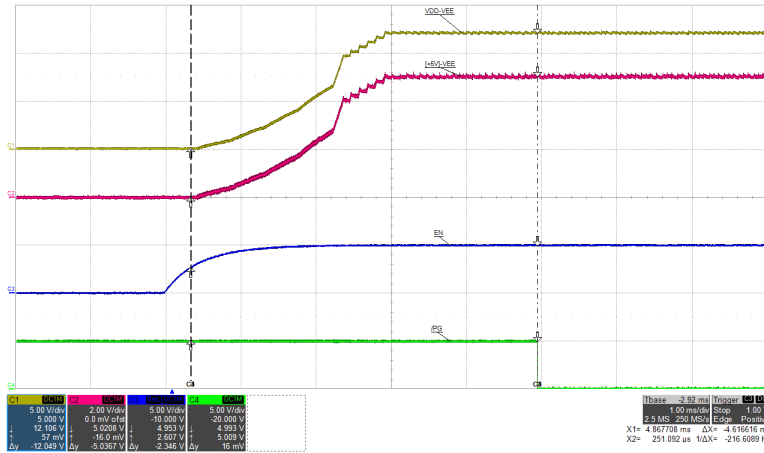
[+5V]-VEE, 50mV/div ,	时间 = 5μs/div ,
缩放 : [+5V]-VEE, 12.8mV/div ,	time_zoom = 200ns/div

图 5-16. 交流纹波 : $V_{IN} = 12V$, $I_{VDD} = 130mA$, $I_{[+5V]} = 10mA$

5.7 EN 和时序

备注

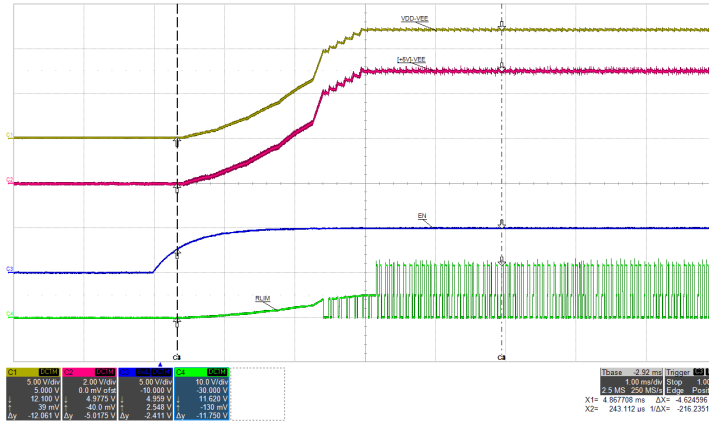
VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1



顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : /PG , 5V/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-17. EN 至 /PG 延迟 , 4.62ms , $I_{VDD} = 0mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$

5.8 RLIM

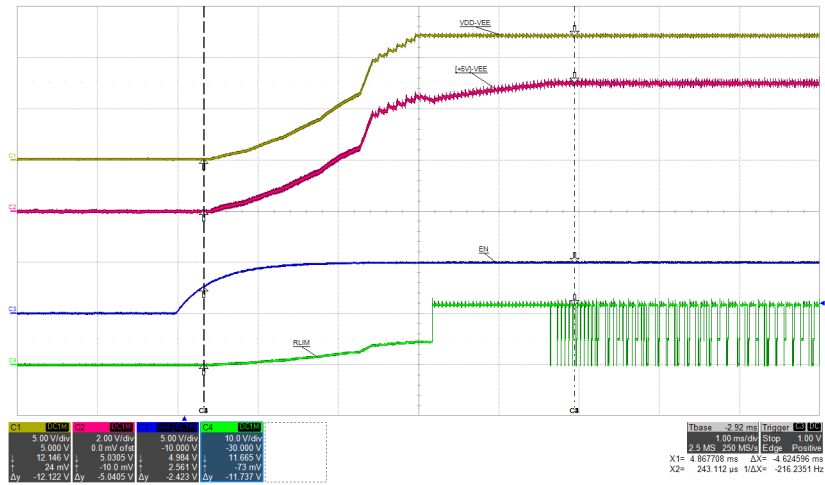


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : RLIM , 10V/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-18. RLIM : $V_{IN} = 12V$, $I_{VDD} = 0mA$, $I_{[+5V]} = 0mA$

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

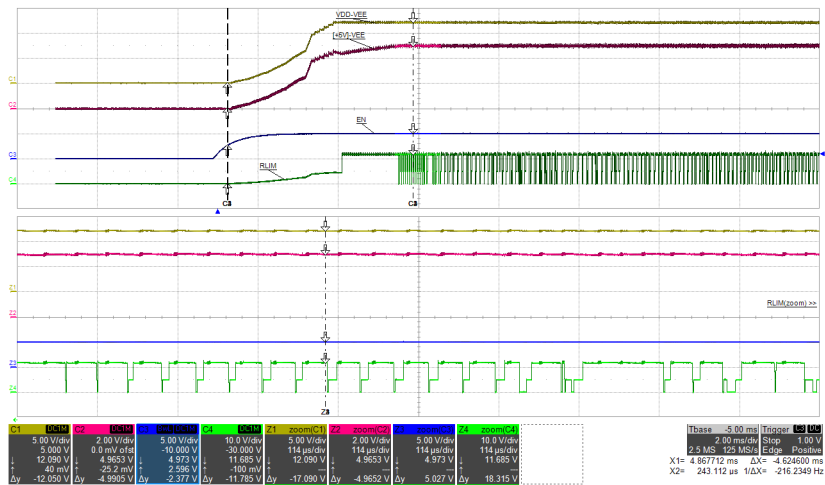


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : RLIM , 10V/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 1ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-19. RLIM : VIN = 12V , I_{VDD} = 130mA , I_[+5V] = 10mA

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等, 请参阅表 4-1 和图 4-1。



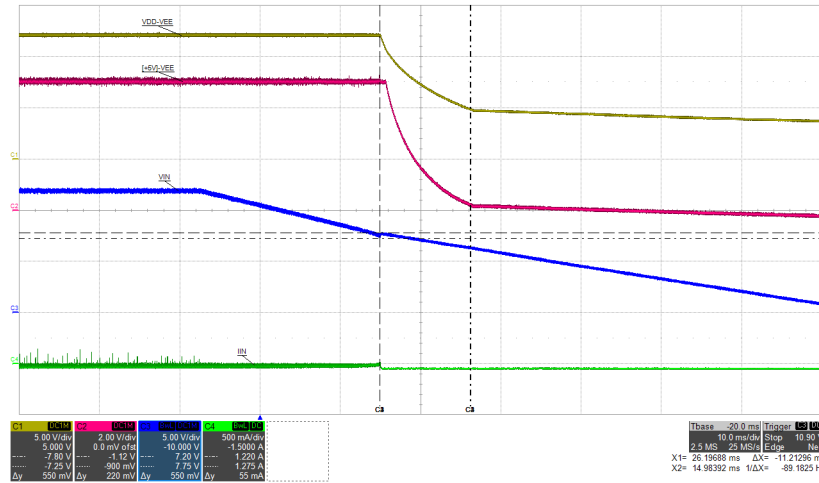
顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : RLIM , 10V/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 2ms/div ,
mid-2 : EN , 5V/div ,	time_zoom = 50µs/div

图 5-20. RLIM : VIN = 12V , I_{VDD} = 130mA , I_[+5V] = 10mA

5.9 关断

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

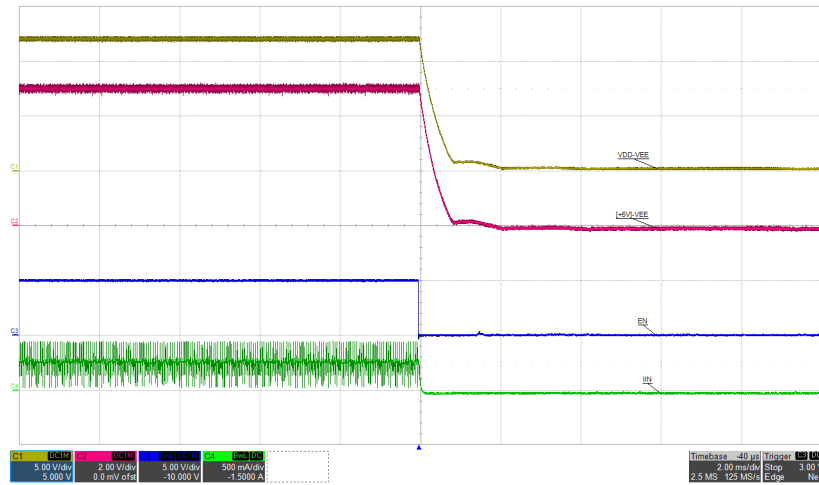


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : IIN , 1A/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 10ms/div
mid-2 : VIN , 5V/div ,	

图 5-21. 通过 VIN 移除来关断 : $V_{IN\text{OFF}} = 7.2\text{V}$, $I_{VDD} = 0\text{mA}$, $I_{[+5V]} = 0\text{mA}$

备注

VDD、VEE 和 [+5V] 等，请参阅表 4-1 和图 4-1。

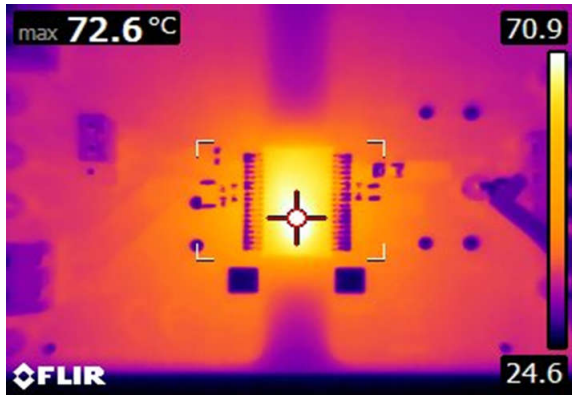


顶部 : VDD-VEE , 5V/div ,	底部 : IIN 0.5A/div ,
mid-1 : [+5V]-VEE , 2V/div ,	时间 = 2ms/div
mid-2 : EN , 5V/div ,	

图 5-22. 通过 EN 低电平来关断 : $V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{VDD} = 130\text{mA}$, $I_{[+5V]} = 10\text{mA}$

5.10 热性能

如图 5-23 所示，满载 EVM 运行会导致 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。



$V_{IN} = 12V$ $V_{DD} = 12V$ $I_{VDD} = 128.5\text{ mA}$
 $V_{+5V} = 5.01V$ $I_{+5V} = 0\text{ mA}$ $P_{OUT} = 1.54W$
 $T_{RISE} = 48^\circ\text{C}$ (请参阅公式 1)

图 5-23. $V_{IN}=12V$, $I_{VDD} = 128.5\text{ mA}$, $1.54W$

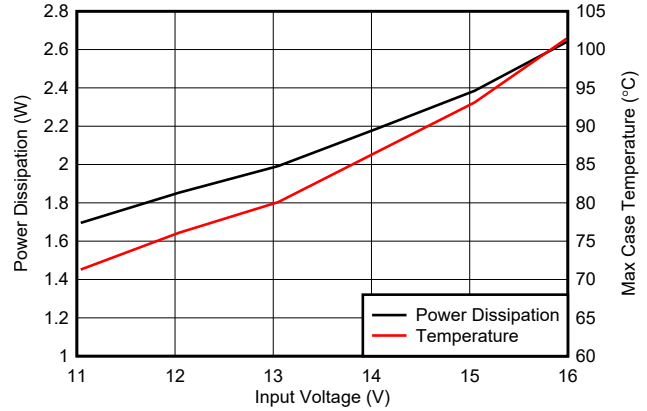
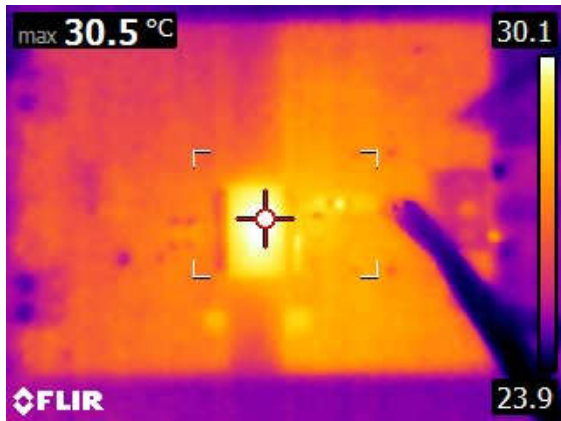


图 5-24. 功率损耗和外壳温度与输入电压间的关系， $T_A=24.6^\circ\text{C}$, $1.54W$

$$T_{RISE} = 72.6^\circ\text{C} - 24.6^\circ\text{C} = 48^\circ\text{C}$$

(1)



$V_{IN} = 12V$ $V_{DD} = 12V$ $I_{VDD} = 0\text{ mA}$
 $V_{+5V} = 5.01V$ $I_{+5V} = 0\text{ mA}$ $P_{OUT} = 0W$
 $T_{RISE} = 6.6^\circ\text{C}$ (请参阅公式 2)

图 5-25. $V_{IN}=12V$, $I_{VDD} = 0\text{ mA}$, $P_{OUT} = 0W$

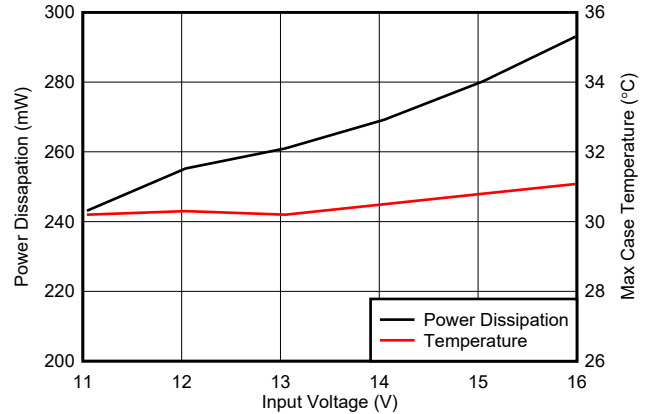


图 5-26. 功率损耗和外壳温度与输入电压间的关系， $T_A=23.9^\circ\text{C}$, $0W$

$$T_{RISE} = 30.5^\circ\text{C} - 23.9^\circ\text{C} = 6.6^\circ\text{C}$$

(2)

6 组装和印刷电路板 (PCB) 层

UCC14131EVM-070 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。

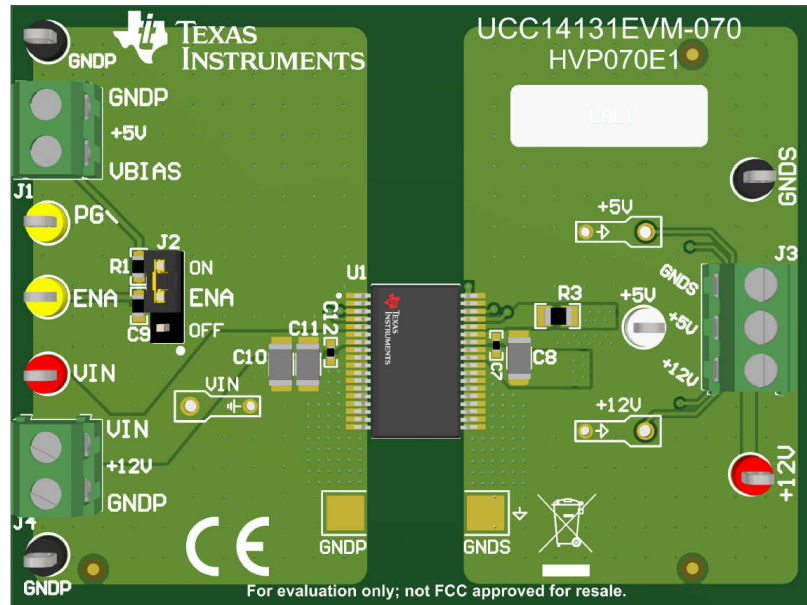


图 6-1. UCC14131EVM-070，经全面组装的 3D 顶视图

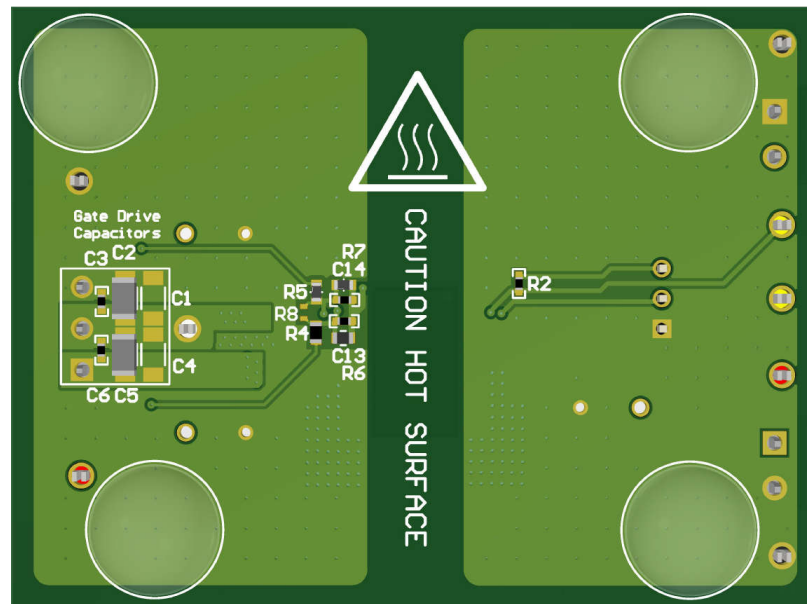


图 6-2. UCC14131EVM-070，经全面组装的 3D 底视图

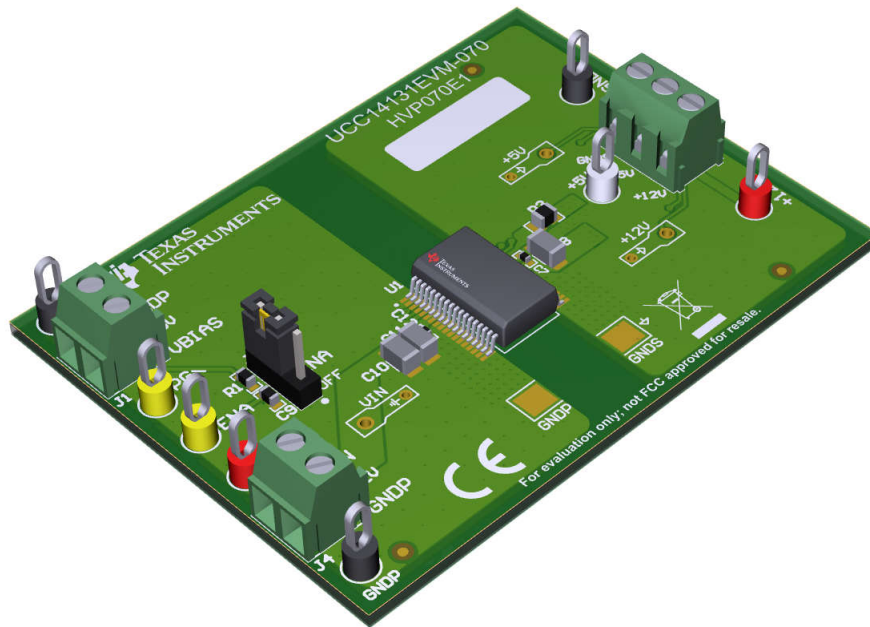


图 6-3. UCC14131EVM-070 , 3D 角度视图

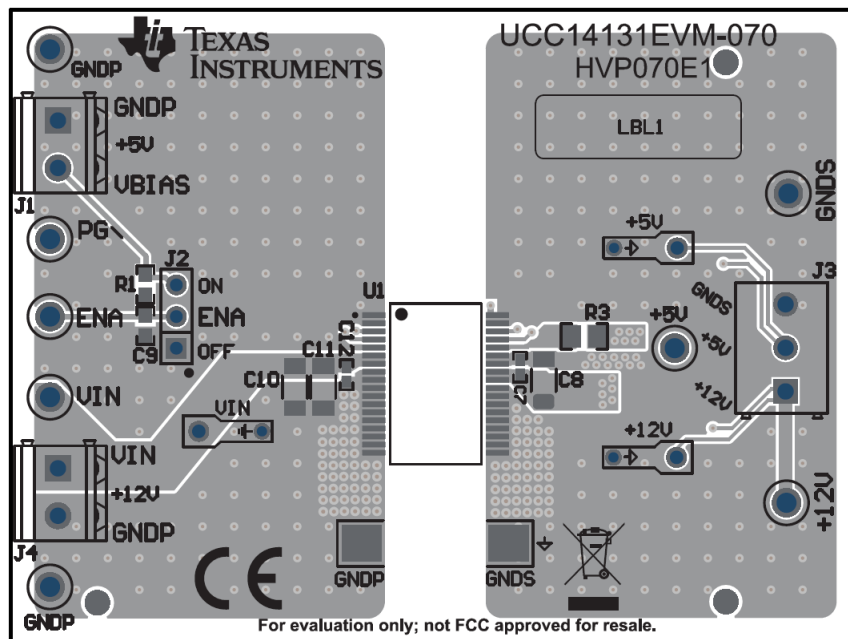


图 6-4. UCC14131EVM-070 , PCB 顶层, 组装

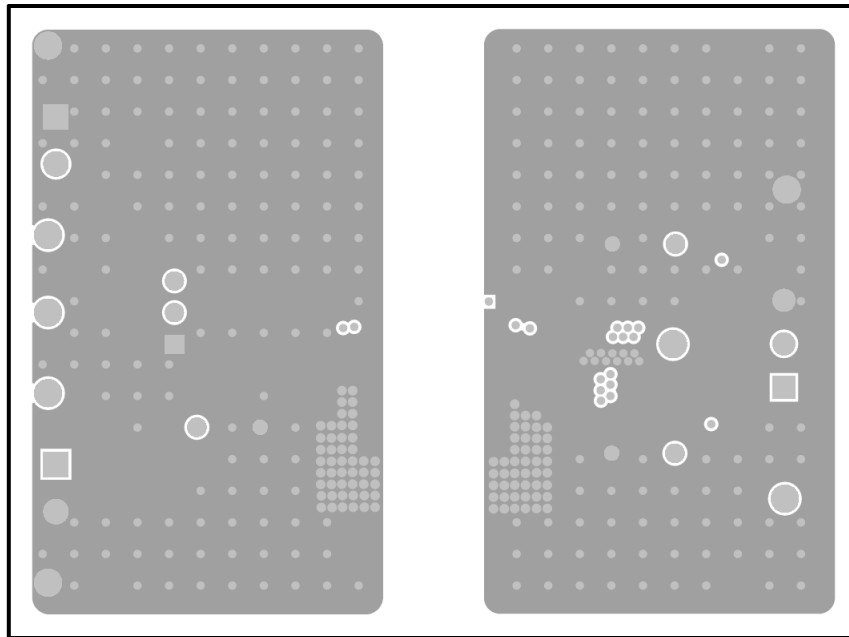


图 6-5. UCC14131EVM-070 , GND 第 2 层 (与第 3 层相同)

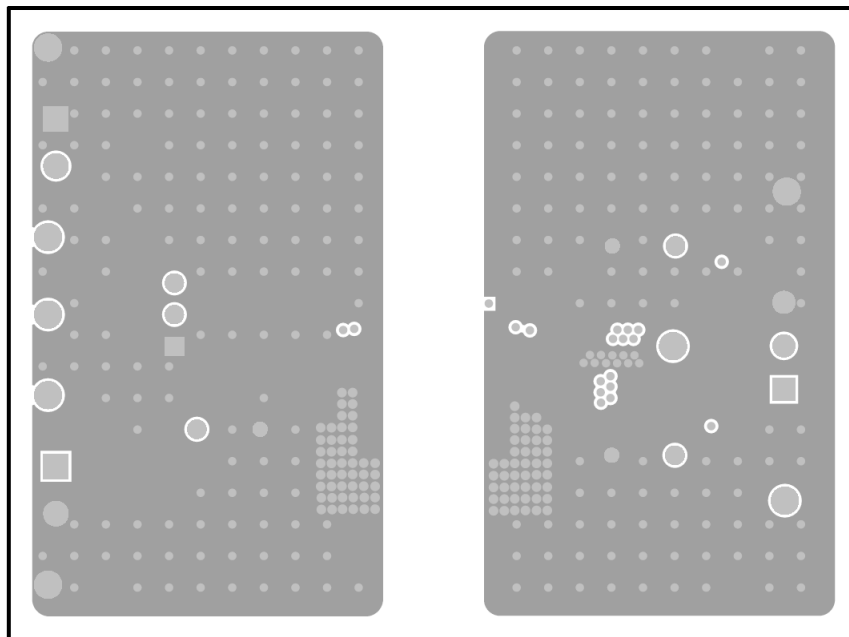


图 6-6. UCC14131EVM-070 , GND 第 3 层 (与第 2 层相同)

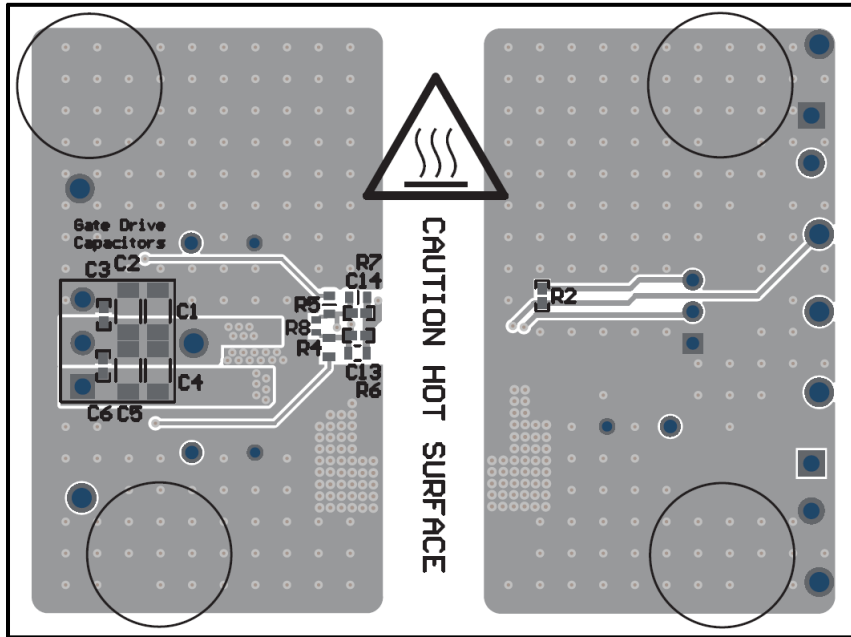


图 6-7. UCC14131EVM-070 , PCB 底层 , 组装 (镜像视图)

7 物料清单 (BOM)

表 7-1. UCC14131EVM-070 BOM

位号	数量	描述	器件型号	制造商
PCB1	1	印刷电路板	HVP070E1	不限
C1	0	电容, 陶瓷, 10 μ F, 35V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1206_190	CGA5L1X7R1V106K160AC	TDK
C2、C8、C10、C11	4	电容, 陶瓷, 10 μ F, 35V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1206_190	CGA5L1X7R1V106K160AC	TDK
C3、C6、C7、C12	4	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM155R71H104KE02D	MuRata
C4	0	电容, 陶瓷, 6.8 μ F, 35V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1206_190	CGA5L1X7R1V685K160AC	TDK
C5	1	电容, 陶瓷, 6.8 μ F, 35V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1206_190	CGA5L1X7R1V685K160AC	TDK
C9	1	电容, 陶瓷, 0.047 μ F, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	AC0603KRX7R7BB473	Yageo
C13、C14	2	电容, 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		端子块, 3.5mm, 3x1, TH	691214110003	Würth Elektronik
R1	1	电阻, 10.0k Ω , 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
R2	1	电阻, 100k Ω , 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2GEJ104X	Panasonic
R3	1	电阻, 475 Ω , 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	CRCW0805475RFKEA	Vishay-Dale
R4	1	电阻, 42.2k Ω , 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0742K2L	Yageo
R5、R7	2	电阻, 49.9k Ω , 0.1%, 0.1W, 0603	ERA-3AEB4992V	Panasonic
R6	1	电阻, 11.1k Ω , 0.1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	TNPW060311K1BEEN	Vishay-Dale
R8	0	电阻, 0 Ω , 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2GE0R00X	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, 12V Vout, 高密度, 5kVRMS 隔离式直流/直流模块	UCC14131DWNQ1	德州仪器 (TI)
U1-替代器件	0	1.5W, 12V Vin, 12V Vout, 高密度, 3kVRMS 隔离式直流/直流模块	UCC14130DWNQ1	德州仪器 (TI)

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 * (March 2023) to Revision A (September 2023)	Page
• 更改了摘要以包含 UCC14130-Q1 和 UCC14131-Q1.....	1
• 添加了 U1 元件选择 部分.....	3
• 更改了表 1-2 的 VIN，引脚 6、7 行中的电容器建议.....	3
• 添加了 1 个 U1 备选器件型号以包含 UCC14130-Q1.....	30

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