

EVM User's Guide: UCC33421EVM-092

适用于汽车和工业应用的 UCC33421-Q1 评估模块



说明

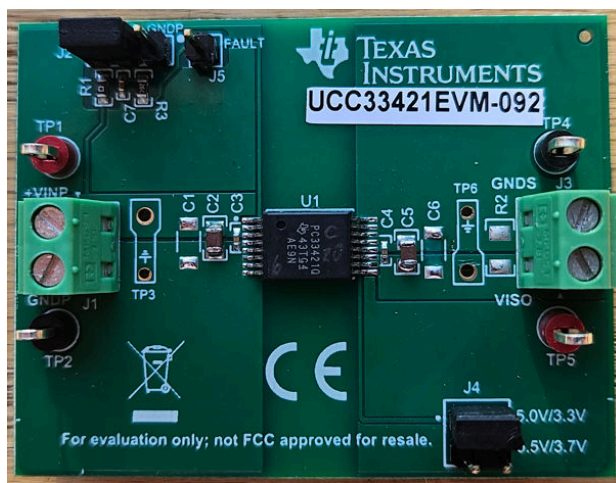
UCC33421EVM-092 旨在供设计人员评估 UCC33xx1 系列汽车和工业级器件的性能和能力。UCC33421 是一种隔离式直流/直流转换器模块，能够在极小的紧凑型 DHA-16 (5.85mm × 7.50mm × 2.65mm) 封装中提供 1.5W 的功率和 5kVrms 的隔离，缩小了尺寸并提供高功率密度。在输入侧，UCC334x1 器件可在 4.5V 至 5.5V 电压范围内工作，UCC330x1 可在 3.0V 至 5.5V 电压范围内工作。配置 SEL 引脚时，UCC33x21 器件可将次级侧电压调节至 5V 或 5.5V，UCC33x11 可将电压调节至 3.3V 或 3.7V。此 EVM 展示了汽车和工业级应用中使用的典型隔离式偏置电压。

特性

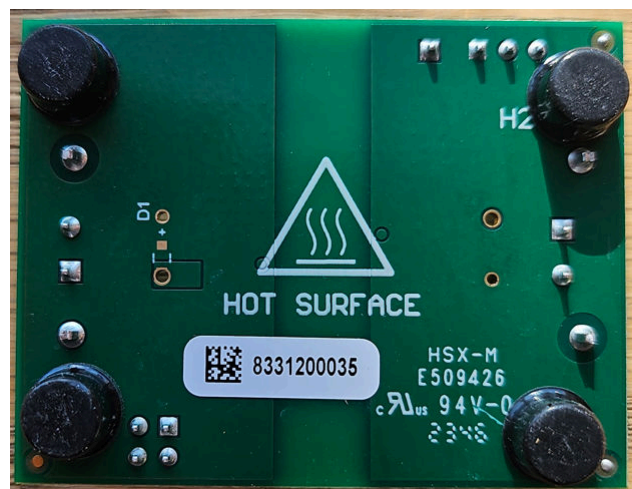
- UCC33421-Q1 具有隔离式偏置电源电压的 1.5W 直流/直流隔离式转换器模块
- 变压器、功率级和控制级完全集成在 5.85mmx7.50mmx2.65mm DHA-16 封装中
- AEC-Q100、5kVrms 隔离、保护特性和低电磁干扰
- EVM 展示了汽车和工业应用中使用的隔离式偏置电源

应用

- 电池管理系统 (BMS)
- 混合动力汽车/电动汽车 OBC 和直流/直流转换器
- 牵引逆变器
- 工厂自动化 PLC 模块
- 电动汽车充电基础设施
- 数字隔离器的隔离式辅助电源
- 隔离式电压和电流传感器的隔离式偏置
- 适用于 RS-485、RS-422 和 CAN 的隔离式辅助电源
- 适用于 MCU 电源的隔离式辅助电源



UCC33421EVM-092 (顶视图)



UCC33421EVM-092 (底视图)

1 评估模块概述

1.1 引言

本用户指南为使用 UCC33421EVM-092 评估德州仪器 (TI) 的 UCC33421-Q1 高频、集成变压器、直流/直流转换器、低辐射、5kV_{RMS} 增强型隔离模块提供了说明和指导。UCC33421-Q1 采用超小型 DHA-16 封装，可提供高功率密度、1.5W 标称功率。UCC33421-Q1 在从初级侧到次级侧的功率转换方面提供了出色的效率，同时不再需要现有设计中常用的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

1.2 套件内容

表 1-1. UCC33421EVM-092 套件内容

位号	说明	数量
PCB1	UCC33421EVM-092 电路板	1

1.3 器件信息

1.3.1 U1 元件选型

UCC33421-Q1 是 UCC33421EVM-092 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都彼此引脚对引脚兼容和 BOM 对 BOM 兼容

表 1-2. UCC334x1-Q1 器件

通用器件型号	可订购器件型号	输入电压/输出电压/隔离
UCC33421-Q1	UCC33421QDHARQ1	4.5V 至 5.5V/5.0V/5kV _{RMS}
UCC33421	UCC33421DHAR	4.5V 至 5.5V/5.0V/5kV _{RMS}
UCC33411-Q1	UCC33411QDHARQ1	4.5V 至 5.5V/3.3V/5kV _{RMS}
UCC33411	UCC33411DHAR	4.5V 至 5.5V/3.3V/5kV _{RMS}

如果需要替换 IC，TI 建议始终采用最佳焊接技术实践，这可能包括采取适当的 ESD 预防措施并安排擅长表面贴装焊接和板级返工的合格人员。

1.3.2 UCC33421-Q1 引脚定义

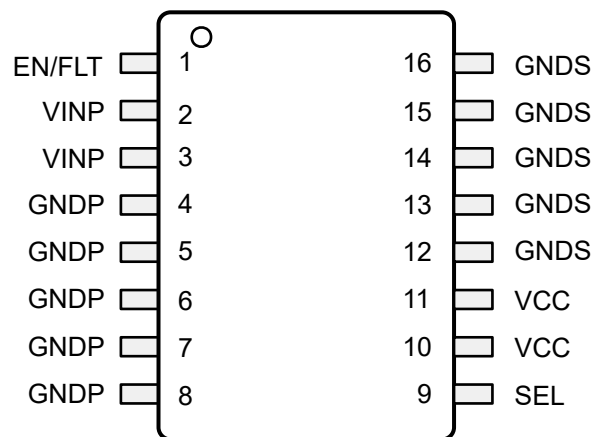


图 1-1. UCC33421-Q1 封装 (顶视图)

表 1-3. UCC33421-Q1 引脚说明

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
EN/FLT	1	I/O	多功能使能输入引脚和输出故障引脚。通过一个 18k Ω 或更大的上拉电阻器连接到微控制器。 使能输入引脚： 强制 EN 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。 故障输出引脚： 该引脚被拉至低电平 200 μ s，以警示电源转换器因故障情况而关断。
VINP	2、3	P	初级输入电源电压。在 VINP 至 GNDP 引脚附近并联连接 15nF (C _{IN1}) 0402 和 10 μ F (C _{IN2}) 陶瓷旁路电容器。
GNDP	4、5、6、7、8	G	VINP 的电源接地回路连接。
SEL	9	I	VCC 选择引脚。当 SEL 连接到 VCC 时，VCC 设定点为 5V；当 SEL 短接至 GNDS 时，则为 5.5V。
VCC	10、11	P	隔离式电源输出电压引脚。在 VCC 和 GNDS 引脚附近并联连接 15nF (C _{OUT1}) 0402 和 22 μ F (C _{OUT2}) 陶瓷旁路电容器。
GNDS	12、13、14、15、16	G	VCC 的电源接地回路连接。

(1) P=电源，G=接地，I=输入，O=输出

1.4 规格

表 1-4. UCC33421-Q1 的 EVM 电气特性

VINP=5V，VCC=5V，T_A=25°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						
VINP	输入电压范围	P _{VCC} =1.5W	4.5	5	5.5	V
I _{IN_FL}	满载时的输入电流	VINP=4.5V 至 5.5V，VCC=5.0V，I _{out} =300mA	489	508	529	mA
I _{IN_NL}	空载时的输入电流	VINP=5.0V，VCC=5.0V，I _{out} =0mA		7	15	mA
输出特性						
VCC	直流满载设定点	VINP=4.5V 至 5.5V，VCC=5.0V，I _{out} =300mA	4.85	5	5.15	V
I _{out}	VCC 负载电流范围	VINP=4.5V-5.5V	0		300	mA
VCC%LD	负载调整率	VINP=5.0V，VCC=5.0V，I _{out} =0mA 至 300mA		0.5		%
VCC(AC)	峰峰交流纹波	20MHz 带宽，VINP=5.0V，VCC=5.0V，I _{out} =300mA，T _a =25°C，C _{OUT} =22 μ F		50	75	mV
P _{MAX}	建议的最大输出功率	VINP=5.0V，I _{out} =300mA，T _a =25°C		1.5		W
系统特性						
η	满负载效率	VINP=5.0V，VCC=5.0V，I _{out} =300mA，T _a =25°C，C _{OUT} =22 μ F		59		%
f _{sw}	开关频率			64.5		MHz

表 1-5. UCC33411-Q1 的 EVM 电气特性

VINP=5V，VCC=3.3V，T_A=25°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						
VINP	输入电压范围	P _{VCC} =1W	4.5	5	5.5	V
I _{IN_FL}	满载时的输入电流	VINP=4.5V 至 5.5V，VCC=3.3V，I _{out} =300mA	375	395	412	mA
I _{IN_NL}	空载时的输入电流	VINP=5.0V，VCC=3.3V，I _{out} =0mA		7	15	mA

表 1-5. UCC33411-Q1 的 EVM 电气特性 (续)

VINP=5V, VCC=3.3V, TA=25°C (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
输出特性						
VCC	直流满载设定点	VINP=4.5V 至 5.5V, VCC=3.3V, I _{out} =300mA	3.2	3.3	3.4	V
I _{out}	VCC 负载电流范围	VINP=4.5V-5.5V	0		300	mA
VCC%LD	负载调整率	VINP=5.0V, VCC=3.3V, I _{out} =0mA 至 300mA		0.5		%
VCC(AC)	峰峰交流纹波	20MHz 带宽, VINP=5.0V, VCC=3.3V, I _{out} =300mA, Ta=25°C, C _{OUT} =22uF		50	75	mV
P _{MAX}	建议的最大输出功率	VINP=5.0V, I _{out} =300mA, Ta=25°C		1		W
系统特性						
η	满负载效率	VINP=5.0V, VCC=3.3V, I _{out} =300mA, Ta=25°C, C _{OUT} =22uF		52		%
f _{sw}	开关频率			64.5		MHz

2 硬件

2.1 EVM 设置和操作

2.1.1 建议测试设备

1. V_{EN} : 直流电源 1 : 5.0V , 10mA
2. V_{INP} : 直流电源 2 : 5.0V , 1A
3. I_{out} : 电子负载或固定电阻器 : 5V , 500mA
4. 用于测量 $<10V$ 直流电压的 (2) 个 DVM
5. 用于在 I_{VINP} 和 I_{out} 上测量 $<1.0A$ 直流电流的 (2) 个 DVM
6. 示波器 : 4 通道 , 500MHz 或更高 , 电压探头 , 电流探头
7. 最小线规 20AWG 至 22AWG 或更大
8. 热像仪或热电偶测量 U1 外壳温度

2.1.2 通过外部连接轻松进行评估

UCC33421EVM-092 EVM 利用螺丝接线端轻松连接至 V_{INP} 和 V_{CC} 。EN 连接通过引脚连接器来实现。连接适当的电流表和电压表，如图 4-1 所示，以便进行准确的 EVM 效率测量。

连接测试设备：

1. 在 J1:1-2 (V_{INP} - $GNDP$) 处连接能够提供电压 $4.5V < V_{INP} < 5.5V$ 和电流 1A 的 V_{INP} 直流电源。将电源禁用，将电源调整为 5.0V，并将电流限值设置为 4A。
2. 在 J2:2-1 处连接一个能够提供 5V 100mA 的电源或函数发生器，以用作 EN/FLT 的上拉偏置。电源被禁用时，设定为 3.3V/5.0V。用户可以选择在 J2 : 1-2 (左上角) 处连接跳线来短接 $+V_{INP}$ 和 EN 引脚，从而将输入电源用作偏置电源。
3. 在 J3:1 (V_{CC}) 和 J3:2 ($GNDS$) 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) 300mA。在 EVM 通电之前，将负载保持为禁用状态。
4. 当设置在低 mA 范围内时，某些电子负载无法调节或无法稳定 CC。通过插入电流表来监测输入电流和负载电流，如图 2-1 所示。电流探头可以与示波器结合使用，以验证由电子负载调节的直流电流的稳定性。

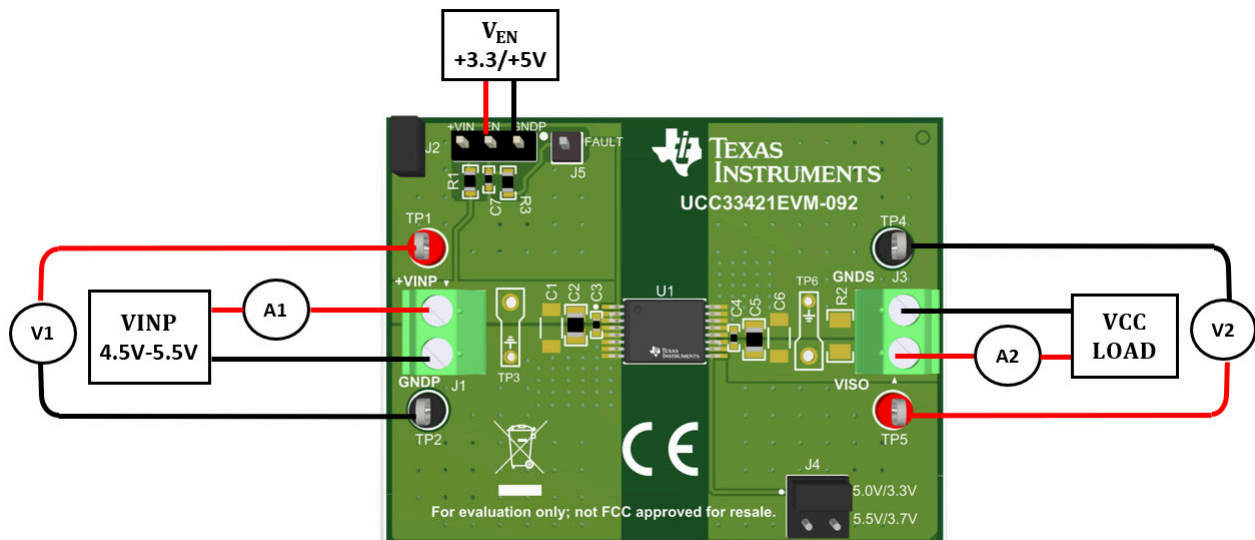


图 2-1. 典型效率测量设置

2.1.3 为 EVM 供电

警告



- 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 100°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。

2.1.3.1 加电以便启动

1. 验证 VINP 和 V_{EN} 电源是否关闭/禁用，并且未向 DUT 施加电压。
2. 验证 VCC 上的负载是否已禁用。
3. 打开 VINP 直流电源。验证 TP1 至 TP2 是否存在 5V 电压。
4. 打开 V_{EN} 辅助电源。现在，EVM 在无负载条件下的输出 VCC 已处于稳压状态。
5. 验证 VCC-GNDS 上是否存在 5V 电压。
6. 在 VCC 上启用 300mA 负载。
7. UCC33421-Q1 现在正在调节 VCC 并处理约 1.5W 的隔离式输出功率。
8. VINP 在 4.5V < VINP < 5.5V 之间变化，I_{out} 在 0mA < I_{out} < 300mA 之间变化。
9. 将示波器探头插入 TP3 和 TP6，以测量 VINP 和 VCC 启动、稳态和交流纹波电压。

2.1.3.2 断电以便关断

1. 关闭 V_{EN} 电源。
2. 禁用 I_{out} 负载。
3. 关闭 VINP 电源。

2.1.4 EVM 测试点

表 2-1 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节 2.1.1 中概述的实验室测试设备。保持初级侧 GN_{DP} 和次级侧 GN_{DS} 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 GN_{DS} 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 GN_{DP} 为基准。

表 2-1. 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	VINP, 初级输入电压。	4.5	5.0	5.5	V	
J2:1-2	I	黑色	EN, 开启		0		V	
J2:2-3	I	黑色	EN, 关闭	0	V _{EN}	5.5	V	
J4:1-2	O	黑色	选择器 5.0V/3.3V 输出电压。	0		5.7	V	
J4:3-4	O	黑色	选择器 5.5V/3.7V 输出电压。	0		5.7	V	
J3	O	绿色	VCC, 次级输出电压。	0		5.7	V	
TP1	TP	红色	VINP, 初级输入电压测试点。	4.5	5	5.5	V	
TP2	TP	黑色	GN _{DP} , 初级地测试点。		0		V	
TP3	TP	PCB	VINP 至 GN _{DP} , 示波器探测点。	4.5	5	5.5	V	
TP4	TP	黑色	GN _{DS} , 次级地测试点。		0		V	
TP5	TP	红色	VCC, 次级输出电压测试点。	4.85	5	5.15	V	
TP6	TP	PCB	VCC 至 GN _{DS} , 示波器探测点。	SEL 5.0V	4.85	5	5.15	V
				SEL 5.5V	5.34	5.5	5.67	V

2.1.5 示波器探头：探测 EVM

使用 TP3 和 TP6 示波器探头 PCB 测试点

UCC33421-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，然后将探头尖端和接地环插入 EVM，如图 2-2 所示。

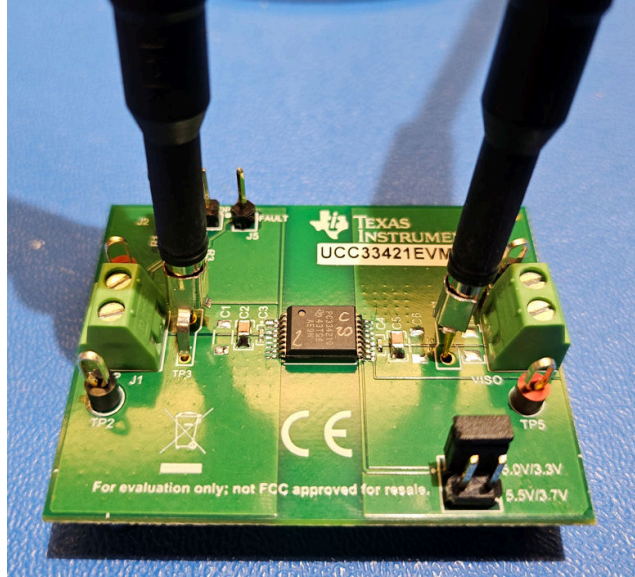


图 2-2. PCB 示波器探头测试点

EVM 输入 (VINP、GNDP) 和输出命名规则 (VCC、GNDS) 与需要从初级侧和次级侧偏置的隔离式放大器中的常用名称相对应。

3 实现结果

3.1 性能数据

UCC33421-Q1 : VINP=5.0V , VCC=5.0V , TA=25°C (除非另有说明) 。

UCC33411-Q1 : VINP=5.0V , VCC=3.3V , TA=25°C (除非另有说明) 。

3.1.1 效率数据

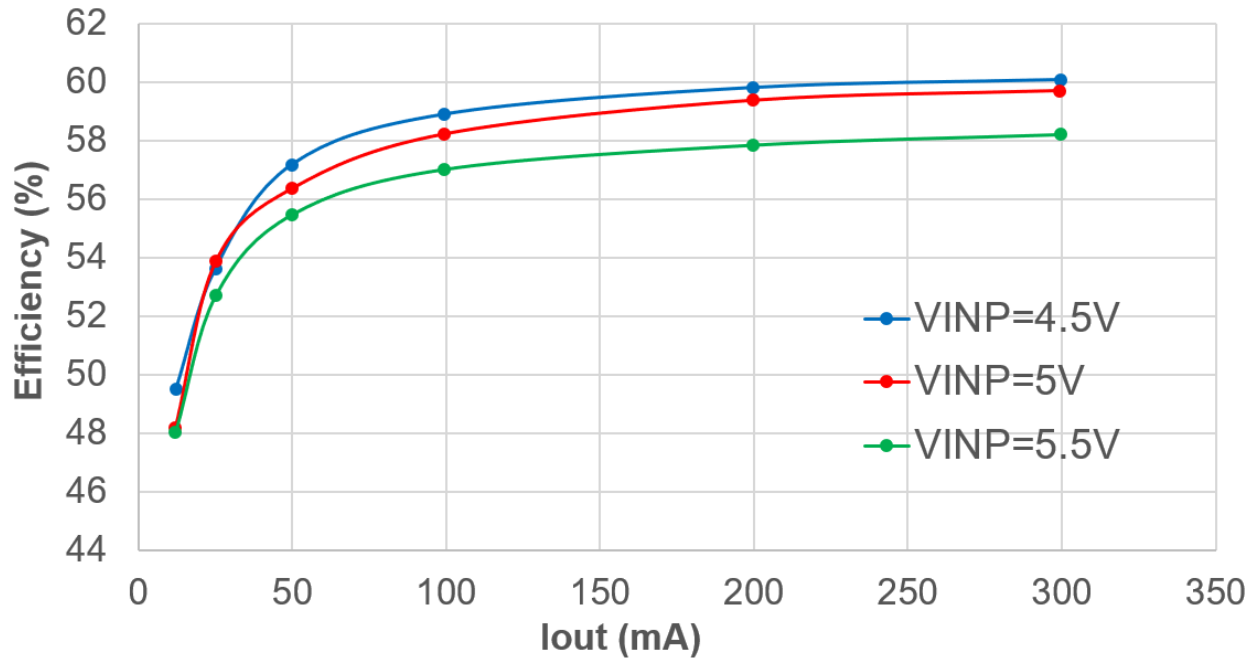


图 3-1. UCC33421-Q1 在 VCC = 5.0V 时的效率

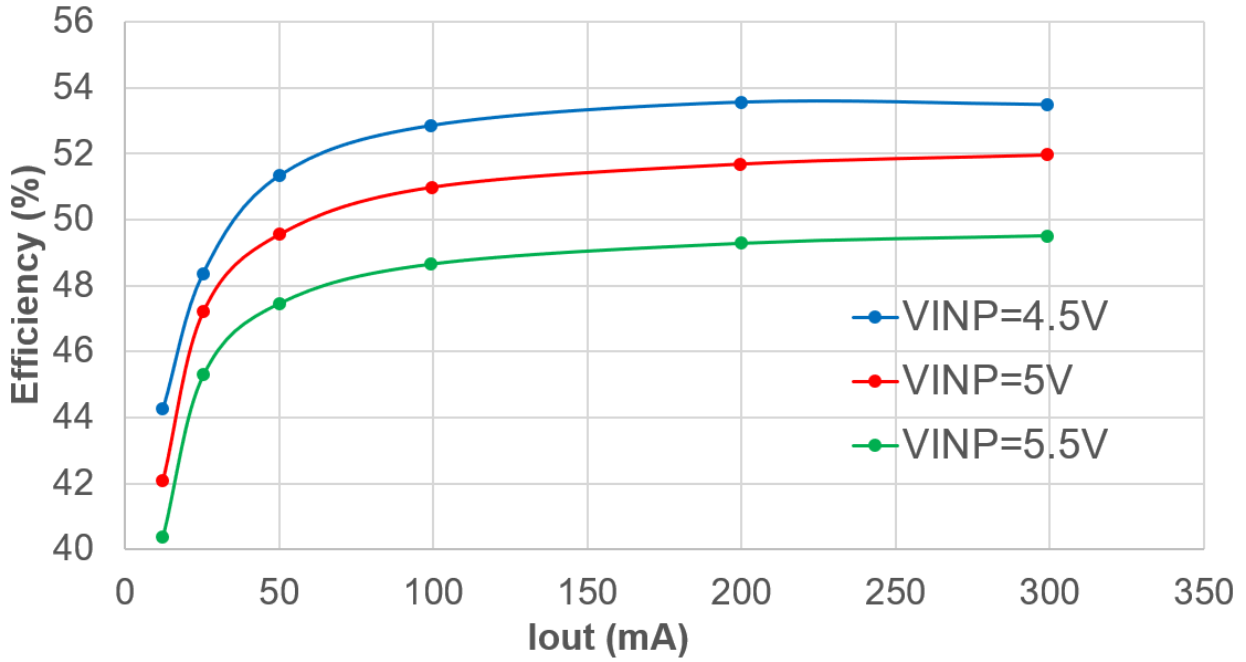


图 3-2. UCC33411-Q1 在 VCC = 3.3V 时的效率

3.1.2 调节数据

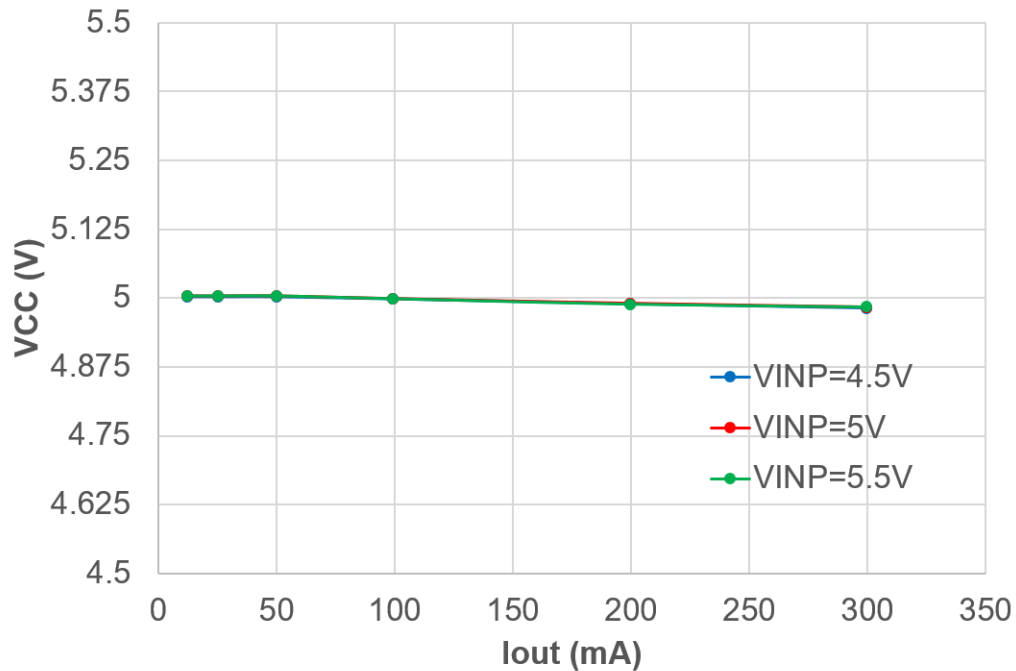


图 3-3. UCC33421-Q1 调节与负载电流间的关系 VCC = 5.0V

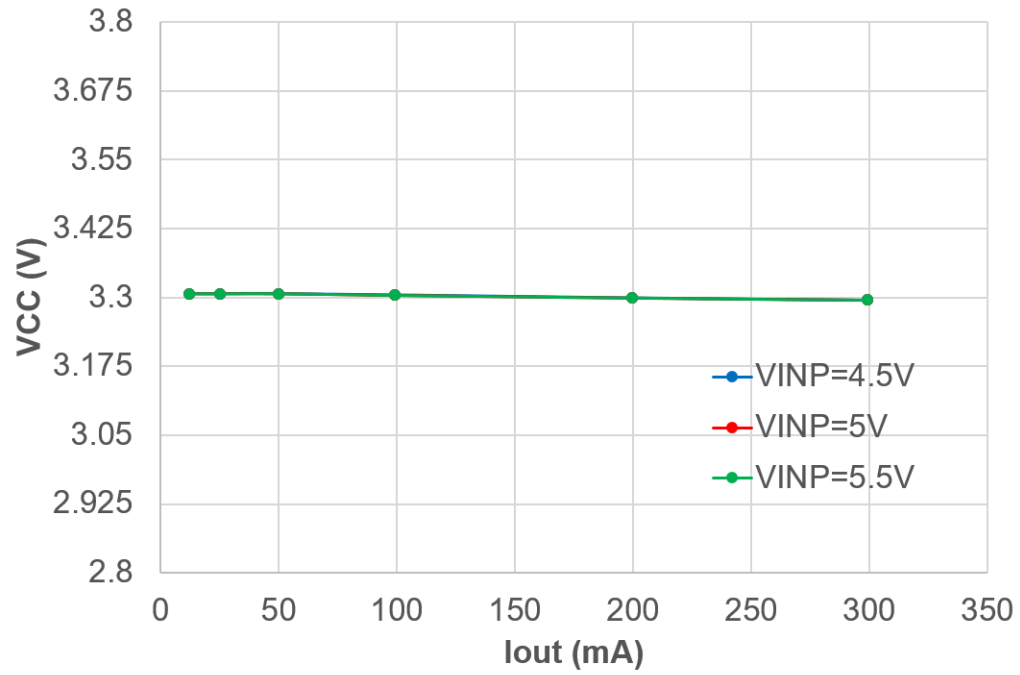


图 3-4. UCC33411-Q1 调节与负载电流间的关系 $V_{CC} = 3.3V$

3.1.3 启动波形

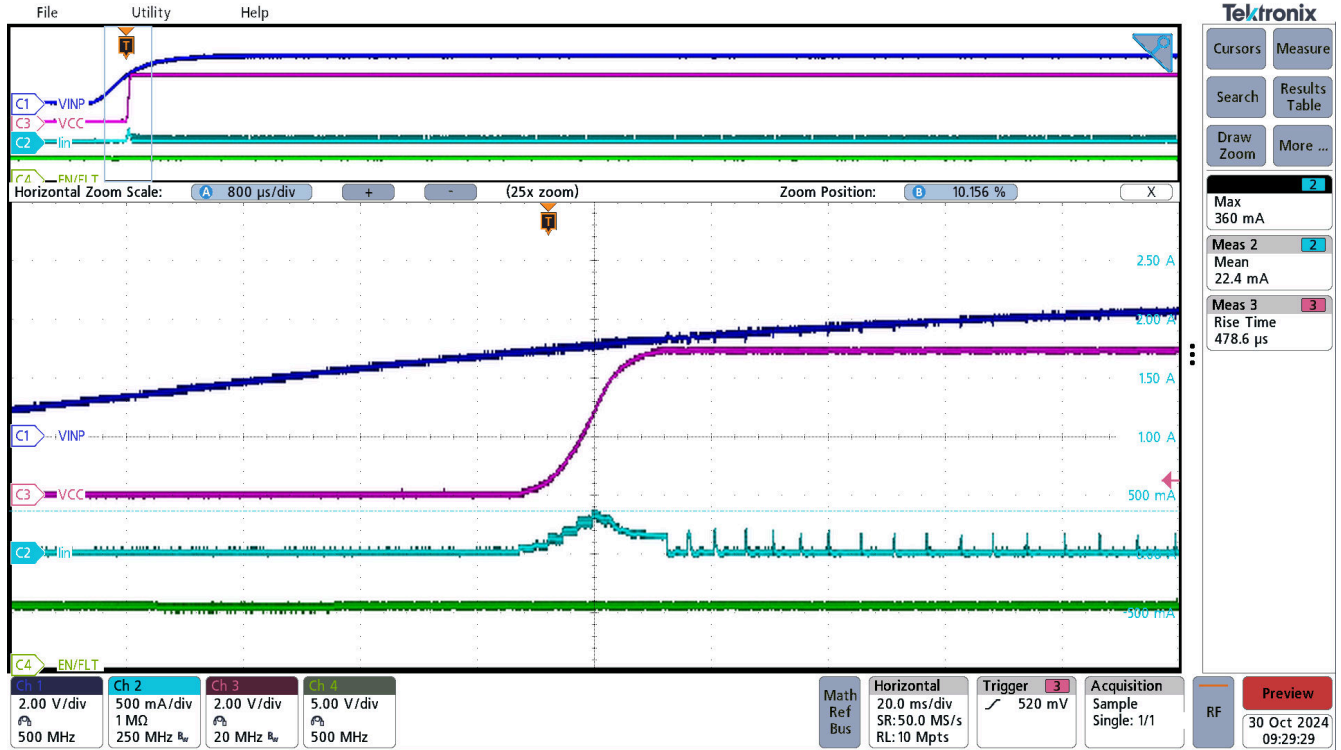


图 3-5. UCC33421-Q1 启动，序列 EN=5.0V → VINP=5.0V，VCC =5.0V，I_{OUT}=0mA

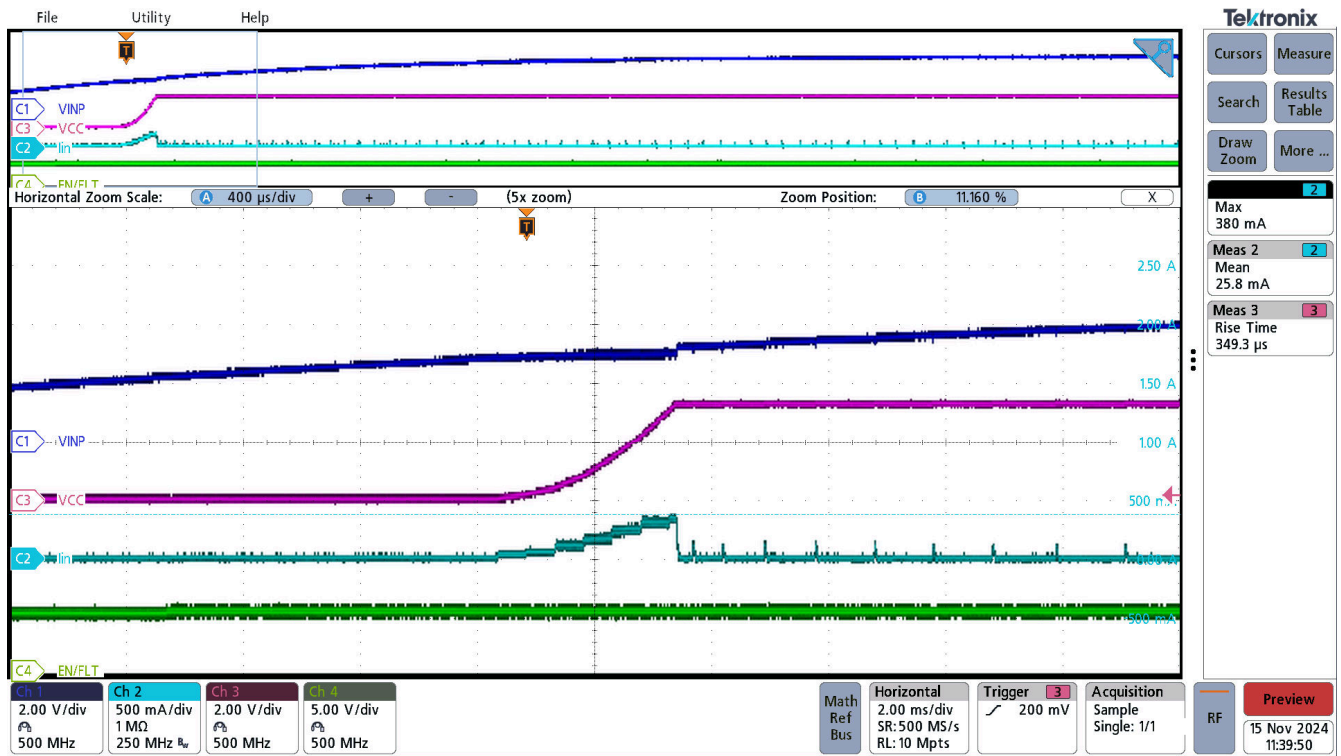


图 3-6. UCC33411-Q1 启动，序列 EN=5.0V → VINP=5.0V，VCC =3.3V，I_{OUT}=0mA

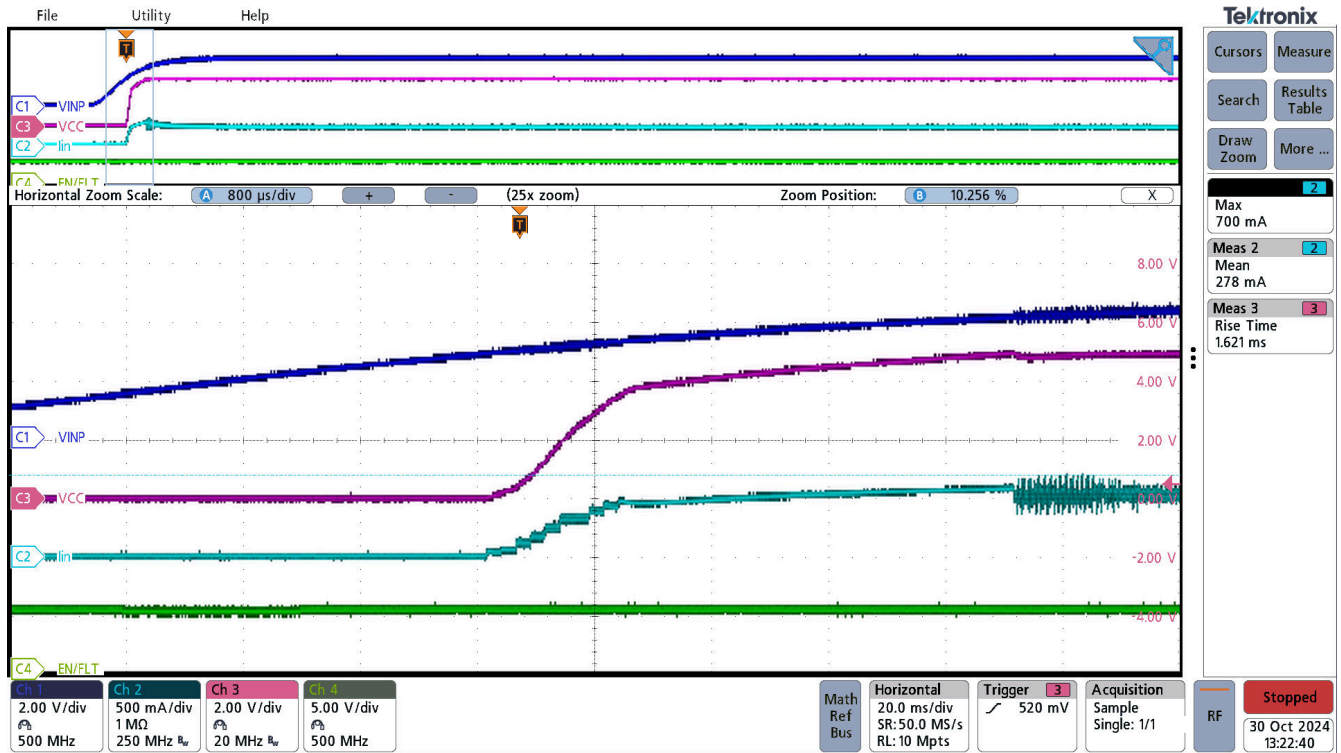


图 3-7. UCC33421-Q1 启动，序列 EN=5.0V → VINP=5.0V，VCC =5.0V，Rload=18 Ω

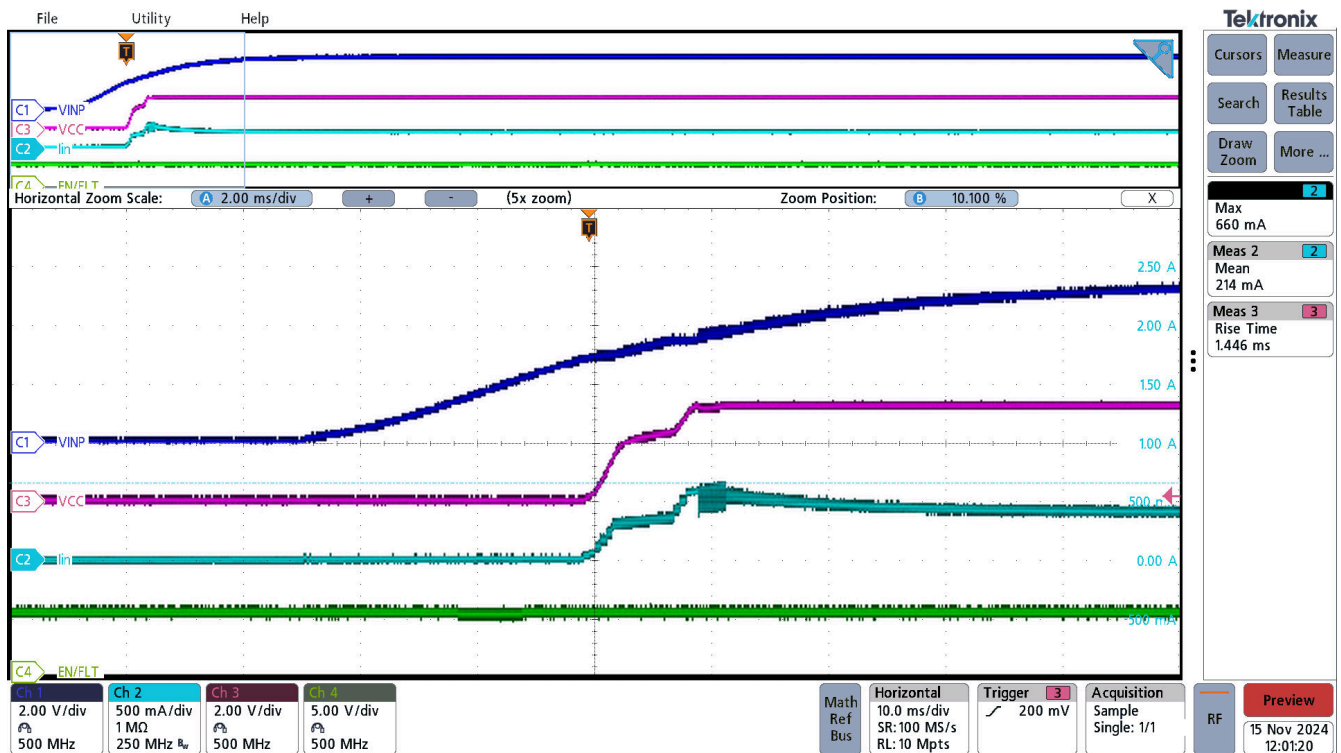


图 3-8. UCC33411-Q1 启动，序列 EN=5.0V → VINP=5.0V，VCC =3.3V，Rload=10 Ω

3.1.4 浪涌电流

首先在施加 VINP 的情况下进行浪涌电流测量，然后再切换 EN 引脚。输入电容器预偏置到 VINP，对测得的浪涌电流的影响可以忽略不计。

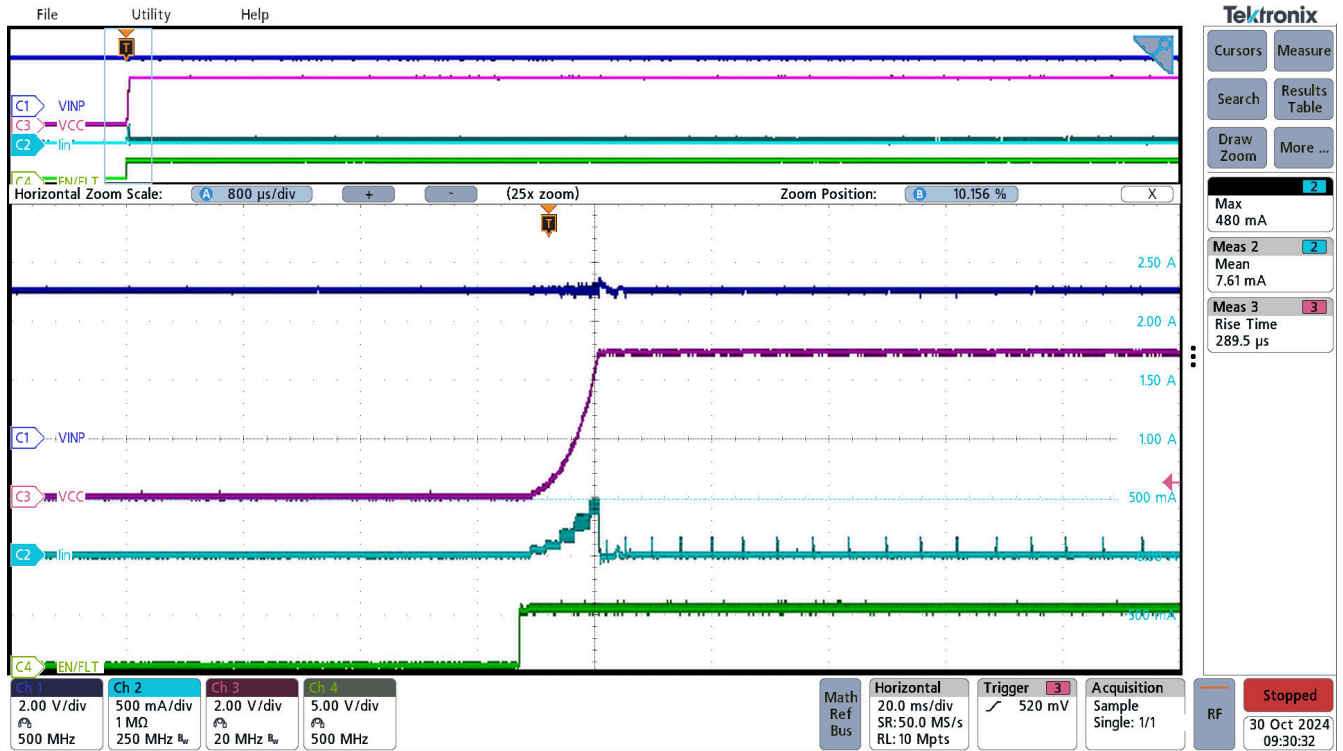


图 3-9. UCC33421-Q1 浪涌电流，序列 VINP=5.0V → EN=5.0V，VCC = 5.0V，I_{OUT} = 0mA

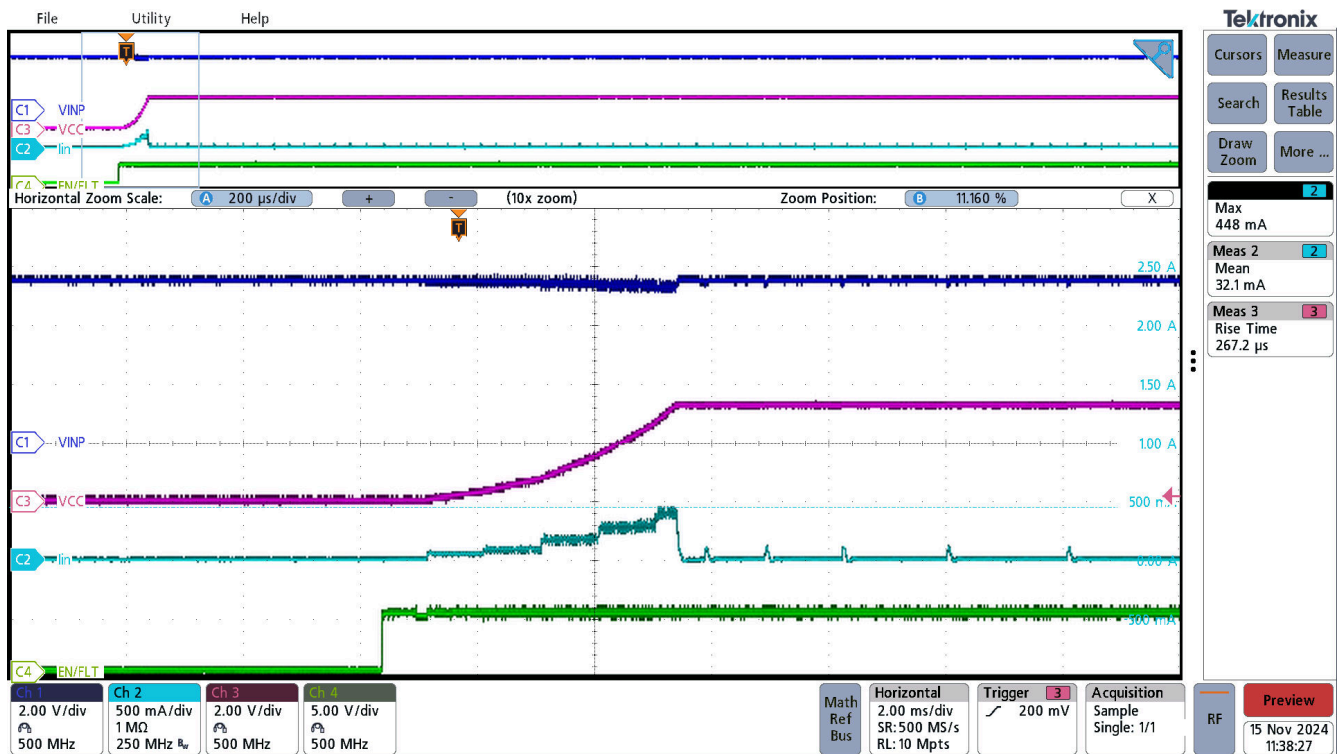


图 3-10. UCC33411-Q1 浪涌电流，序列 VINP=5.0V → EN=5.0V，VCC = 3.3V，I_{OUT} = 0mA

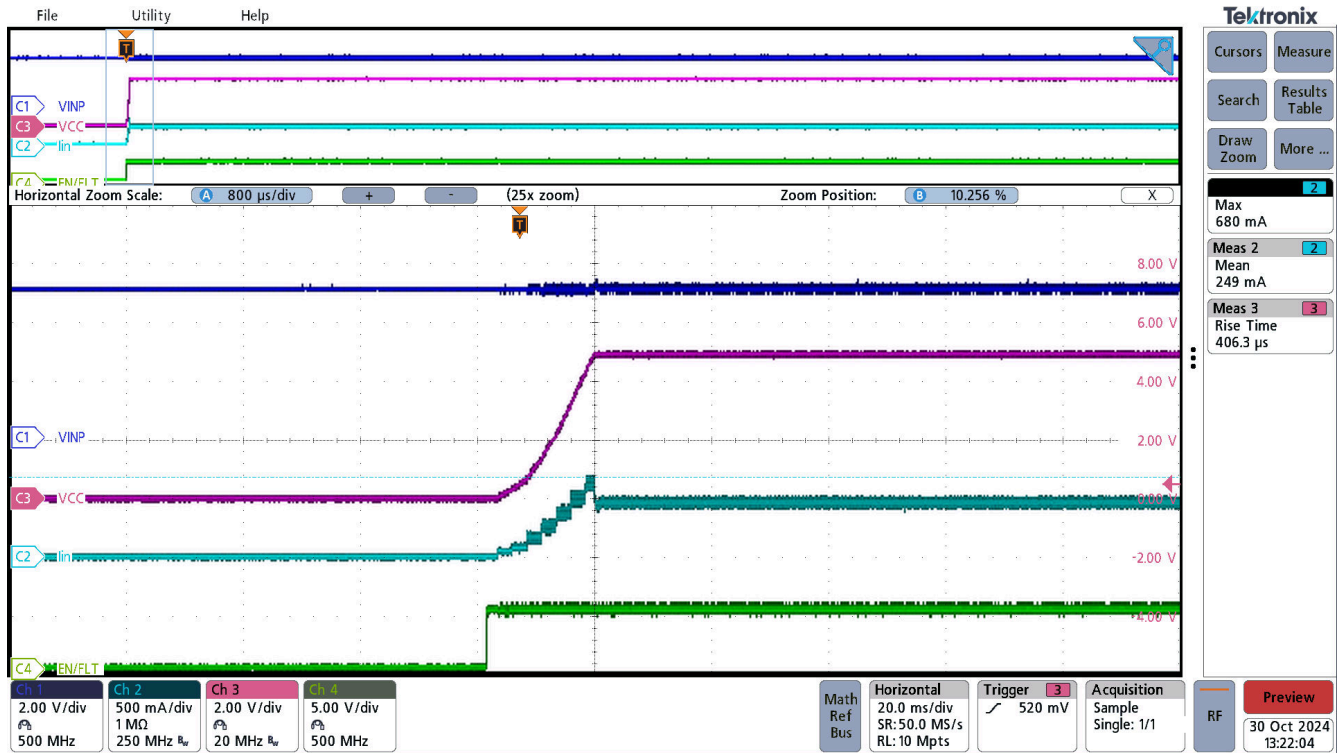


图 3-11. UCC33421-Q1 浪涌电流，序列 VINP=5.0V → EN =5.0V，VCC=5.0V，Rload=18 Ω

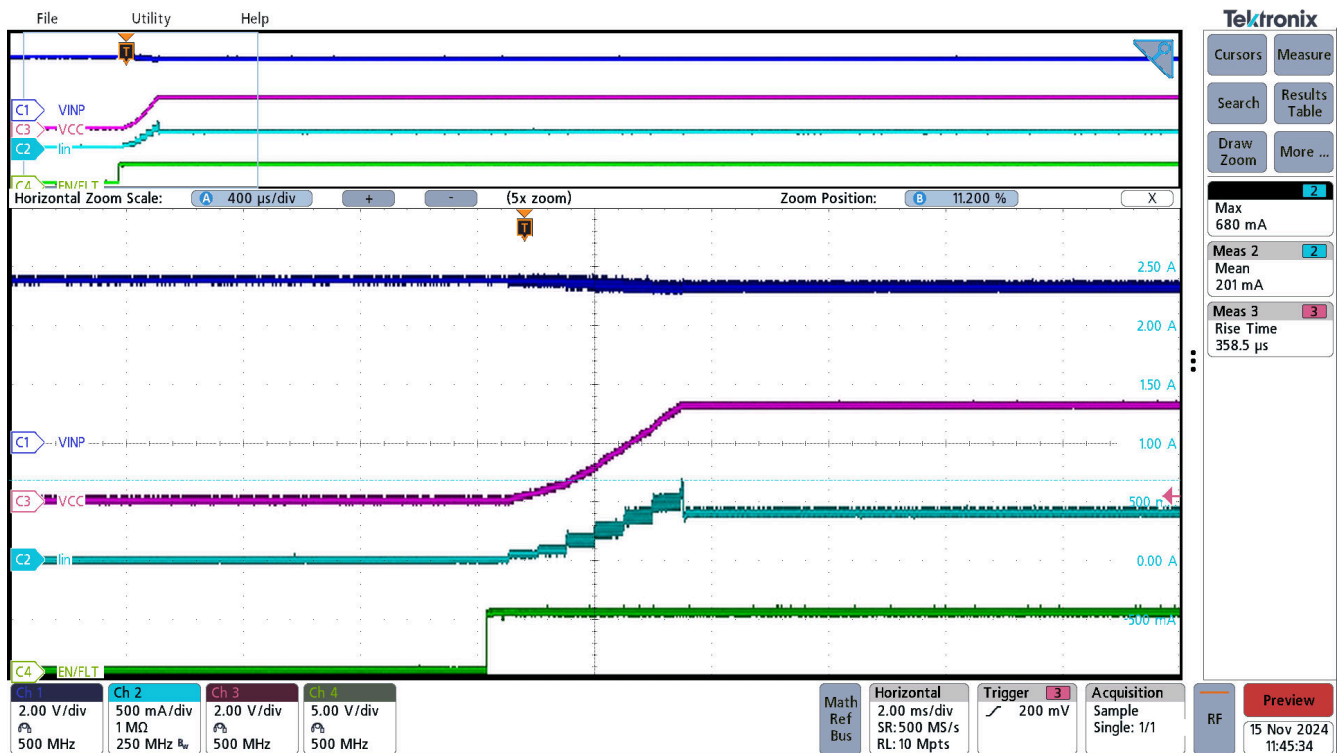


图 3-12. UCC33411-Q1 浪涌电流，序列 VINP=5.0V → EN =5.0V，VCC=3.3V，Rload=10 Ω

3.1.5 交流纹波电压

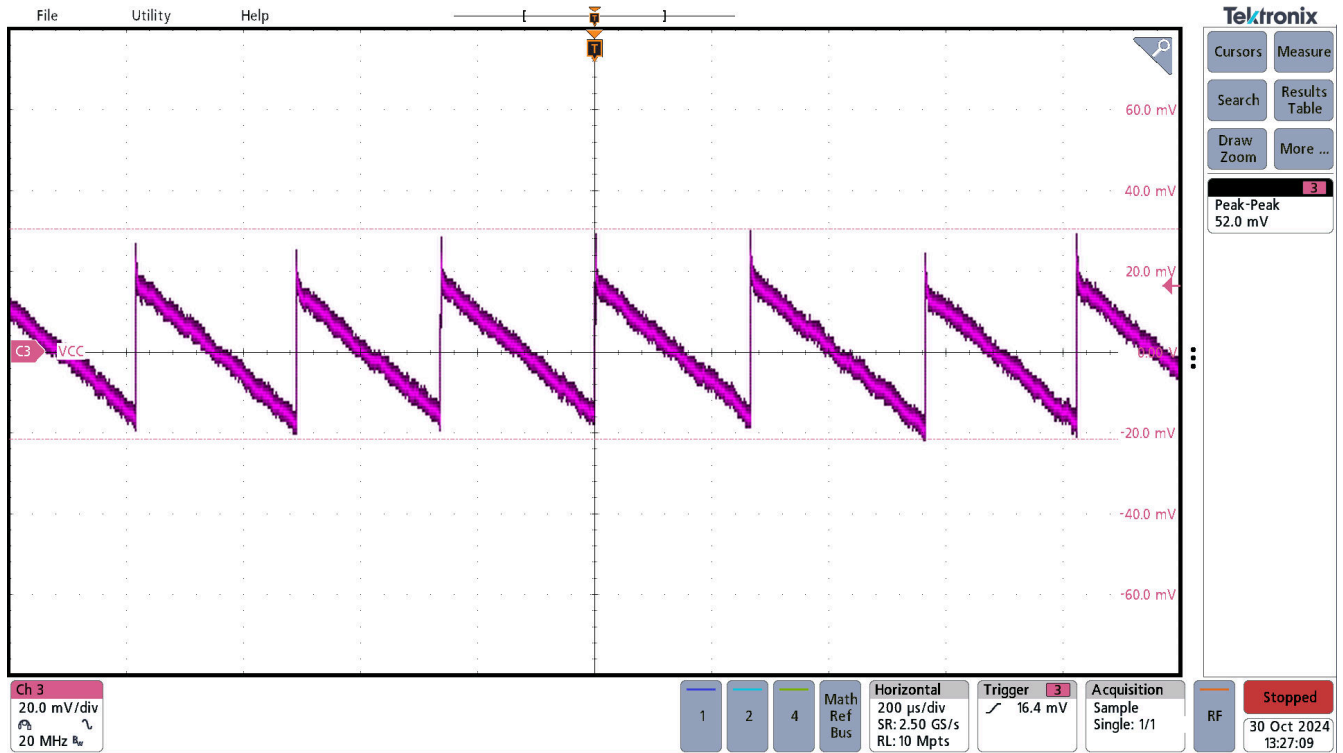


图 3-13. UCC33421-Q1 VCC 交流纹波, VINP=5.0V, VCC = 5.0V, IOUT = 0mA

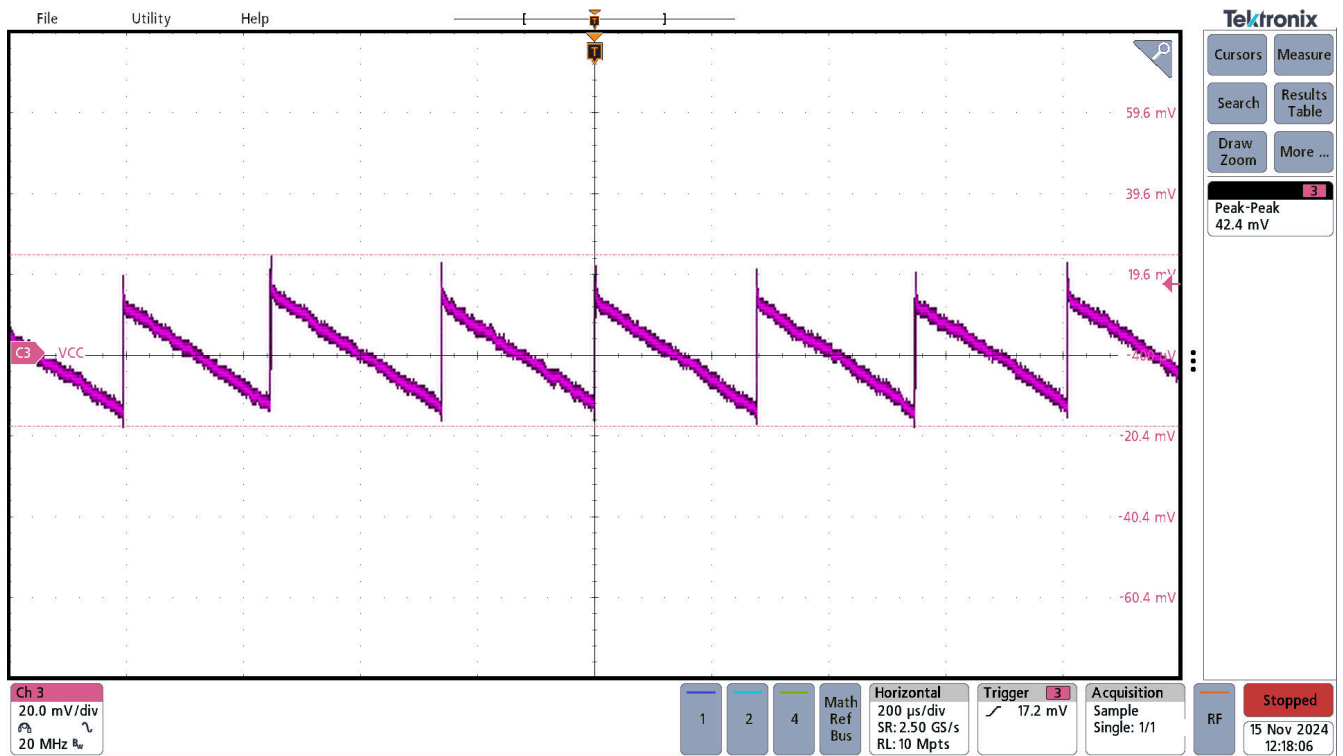


图 3-14. UCC33411-Q1 VCC 交流纹波, VINP=5.0V, VCC = 5.0V, IOUT = 0mA

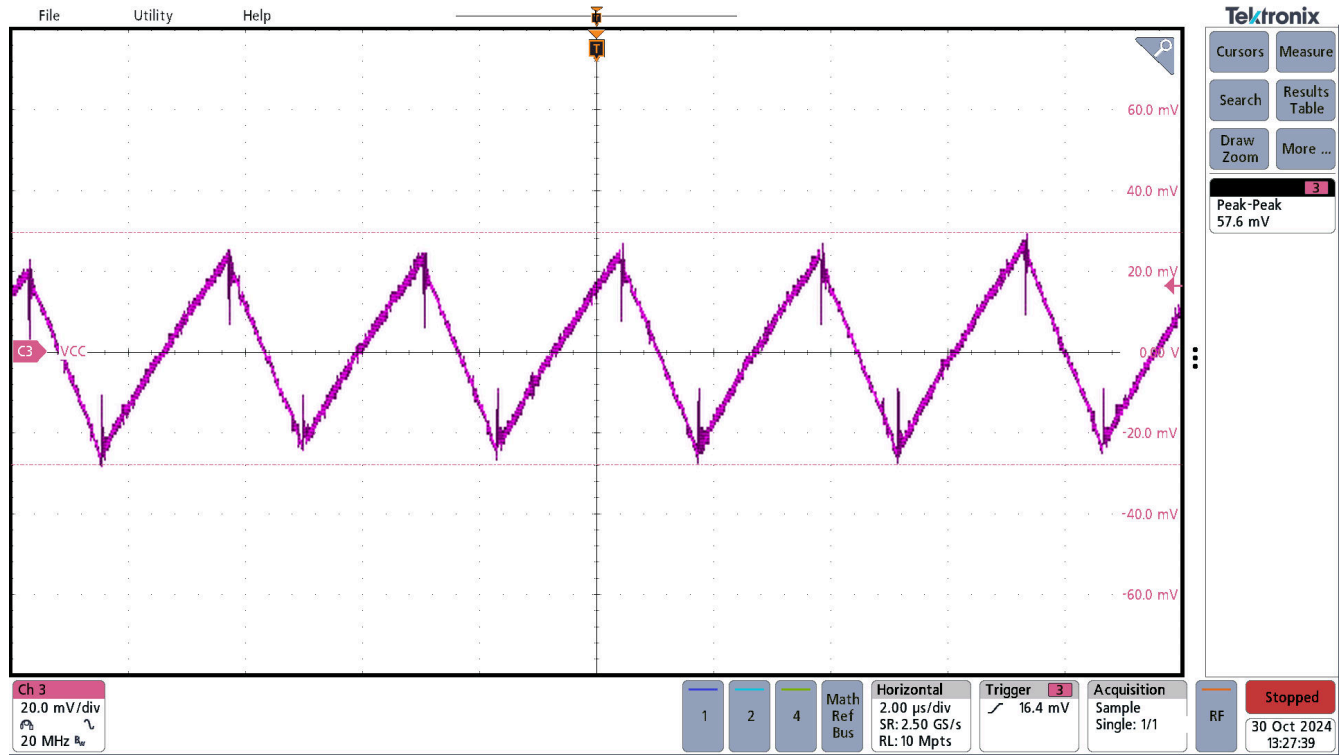


图 3-15. UCC33421-Q1 VCC 交流纹波, VINP=5.0V, VCC = 5.0V, I_{OUT} = 300mA

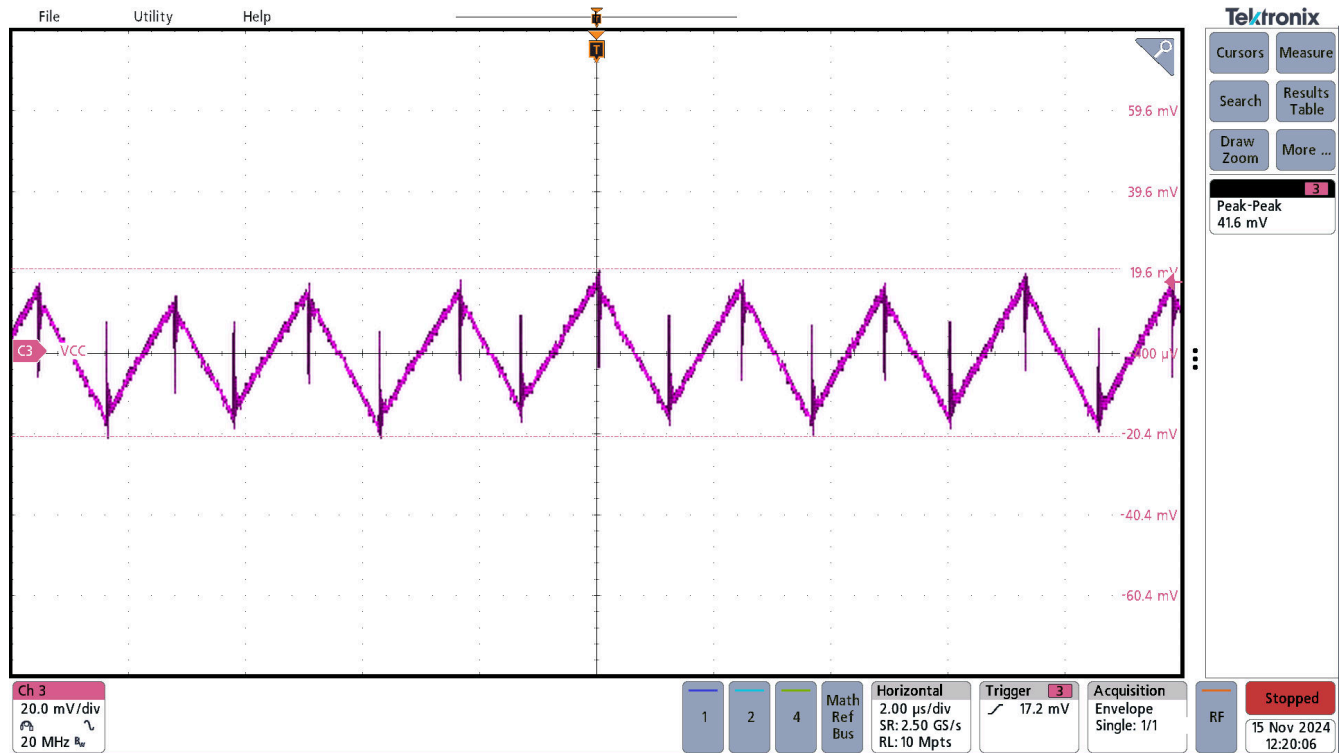


图 3-16. UCC33411-Q1 VCC 交流纹波, VINP=5.0V, VCC = 5.0V, I_{OUT} = 300mA

3.1.6 负载瞬态

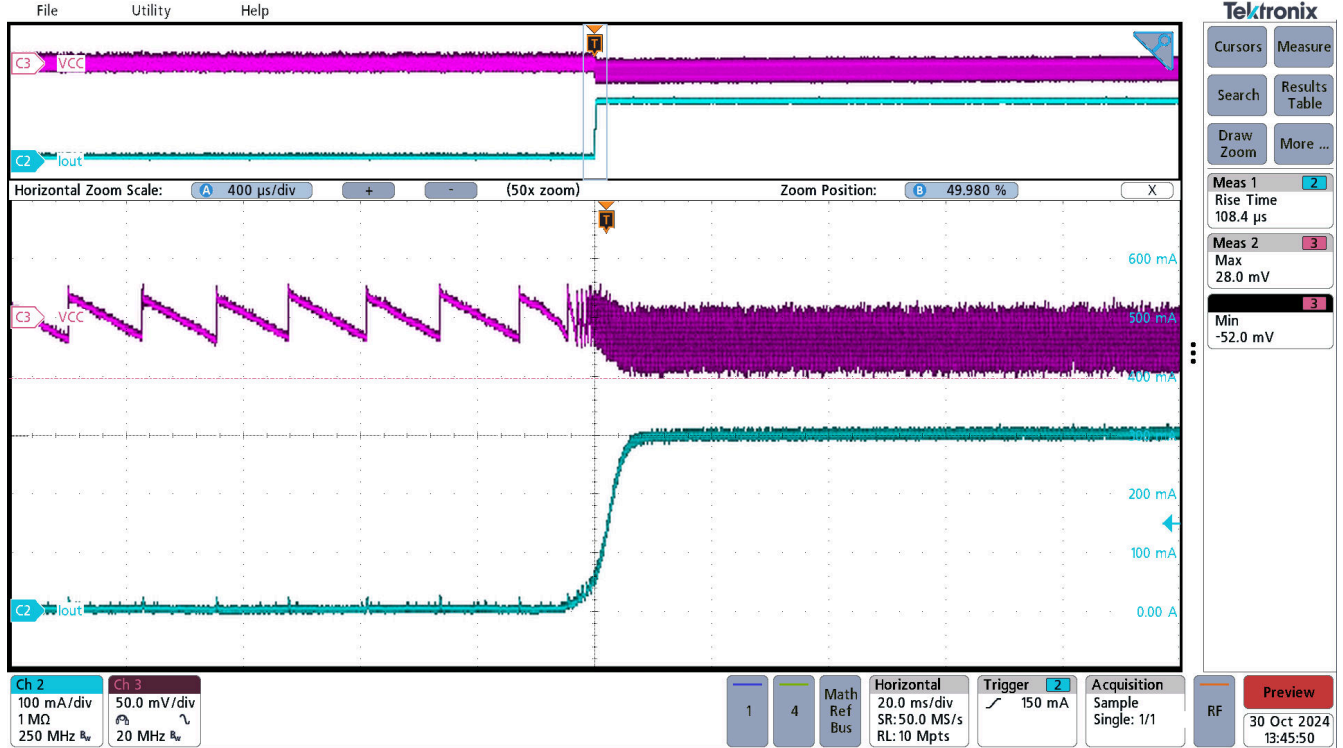


图 3-17. UCC33421-Q1 负载瞬态, VINP=5.0V, VCC=5.0V, 空载 ($I_{out}=0$ mA) 到满载 ($I_{out}=300$ mA)

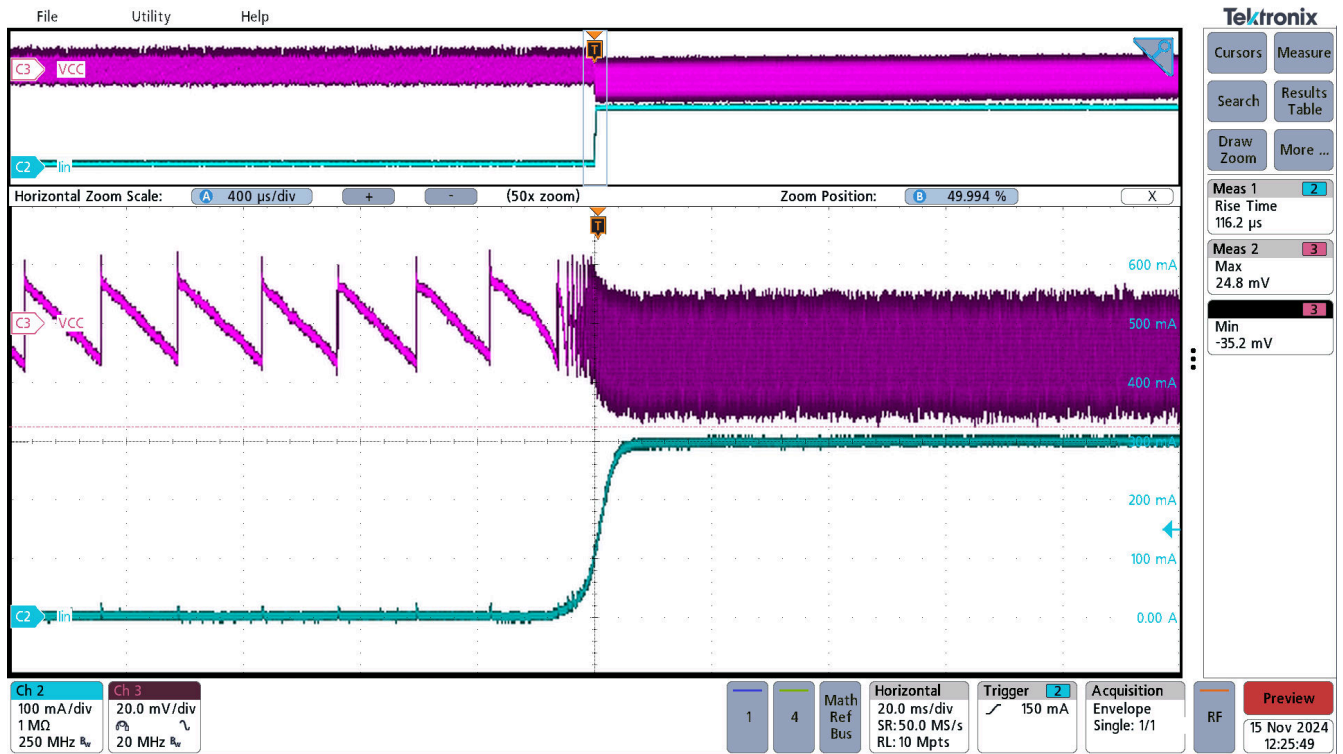


图 3-18. UCC33411-Q1 负载瞬态, VINP=5.0V, VCC=3.3V, 空载 ($I_{out}=0$ mA) 到满载 ($I_{out}=300$ mA)

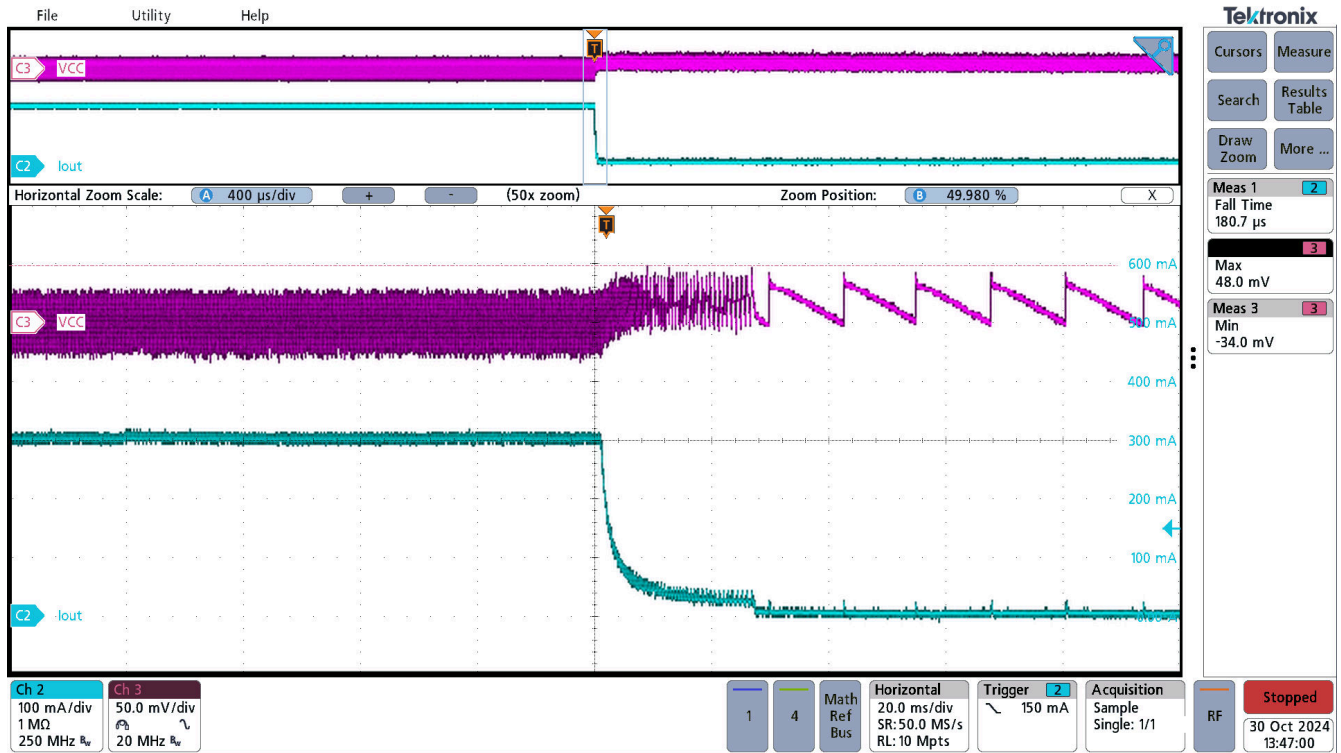


图 3-19. UCC33421-Q1 负载瞬态，VINP=5.0V，VCC=5.0V，满载 ($I_{out}=300\text{mA}$) 到空载 ($I_{out}=0\text{mA}$)

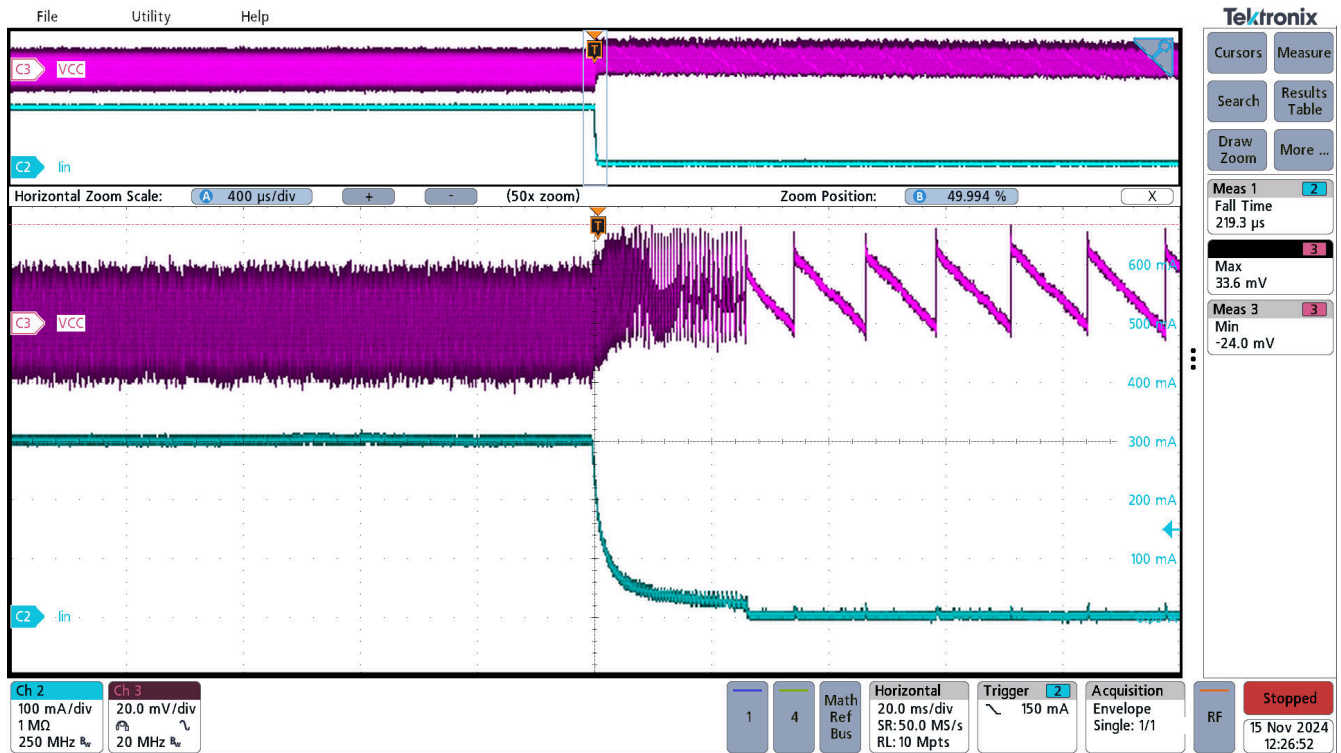


图 3-20. UCC33411-Q1 负载瞬态，VINP=5.0V，VCC=3.3V，满载 ($I_{out}=300\text{mA}$) 到空载 ($I_{out}=0\text{mA}$)

3.1.7 VCC 短路

通过电子负载施加短路。FLT 引脚在 200 μ s 期间下拉，器件在 160ms 后尝试重新启动，如下面的波形所示。解除短路之后，器件成功重新启动。

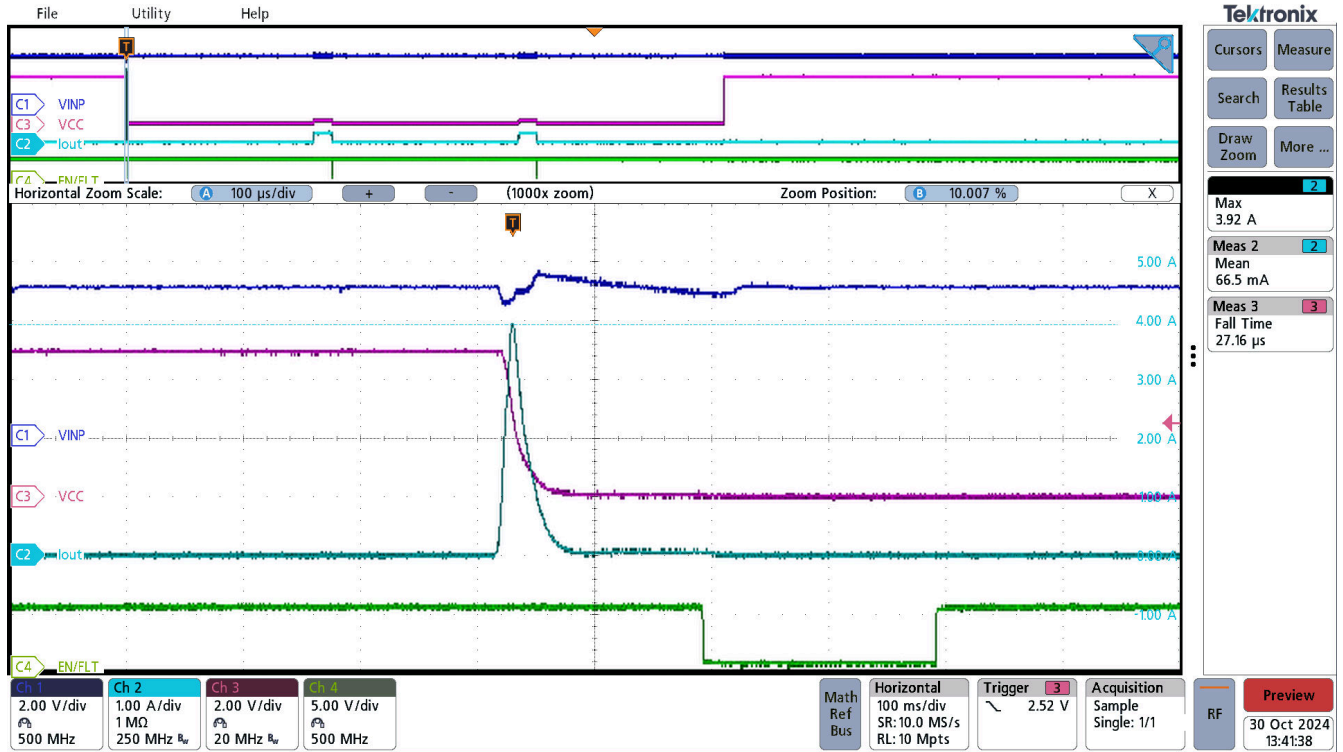


图 3-21. UCC33421-Q1 短路，VINP=5.0V，VCC=5.0V

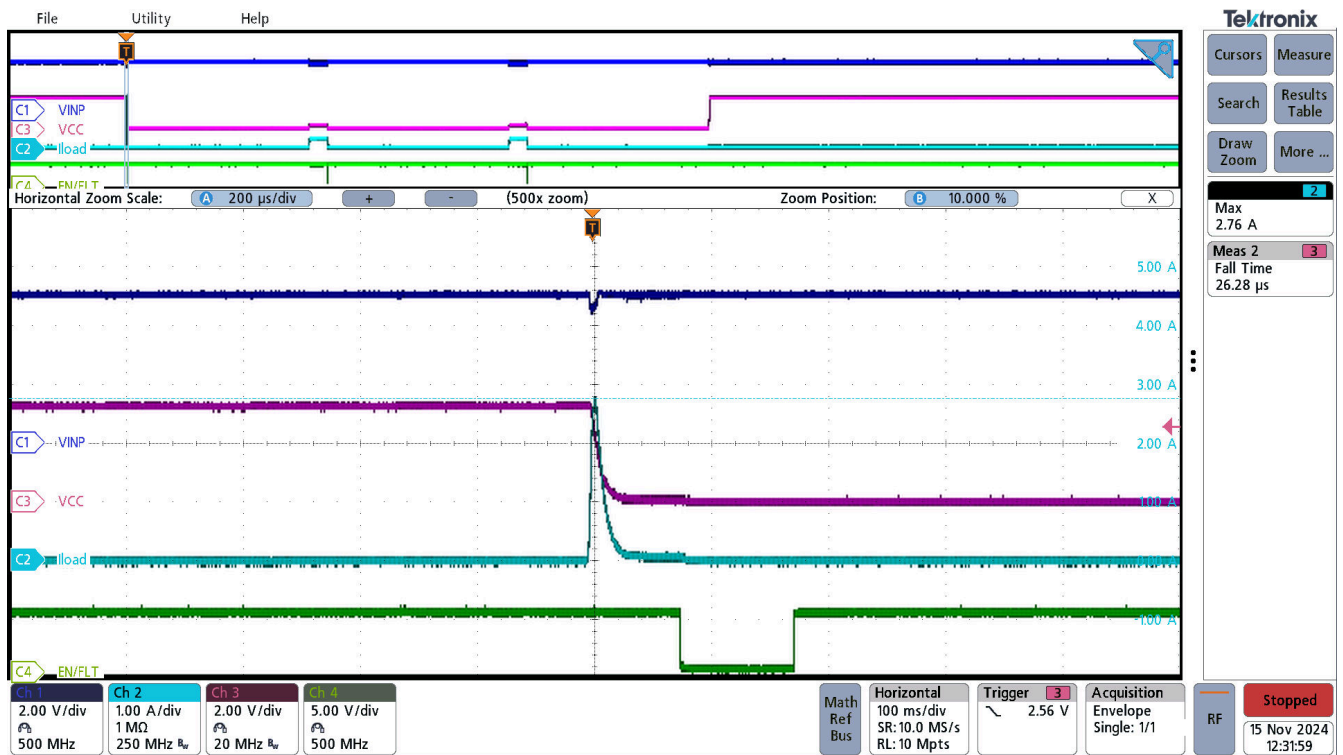


图 3-22. UCC33411-Q1 短路，VINP=5.0V，VCC=3.3V

3.1.8 热性能



图 3-23. UCC33421-Q1 VINP=5.0V , VCC=5.0V , I_{OUT}=300mA , P_{out}=1.5W , TA=25°C

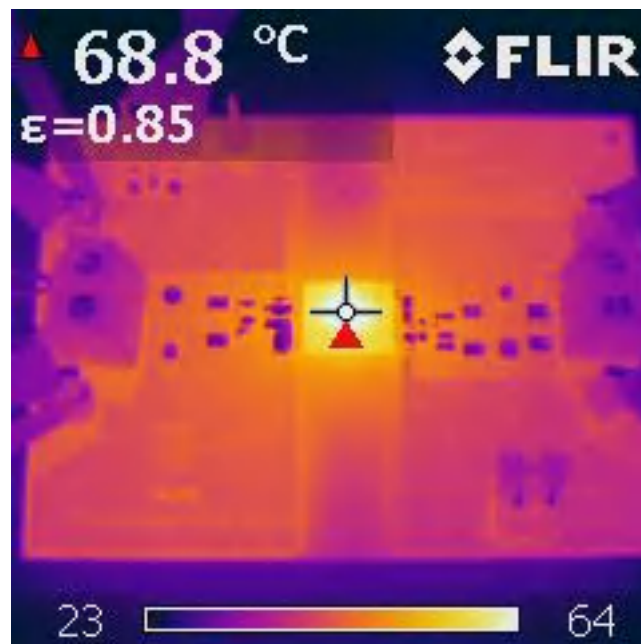


图 3-24. UCC33411-Q1 VINP=5.0V , VCC=3.3V , I_{OUT}=300mA , P_{out}=1W , TA=25°C

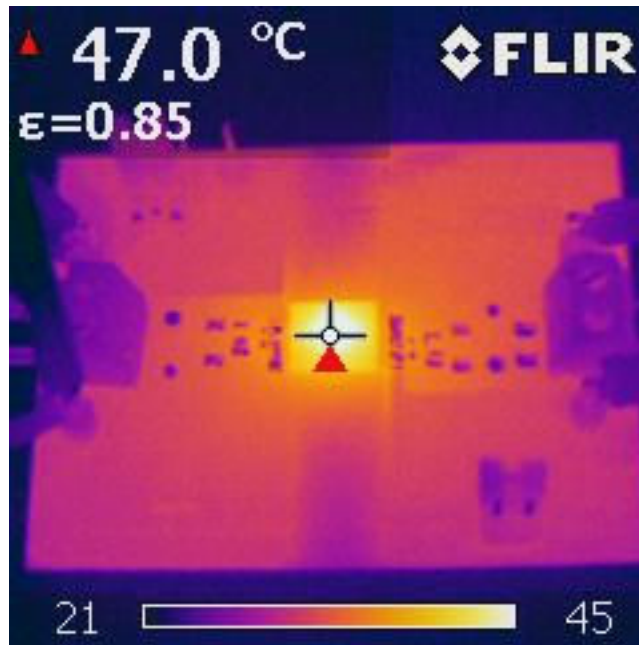


图 3-25. UCC33421-Q1 VINP=5.0V , VCC=5.0V , I_{OUT}=150mA , P_{out}=0.75W , TA=25°C

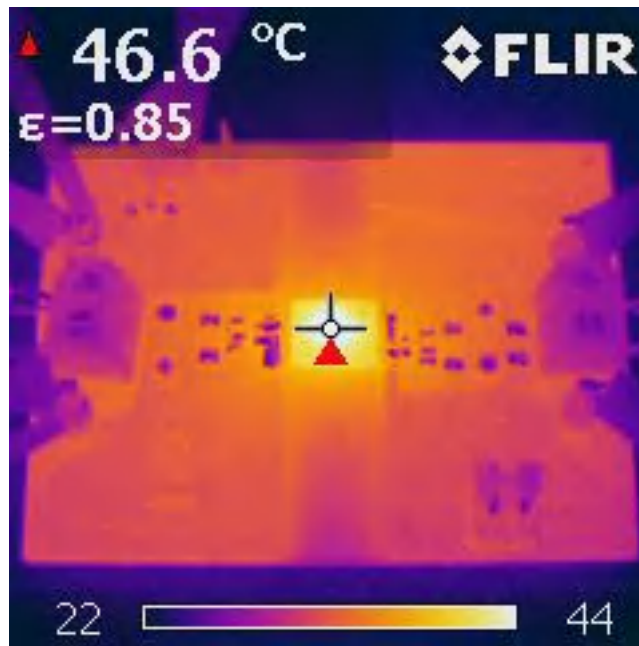


图 3-26. UCC33411-Q1 VINP=5.0V , VCC=3.3V , I_{OUT}=150mA , P_{out}=0.5W , TA=25°C

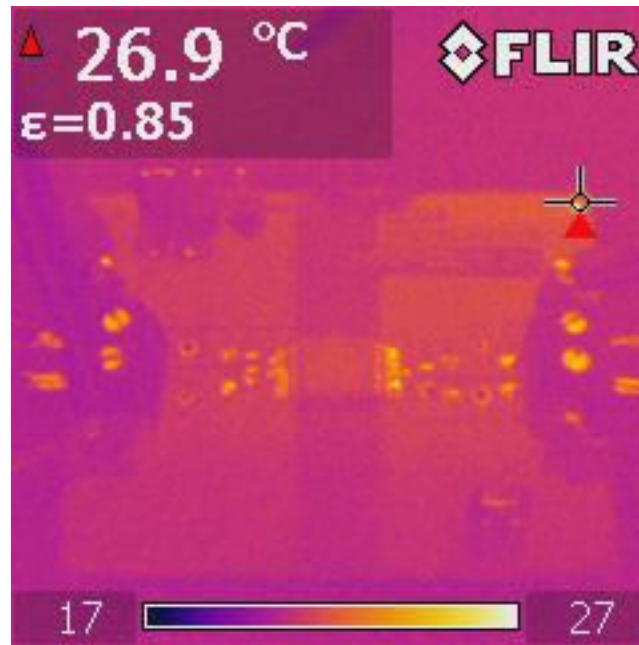


图 3-27. UCC33421-Q1 VINP=5.0V , VCC=5.0V , I_{OUT}=0mA , P_{out}=0W , TA=25°C

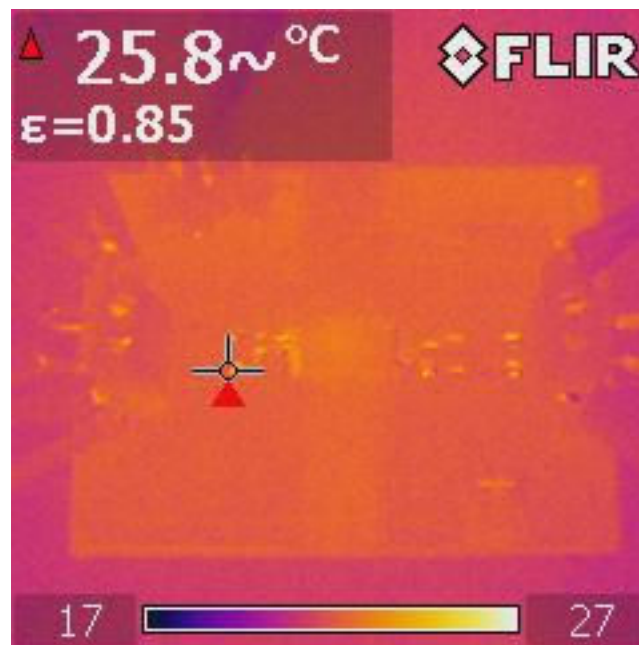


图 3-28. UCC33411-Q1 VINP=5.0V , VCC=3.3V , I_{OUT}=0mA , P_{out}=0W , TA=25°C

备注

热像仪的校准可设置热性能图片上使用的发射率。

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 展示了 EVM 电气原理图。C1、C6、R2 和 D1 特意未组装，如红色 X 所示，直接放置在元件上方。用户可以使用 C1 和 C8 占位符来添加用户系统所需的输入或输出电容。

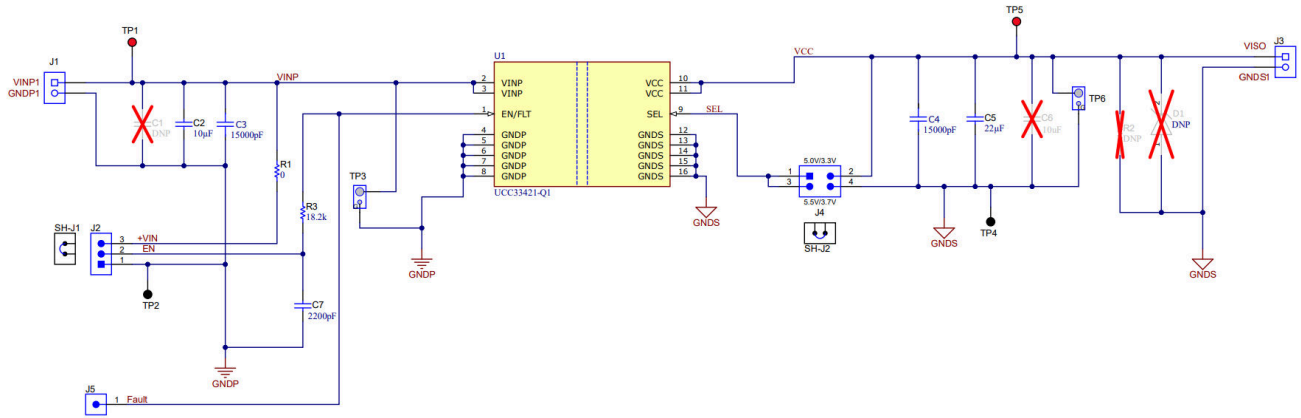


图 4-1. 原理图

4.2 组装和印刷电路板 (PCB)

UCC33421EVM-092 采用四层 FR4 PCB 设计，所有四层均敷有 1 盎司铜。EVM PCB 展示了接地层和包覆拼接过孔在屏蔽和在 GND 层间提供低阻抗连接方面的重要用途。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，也应尽可能采用类似的设计方法。

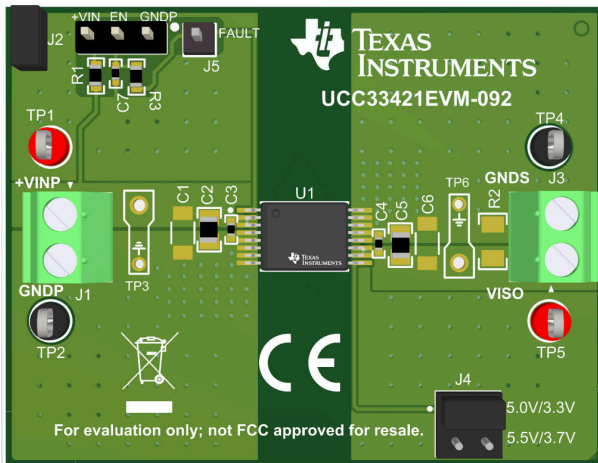


图 4-2. 经全面组装的 3D 顶视图

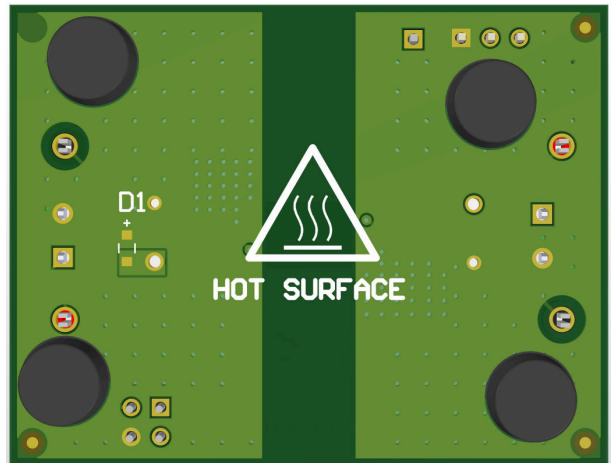


图 4-3. 经全面组装的 3D 底视图

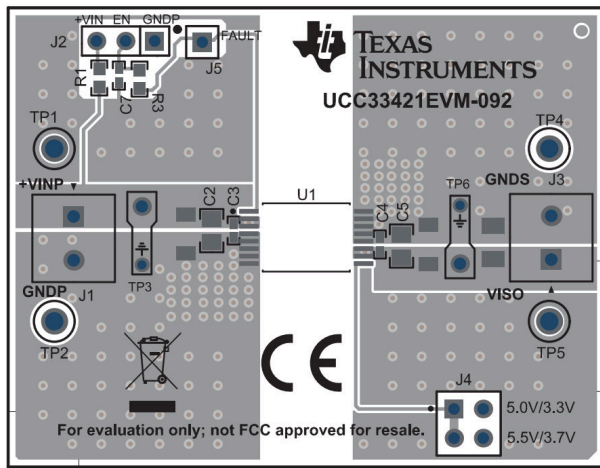


图 4-4. PCB 顶层，组装

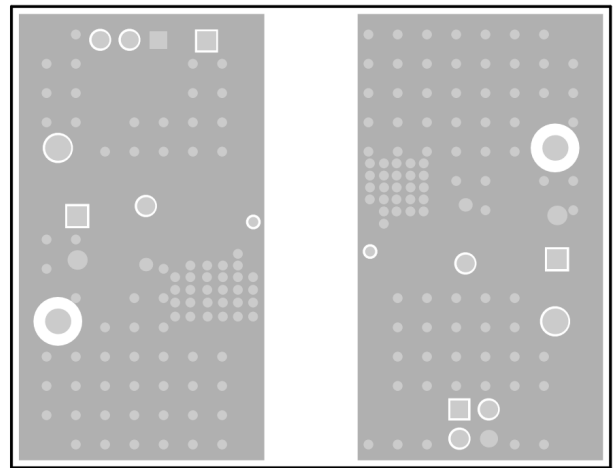


图 4-5. 接地层 2

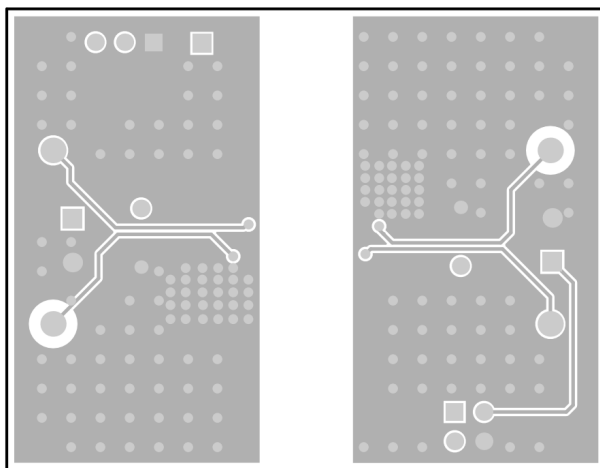


图 4-6. 接地层 3

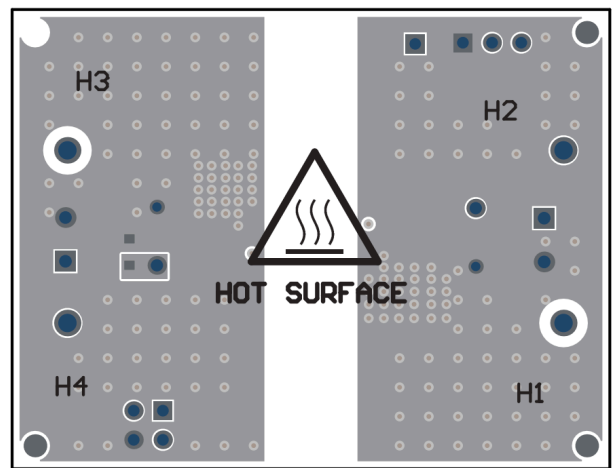


图 4-7. PCB 底层，组装 (镜像视图)

4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1. 物料清单

位号	数量	说明	器件型号	制造商
PCB1	1	印刷电路板	HVP092E1	不限
C2	1	电容, 陶瓷, 10 μ F, 10V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	GCJ21BR71A106KE01L	MuRata
C3、C4	2	0.015 μ F \pm 10% 50V, 陶瓷电容器 X7R, 0402 (公制 1005)	GCM155R71H153KA55D	MuRata
C5	1	电容, 陶瓷, 22 μ F, 10V, +/-20%, X7R, 0805	GRM21BZ71A226ME15L	MuRata
C7	1	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, \pm 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM155R71H222KA37D	MuRata
H1、H2、H3、H4	4	保险杠	SJ61A6	3M
J1、J3	2	连接端子块, 2 位, 3.81mm, TH	1727010	Phoenix Contact
J2	1	接头, 100mil, 3x1, 锡, TH	PEC03SAAN	Sullins Connector
J4	1	接头, 100mil, 2x2, 锡, TH	PEC02DAAN	Sullins Connector
J5	1	接头, 1x1, 锡, TH	PEC01SAAN	Sullins Connector
R1	1	电阻, 0 Ω , 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R3	1	电阻, 18.2k Ω , 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060318K2FKEA	Vishay-Dale
SH-J1、SH-J2	2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	SPC02SYAN	Sullins Connector
TP1、TP5	2	测试点, 通用, 红色, TH	5010	Keystone
TP2、TP4	2	测试点, 通用, 黑色, TH	5011	Keystone
U1	1	1.5W、高密度, >3kVRMS 隔离式直流/直流转换器	PUCC33421-Q1	德州仪器 (TI)
U1-alt	0	1.5W、高密度, >3kVRMS 隔离式直流/直流转换器	PUCC33421RAQR	德州仪器 (TI)
U1-alt	0	1.5W、高密度, >3kVRMS 隔离式直流/直流转换器	PUCC33411QRAQRQ1	德州仪器 (TI)
U1-alt	0	1.5W、高密度, >3kVRMS 隔离式直流/直流转换器	PUCC33411RAQR	德州仪器 (TI)
C1、C6	0	电容, 陶瓷, 10 μ F, 10V, \pm 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1206	GCM31CR71A106KA64L	MuRata
R2	0	电阻, 200 Ω , 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	CRCW1206200RJNEA	Vishay-Dale
D1	0	齐纳二极管 5.94V 960mW \pm 2.61%	PLZ6V2A-G3/H	Vishay

5 其他信息

5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 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 (December 2024) to Revision C (August 2025)

Page

- 更新了说明部分..... 1

-
- 更新了特性部分..... 1
-

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