

EVM User's Guide: UCC217XXQDWEVM-054

UCC2181xx、UCC217xx 和 ISO5x5x 评估模块



说明

UCC217XXQDWEVM-054 是一款紧凑型半桥栅极驱动器板，包含两个单通道隔离式栅极驱动器。它同时驱动 SiC 和 IGBT 模块，还提供保护和监测功能。经过极小的修改后，该板即可兼容 UCC2181xx、UCC217xx 和 ISO5x5x。

特性

- 与每个 UCC2181xx、UCC217xx 和 ISO5x5x 型号完全兼容
- 可提供使用 UCC21710 和 UCC21750 的 OPN；可通过更改电阻器与其他型号互换
- 与 Wolfspeed 的 FM3 和 XM3 模块直接兼容
- UCC25800 LLC 转换器为每个驱动器提供高达 2W 功率，只需 +12V 输入电压即可生成初级侧和次级侧偏置电压
- 状态 LED 指示电源正常状态和来自每个驱动器的故障反馈
- 使用 UCC217xx 型号时支持隔离式温度检测
- 针对所有关键节点的测试点可加快调试速度
- 能够安装外部缓冲器以提高驱动强度



UCC21750QDWEVM-054 硬件板

1 评估模块概述

1.1 简介

本用户指南介绍 UCC217XX-054 评估模块 (EVM) 的特性、运行和使用情况，还包含有关调整不同栅极驱动器参数 (例如电源电压和驱动强度) 以及修改 EVM 以与不同 UCC2181xx、UCC217xx 和 ISO5x5x 型号兼容的说明。本文档还提供了完整的原理图、印刷电路板布局以及物料清单。

1.2 套件内容

表 1-1. UCC21750QDWEVM-054 套件内容

位号	说明	数量
PCB1	UCC21750QDWEVM-054 电路板	1

1.3 规格

最近，基于宽带隙 SiC FET 的电源模块凭借出色的导通和开关性能，代替 Si IGBT 应用于电力电子产品中。紧凑型驱动器板 UCC21710/50QDWEVM-054 通过减少寄生效应、更大限度地降低开关损耗和 EMI 并提供全面的必要保护和诊断特性来支持 SiC 模块。

表 1-2. 电气规格

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
电源电压和电流						
Vcc	VCC 电源电压		4.5	5.0	5.5	V
Vdd2u、Vdd2l	VDD 电源电压	来自变压器和 LDO		15		V
Vee2u、Vee2l	VEE 电源电压	来自变压器和并联稳压器		-3		V
驱动电流						
Ioh	峰值拉电流	CLOAD = 10nF		10		A
Iol	峰值灌电流	CLOAD = 10nF		10		A
输入/输出信号						
Vinr、Vrstr	IN+、IN-、RST/EN 上升阈值				0.7x VCC	V
Vinf、Vrstf	IN+、IN-、RST/EN 下降阈值		0.3x VCC			V
Vinh、Vrsth	INL+、INU+、RST 迟滞			0.1 × VCC		V
时序参数						
Trise	驱动输出上升时间	CLOAD = 10nF		33		ns
Tfall	驱动输出下降时间	CLOAD = 10nF		27		ns
Tprop	传播延迟	CLOAD = 100pF		90		ns
短路保护 - OC						
Voc	标称过流阈值		0.63	0.7	0.77	V
Tocfil	OC 故障抗尖峰脉冲滤波器	Ioc = 5mA		120		ns
Isto	软关断下拉电流			400		mA
Vclamp	米勒钳位阈值	以 VEE 为基准	1.5	2.0	2.5	V
Iclamp	米勒钳位电流	VCLMPI = 0V, VEE = -2.5V		4		A
短路保护 - DESAT						
Ichg	消隐电容器充电电流		430	500	570	uA
Tdesatlb	前沿消隐时间			200		ns
Tdesatfil	DESAT 抗尖峰脉冲滤波器			140		ns
Isto	软关断下拉电流			400		mA

表 1-2. 电气规格 (续)

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
Vclmpi	米勒钳位阈值	以 VEE 为基准	1.5	2	2.5	V
Iclmpi	米勒钳位电流	VCLMPI = 0V, VEE = -2.5V		4		A
隔离						
Viso	可承受的栅极驱动器隔离电压	增强型, 60s	5.7			kVrms
Cio	栅极驱动器的势垒电容				20	pF
Ta	栅极驱动器的工作环境温度		-40	25	125	°C

1.4 通用 TI 高压评估用户安全指南



务必遵循 TI 的设置和应用说明，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 的产品信息中心，网址为 <http://support/ti.com>。

保存所有警告和说明以供将来参考。

务必遵循警告和说明，否则可能引发电击和/或灼伤危险，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。如果资格不合要求，则必须立即停止进一步使用 HV EVM。

• 工作区安全：

- 保持工作区整洁有序。
- 每次电路通电时，必须有合格的观察员在场监督。
- 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。
- 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 50V_{RMS} 或 75VDC，则必须置于紧急断电 (EPO) 保护电源板内。
- 使用稳定且不导电的工作台面。
- 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。

• 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 可能存在用户可完全接触到的高电压。

- 在执行任何电气测量或其他诊断测量之前，需断开 TI HV EVM 及其全部输入、输出和电气负载。确认 TI HV EVM 已安全断电。
- 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。
- EVM 准备就绪后，根据需要 will EVM 通电。

警告

警告：EVM 通电后，切勿触摸 EVM 或其电路，它们可能存在高压，会造成触电危险。

• 人身安全：

- 穿戴人员防护装备（例如乳胶手套和/或具有侧护板的安全眼镜）或者用带有互锁机构的透明塑料箱装好 EVM，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。

安全性和预防措施

该 EVM 由交流电源或高压直流电源供电，专为经过相应技术培训的专业人员而设计。在使用此 EVM 之前，请阅读此用户指南和此 EVM 封装附带的与安全相关的文档。

小心



请勿在无人照看的情况下使 EVM 通电。

警告



高压！将电路板连接到火线时可能会触电。电路板必须由专业人员小心处理。
为安全起见，强烈建议使用具有过压和过流保护的隔离式测试设备。

2 硬件

2.1 模块和栅极驱动器兼容性

2.1.1 支持的 *Wolfspeed* 模块和评估平台

下面列出了半桥栅极驱动器板支持的 *Wolfspeed* 评估平台和 SiC 模块。

表 2-1. 支持的 *Wolfspeed* 评估平台和 SiC 模块

Wolfspeed 设计	支持的 <i>Wolfspeed</i> 器件	说明
SpeedVal 套件	650V-1200V 分立式 MOSFET，FM 半桥模块	动态表征和电源测试平台
KIT-CRD-CIL12N-XM3	1200V XM 电源模块	动态表征平台
KIT-CRD-CIL12N-GMA	1200V GM 半桥模块	动态表征平台
KIT-CRD-CIL12N-FMA	1200V 半桥 FM 电源模块	动态表征平台
KIT-CRD-CIL12N-FMB	1200V FM 全桥模块	动态表征平台
KIT-CRD-CIL12N-FMC	1200V 6 组 FM 电源模块	动态表征平台

此外，还直接支持其他具有类似引脚排列的 SiC MOSFET 模块和 IGBT 模块。

2.1.2 支持的栅极驱动器

有关如何修改电路板以适应不同栅极驱动器型号的详细信息，请参阅节 3.2.3。

表 2-2. 支持的栅极驱动器

栅极驱动器	支持	EVM 器件型号	米勒钳位	峰值电流额定值	SC 保护	外部缓冲器	为安装在 UCC21710 EVM 上而进行的修改	为安装在 UCC21750 EVM 上而进行的修改
UCC218100B-Q1	支持	不适用	内部	15A	DESAT (9V)	可选使用	• 短路检测	无
UCC218102B-Q1	支持	不适用	内部	15A	DESAT (9V)	可选使用	• 短路检测	无
UCC218103B-Q1	支持	不适用	内部	15A	DESAT (9V)	可选使用	• 短路检测	无
UCC218142B-Q1	支持	不适用	内部	15A	OC (0.7V)	可选使用	无	• 短路检测
UCC21710 UCC21710-Q1	可用作 EVM	UCC21710Q DWEVM-054	内部	10A	OC (0.7V)	默认情况下不组装	无	• 短路检测
UCC21750 UCC21750-Q1	可用作 EVM	UCC21750Q DWEVM-054	内部	10A	DESAT (9V)	默认情况下不组装	• 短路检测	无
UCC21717-Q1	直接插入 UCC21710 EVM	不适用	内部	10A	DESAT (9V)	可选使用	• 短路检测	无
UCC21759-Q1	直接插入 UCC21750 EVM	不适用	内部	10A	DESAT (9V)	可选使用	• 短路检测	无
UCC21755-Q1 UCC21756-Q1	支持	不适用	内部	10A	DESAT (5V)	可选使用	• 短路检测	• 短路检测 (调节阈值)
UCC21732 UCC21732-Q1 UCC21739-Q1	支持	不适用	外部	10A	OC (0.7V)	可选使用	• 米勒钳位	• 短路检测 • 米勒钳位
UCC21737-Q1	支持	不适用	外部	10A	OC (0.7V)	可选使用	• 米勒钳位 • AIN/ASC 电路	• 短路检测 • 米勒钳位 • AIN/ASC 电路

表 2-2. 支持的栅极驱动器 (续)

栅极驱动器	支持	EVM 器件型号	米勒钳位	峰值电流额定值	SC 保护	外部缓冲器	为安装在 UCC21710 EVM 上而进行的修改	为安装在 UCC21750 EVM 上而进行的修改
ISO5452 ISO5452-Q1 ISO5852S ISO5852S-Q1 ISO5852S-EP	支持	不适用	内部	+2.5/-5A	DESAT (9V)	推荐使用	<ul style="list-style-type: none"> 短路检测 外部缓冲器 (可选) 旁路 AIN/APWM 	<ul style="list-style-type: none"> 外部缓冲器 (可选) 旁路 AIN/APWM
ISO5451 ISO5451-Q1 ISO5851 ISO5851-Q1	支持	不适用	内部	+2.5/-5A	DESAT (9V)	推荐使用	<ul style="list-style-type: none"> 短路检测 外部缓冲器 (可选) 旁路 AIN/APWM 单路输出 (可选) 	<ul style="list-style-type: none"> 外部缓冲器 (可选) 旁路 AIN/APWM 单路输出 (可选)

2.2 系统概述和功能

2.2.1 PCB 引脚排列

表 2-3. PCB 引脚排列

引脚排列	位置 (顶部/底部)	功能
J1	顶层	16 引脚连接器, 连接如图 2-1 所示
J2	顶层	LS DESAT 漏极连接
J3	底层	LS 栅极/源极连接
J4	顶层	温度检测热敏电阻连接
J5	顶层	HS DESAT 漏极连接
J6	底层	HS 栅极/源极连接
J7、J8	底层	仅适用于温度检测适配器板
TP2	顶部, 橙色	HS RDY
TP3	顶部, 红色	LS nFLT
TP4	顶部, 白色	来自电源的 +12V
TP5	顶部, 黑色	相对于 +12V 的电源接地端
TP6	顶部, 红色	HS nFLT
TP7	顶部, 橙色	LS RDY
TP8	顶部, 蓝色	LS PWM 输入
TP9	顶部, 棕色	LS APWM 输出
TP10	顶部, 绿色	HS PWM 输入
TP11、12、13	顶部, 灰色	初级侧 GND
TP15	顶部, 白色	HS 和 LS 组合 nRST
GATE1	顶层	MMCX 连接器, HS 栅极
GATE2	顶层	MMCX 连接器, LS 栅极
GND1、2、3	顶层	初级侧 GND

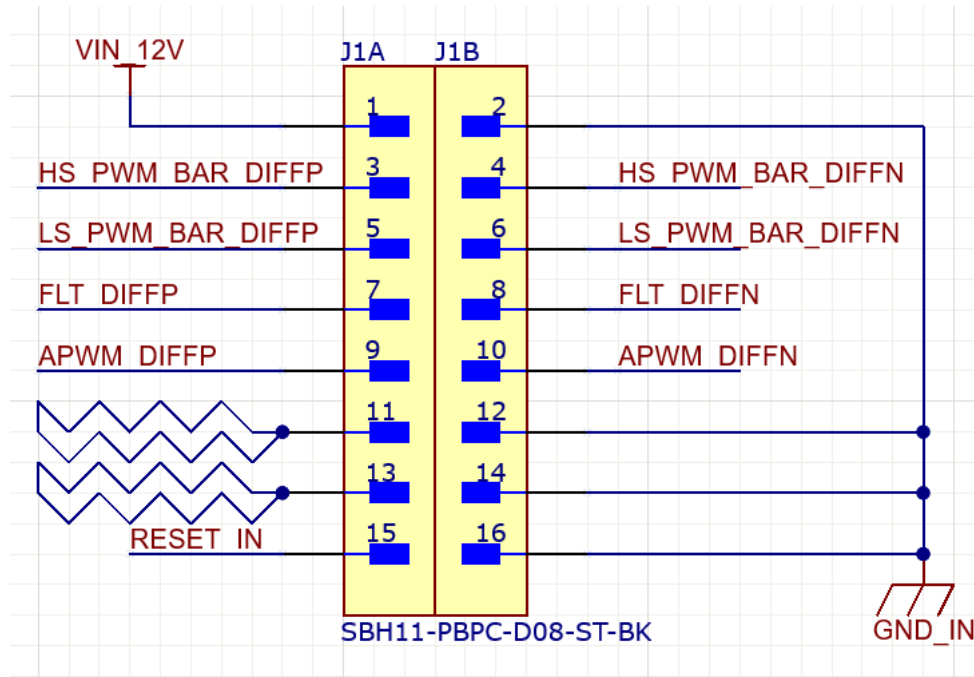


图 2-1. J1 16 引脚连接器

2.2.2 方框图

2.2.2.1 初级侧电源

初级侧电源块能够实现以下功能：

- 通过连接器或测试点挂钩为电路板提供 +12V 输入。
- 将 +12V 输入电压转换为用于栅极驱动器的 +5V VCC。此功能由 TPS7A25 LDO 实现。
- 使用 ACM4520 共模扼流圈来滤除共模噪声。

+12V 电源和 PWM 信号必须连接到同一块板（差分板或 EVM）。如果不这么做，可能导致 EVM 元件损坏。

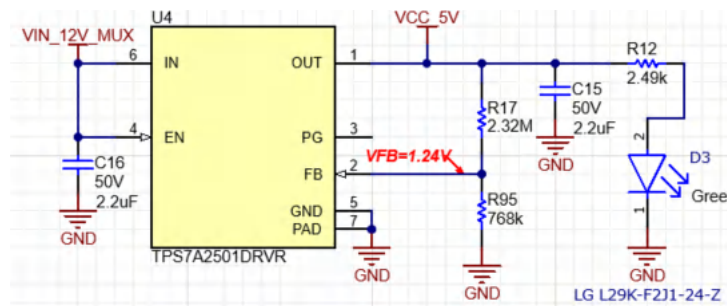


图 2-2. 初级侧电源

2.2.2.2 初级侧 I/O 和诊断

初级侧 I/O 和诊断块能够实现以下功能：

- 为半桥板提供信号输入，包括高侧和低侧 PWM 和 RESET 以及 +12V 电压输入。
 - 如果通过差分板连接器提供电源和信号输入，则电源多路复用器 TPS2121 的状态输出引脚用于打开 SN65C1167 双路差分驱动器和接收器。然后，双路差分驱动器和接收器将差分栅极驱动器输入转换为单端栅极驱动器输入，并将单端栅极驱动器输出转换为差分输出，然后传输到差分板。
 - 如果通过此 EVM 上的测试点挂钩提供电源和信号输入，则电源多路复用器将关断 SN65C1167 双路差分驱动器和接收器。这可以保护双路差分驱动器和接收器免受损坏。

- 通过 RLC 滤波器滤除高侧和低侧差分信号中的高频噪声。
- 通过 SN74LV21 与门将高侧和低侧 RDY 和 nFLT 信号合并为一个 FLT_OUT 信号。
- 来自自差分板和板载复位按钮的 nRST 信号通过 SN74LV21 与门组合成一个复位信号。

+12V 电源和 PWM 信号必须连接到同一块板 (差分板或 EVM)。如果不这么做, 可能导致 EVM 元件损坏。

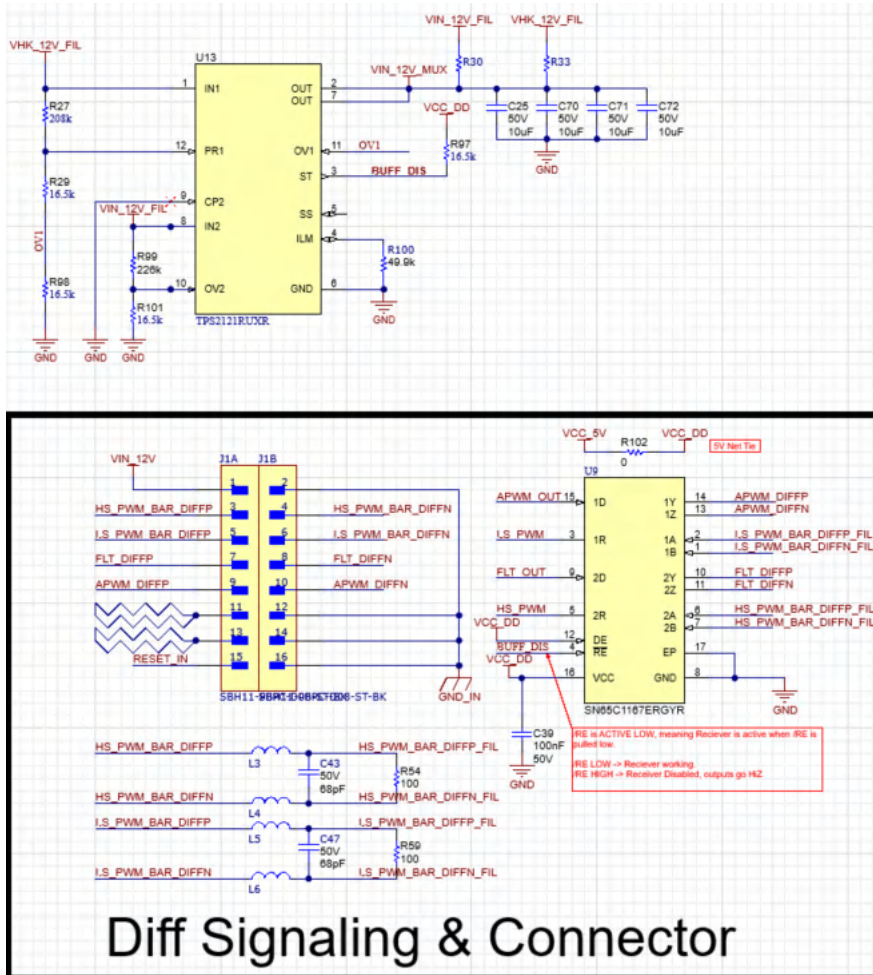


图 2-3. 差分信号和连接器

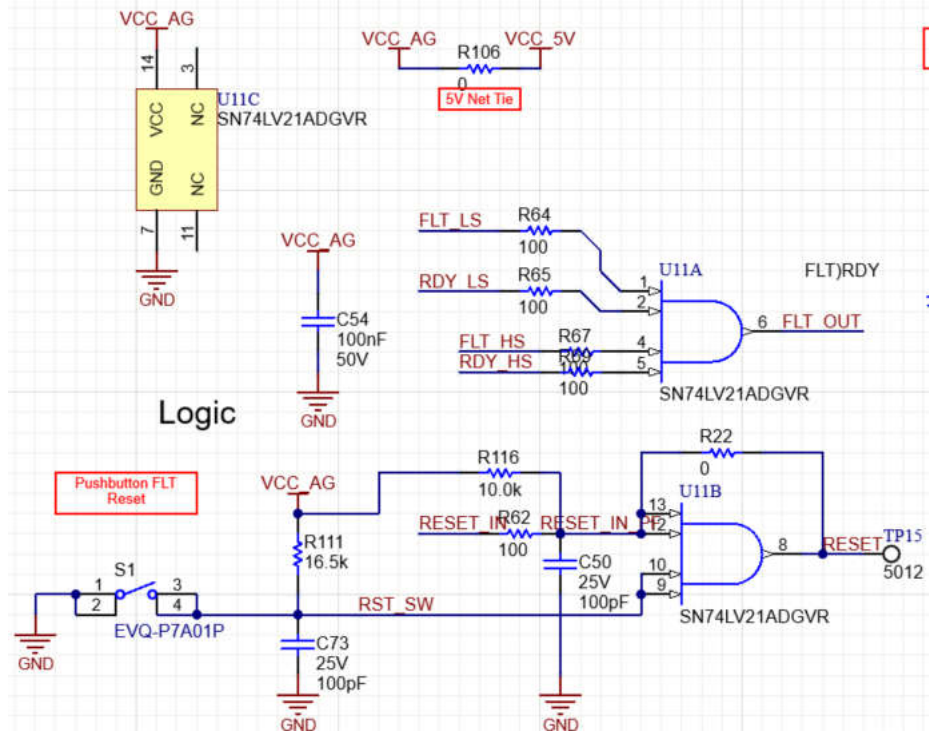


图 2-4. 初级侧 I/O

2.2.2.3 次级侧辅助电源

次级侧电源块能够实现以下功能：

- 将 +12V 输入电压转换为栅极驱动器次级侧的 +15V/-3V 双极偏置电压。每个栅极驱动器都有自己的辅助电源。这是通过为每个栅极驱动器使用一个 UCC25800 变压器驱动器、一个 Würth Elektronik™ 750319177 变压器和一个 ATL431-Q1 可编程并联稳压器来实现的。
 - 按照节 3.2.1.1 和节 3.2.1.2 中的说明调节辅助电源电压。
- 使用 TPS7B84-Q1 LDO 可降低正次级侧电源电压的噪声。
 - 按照节 3.2.1.4 中的说明对此 LDO 进行旁路。

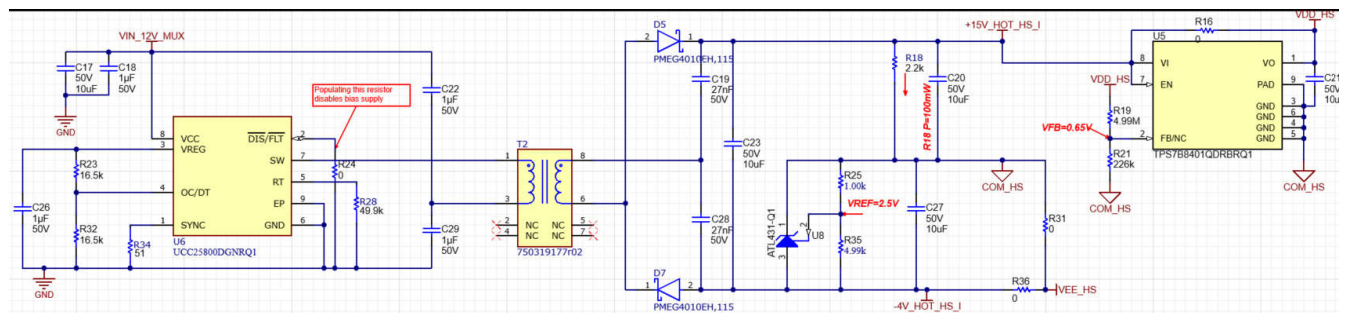


图 2-5. 次级侧辅助电源

2.2.2.4 输出级栅极环路

栅极驱动器输出块包含导通栅极电阻器、关断栅极电阻器和连接到 SiC MOSFET/IGBT 模块的连接器。测试点也放置在输出引脚附近，以便轻松测量栅极电压。

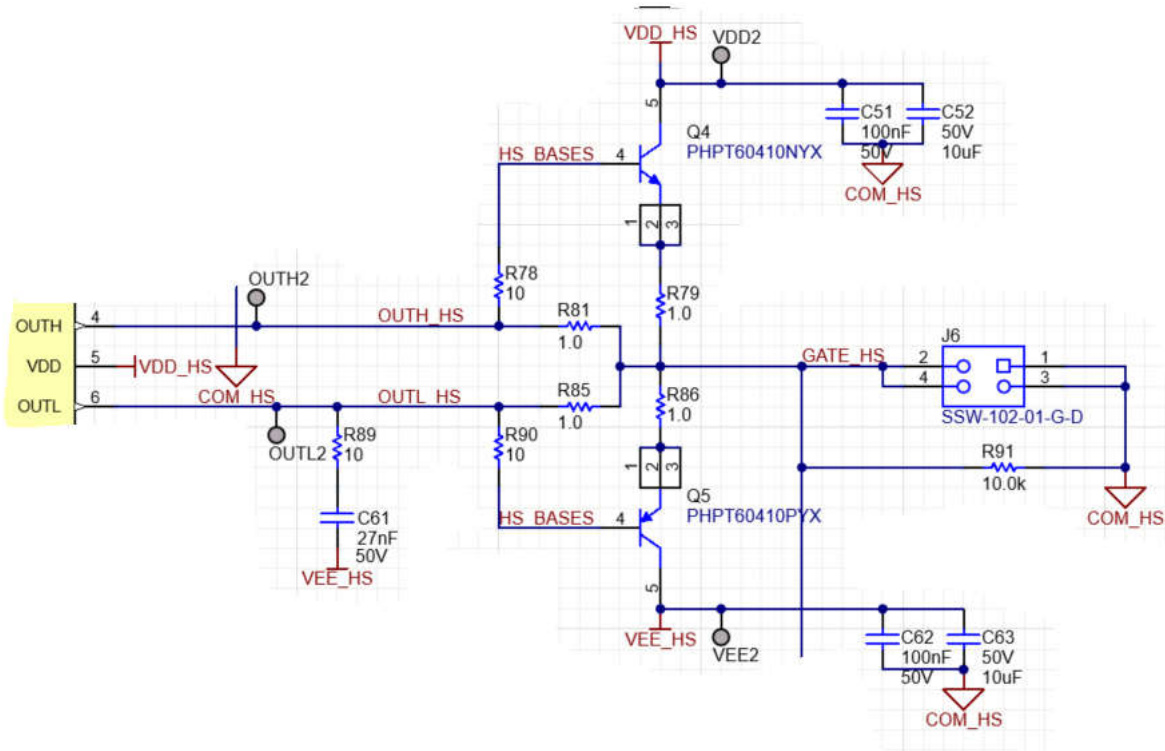


图 2-6. 输出级栅极环路

2.2.2.5 电流增强器

电流增强器是可选的，默认情况下不安装，但可以根据需要安装，以提高栅极驱动强度。要使用电流增强器，请按照 6.2.2 部分中的说明进行操作。还有一个 RC 阻尼器电路连接到电流增强器电路的基极。该 RC 阻尼器电路有助于实现软关断功能，从而减少短路事件期间的 Vds 过冲。

2.2.2.6 短路检测系统

电路板上的短路检测系统可在发生短路事件时提供保护。当检测到短路时，栅极驱动器通过固定电流软关断将 OUTL 拉至低电平，并在初级侧升高 FLT 标志。如果未使用短路检测系统或 IGBT/MOSFET 未连接到电路板，则 J2 和 J5 必须短接至 COM 以防止错误地触发短路。

2.2.2.6.1 短路检测 - DESAT

通过本常见问题解答中提到的以下公式计算 Vds 电压检测阈值。

$$V_{DET} = V_{DESAT} - V_Z - n \times V_F - I_{chg} \times R_{lim} \quad (1)$$

使用 9V 内部 DESAT 检测阈值、两个正向电压均为 0.6V 的 STTH122A 二极管、475Ω 限流电阻器、具有 2.7V 齐纳电压的齐纳二极管和 500μA 内部充电电流时，计算出的 Vds DESAT 检测阈值为 4.86V。如果需要其他 Vds 电压检测阈值，请使用此 UCC217xx 计算器中的“DESAT calculator”选项卡，计算不同参数如何产生不同的电压检测阈值。

在该 EVM 中，实施了此常见问题解答中提到的方法，以便在发生短路事件时增大 DESAT 充电电流。增大 DESAT 充电电流可以缩短电容器的消隐时间，并为 SiC MOSFET 提供更好的保护。通过同一常见问题解答中提到的公式计算此电路的消隐时间，计算结果为 125ns。此消隐时间计算公式对于 VDD = 15V 有效；如果使用其他 VDD 值，则消隐时间会有所不同。请注意，上述 UCC217xx 计算器中的 tBLK 计算结果并不准确，因为它未考虑额外的充电电流。

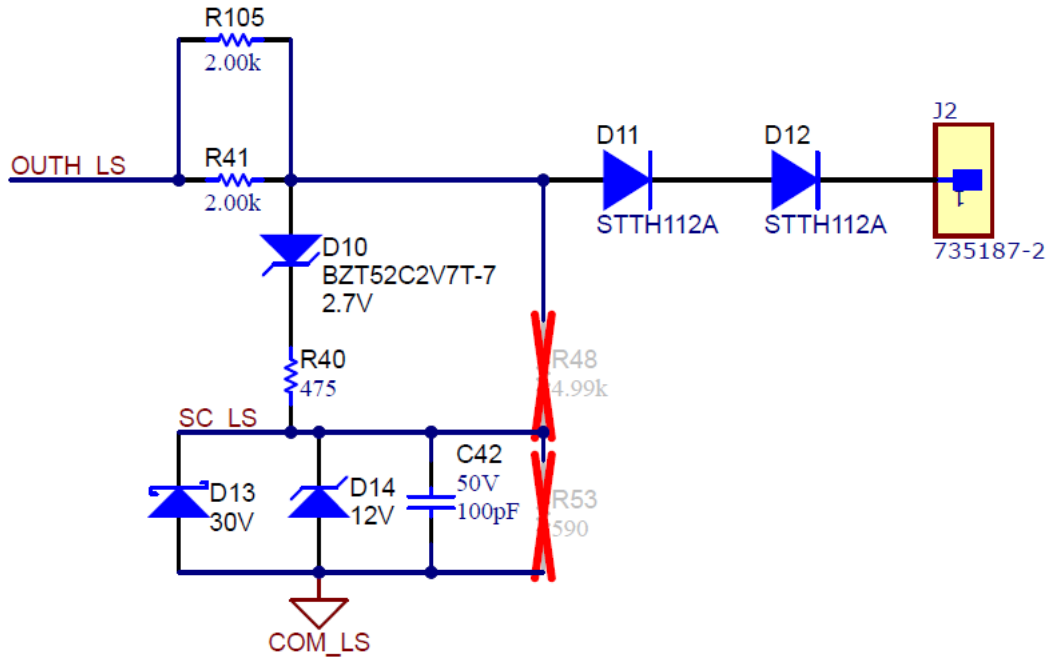


图 2-7. DESAT 电路

2.2.2.6.2 短路检测 - OC

此 EVM 实现了 UCC21710 数据表第 41 页提到的配置。使用数据表同一页中提到的以下公式计算 Vds 电压检测阈值：

$$V_{\text{DET}} = V_{\text{OCTH}} \times \frac{R_2 + R_3}{R_3} - V_Z - n \times V_F \quad (2)$$

使用 0.7V 内部 OC 检测阈值，两个正向电压均为 0.6V 的 STTH122A 二极管， $R_2 = 4,990 \Omega$ 且 $R_3 = 590 \Omega$ 时，计算出的 Vds DESAT 检测阈值为 5.42V。此检测阈值对于 $V_{\text{DD}} = 15\text{V}$ 有效。如果需要其他 Vds 电压检测阈值，请使用此 UCC217xx 计算器中的“DESAT Using OC Calculator”选项卡，计算不同参数如何产生不同的电压检测阈值。

使用 UCC21710 数据表同一页上的公式计算消隐时间。使用 220pF 消隐电容器时，计算得出的消隐时间为 156ns。此消隐时间对于 $V_{\text{DD}} = 15\text{V}$ 有效。使用上述 UCC217xx 计算器，计算消隐时间随电路参数的变化情况。

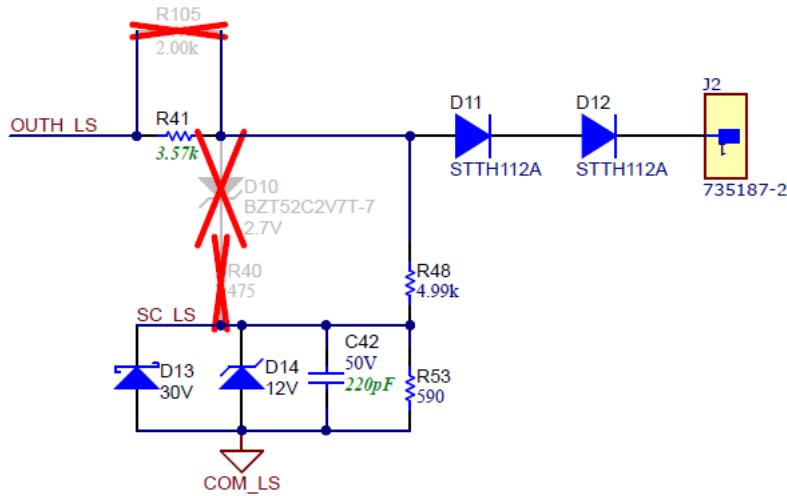


图 2-8. OC 电路

2.2.2.7 温度检测系统

温度检测系统可用于某些具有 AIN-APWM 通道的 UCC217xx 型号。AIN 引脚具有 200 μ A 内部电流源。将热敏电阻或热敏二极管连接到 J4；随着温度的变化，AIN 引脚监测到的电压将有所不同。APWM 将输出一个占空比与 AIN 引脚监测到的电压成正比的 PWM 波。

如果未使用 AIN-APWM 通道，则可以将 J4 保持开路或通过跳线组装。APWM 引脚必须悬空。

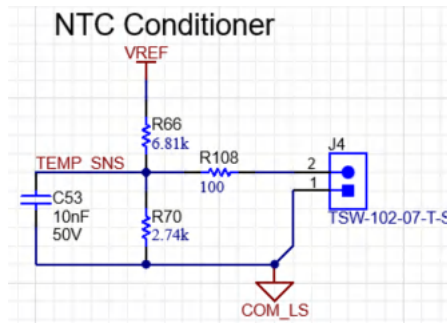


图 2-9. 温度检测系统

2.3 测试设置和过程

2.3.1 设备列表

- 电源
 - 需要提供至少 12V 和 1A 来为 EVM 加电
- 函数发生器及附件
 - 1 个 2 通道函数发生器
 - 两根标准 50 Ω BNC 同轴电缆
- 示波器及附件
 - 至少有四个通道的 500MHz 或更高带宽示波器
 - 带宽至少为 500MHz 的四个无源电压探头
- 数字万用表
 - 两个数字万用表
- 其他
 - 各种长度的连接线

2.3.2 上电和辅助电源检查

备注

这是仅低压测试；当向此 EVM 施加高总线电压时，请勿尝试手动探测测试点。

1. 分别将 J2 和 J5 连接到低侧和高侧 COM，以防止误触发 DESAT。
2. 开启电源并将电压输出调节为 12V。电源可以连接到 EVM 上的 TP4/TP5 或 WolfSpeed 差分板。
3. 使用万用表探测 VCC 测试过孔和 TP11 之间的 VCC-GND 电压。该值必须为 5V。
4. 使用 VDD2 测试点以及 COM4 或 COM5 测试点探测高侧 VDD-COM 电压。使用 VDD1 测试点以及 COM1 或 COM2 测试点探测低侧 VDD-COM 电压。这些值必须为 15V。
5. 使用 VEE2 测试点以及 COM4 或 COM5 测试点探测高侧 VEE-COM 电压。使用 VEE1 测试点以及 COM1 或 COM2 测试点探测低侧 VEE-COM 电压。这些值必须为 -3V。
6. 确保 5V 绿色 LED、HS-BIAS 蓝色 LED 和 LS-BIAS 蓝色 LED 亮起。两个红色 RDY LED 和两个红色 FLT LED 必须熄灭。

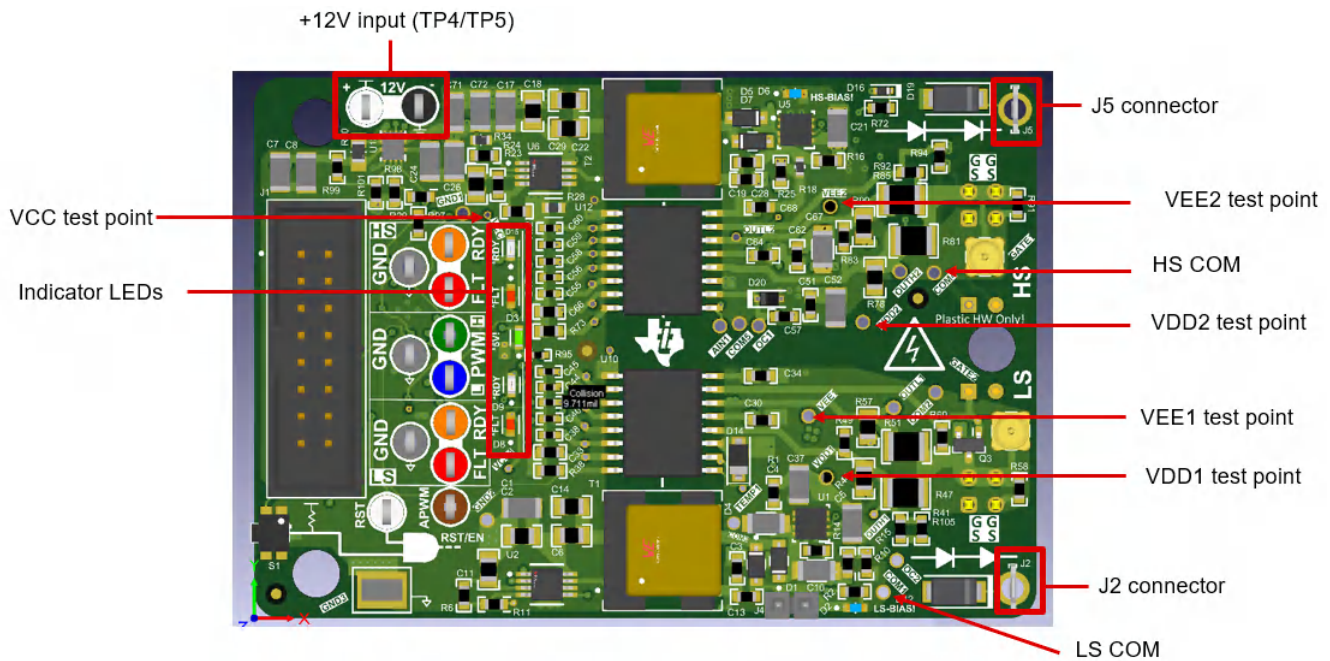


图 2-10. 上电检查的测试点位置

2.3.3 输出开关

要执行此测试，请确保已执行节 2.3.2 中的测试，并且栅极驱动器已正确加电。

1. 在两个函数发生器通道上生成两个 10kHz、0V 至 5V 互补 PWM 波。在两个 PWM 波之间添加可选的死区时间。这些是高侧和低侧 PWM 信号。
2. 将这些通道探头连接到 WolfSpeed 差分板或 EVM 上的测试点。将 +12V 电源和 PWM 信号连接到同一块板（差分板或 EVM）。如果将探头直接连接到 EVM，请将高侧 PWM 通道探头连接到 TP10，将低侧 PWM 通道探头连接到 TP8。
3. 使用 MMCX 连接器 GATE1 测量高侧栅极电压，使用 MMCX 连接器 GATE2 测量低侧栅极电压。

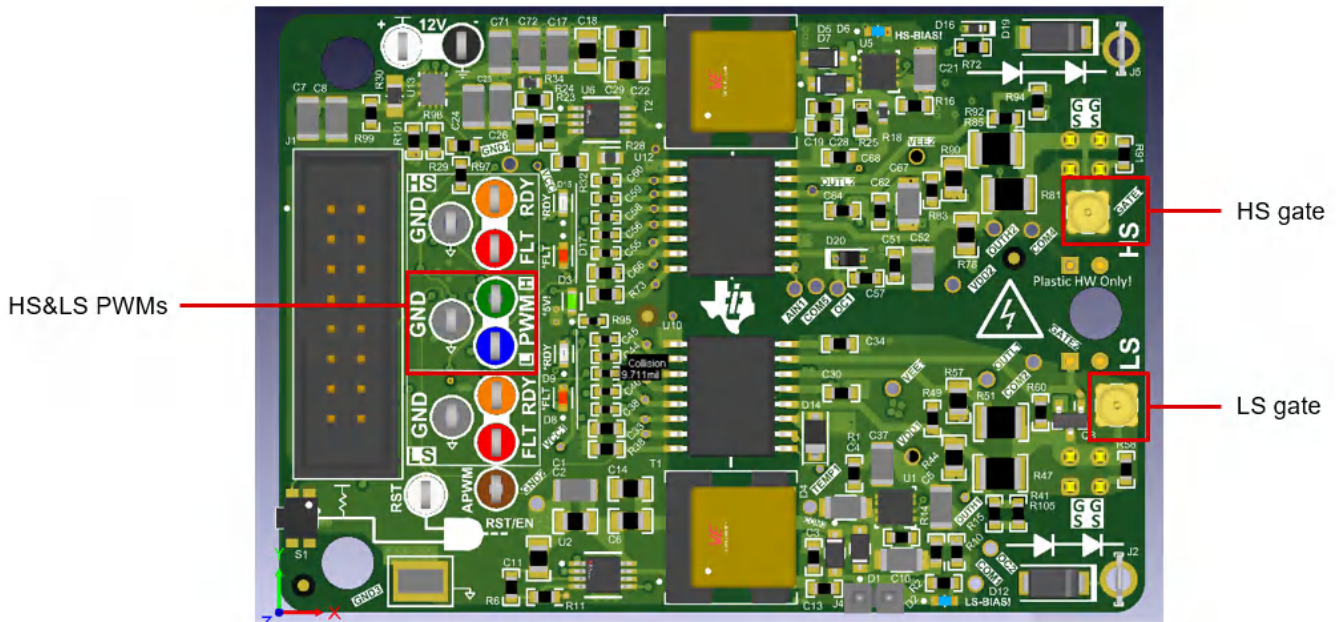


图 2-11. 输出开关检查的测试点位置

2.3.4 AIN-APWM 测试

要执行此测试，请确保已执行节 2.3.2 中的测试，并且栅极驱动器已正确加电。此测试仅适用于具有 AIN-APWM 通道的器件，例如 UCC21750。

1. 断开 J4 上的任何跳线或热敏电阻。
2. 测量靠近低侧栅极驱动器引脚 1 的 TEMP1 上的 AIN 电压。如果 VDD = 15V，该电压必须约为 3.92V。
3. 测量 APWM 占空比。根据 AIN = 3.92V 和

$$D_{APWM} = -20 \times V_{AIN} + 100 \quad (3)$$

占空比必须为 21.6%，精度为 ±3%。

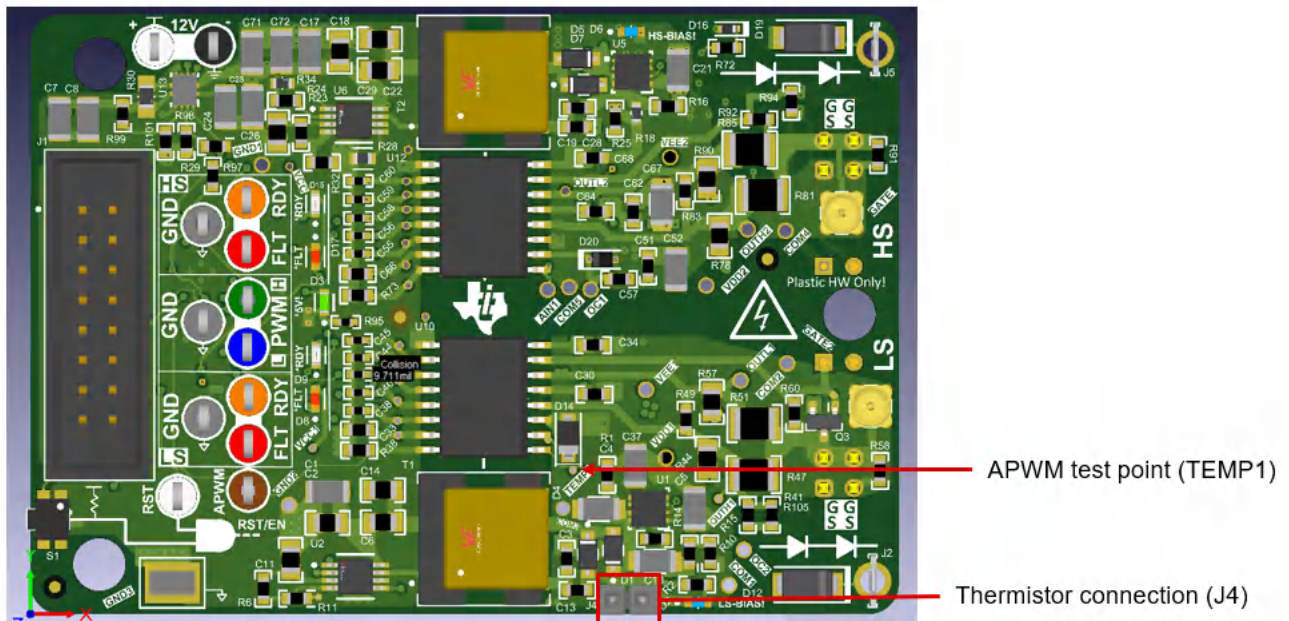


图 2-12. AIN-APWM 检查的测试点位置

3 实现结果

3.1 EVM 示例测量

3.1.1 短路测试

3.1.1.1 OC 型号：正常开关与短路软关断

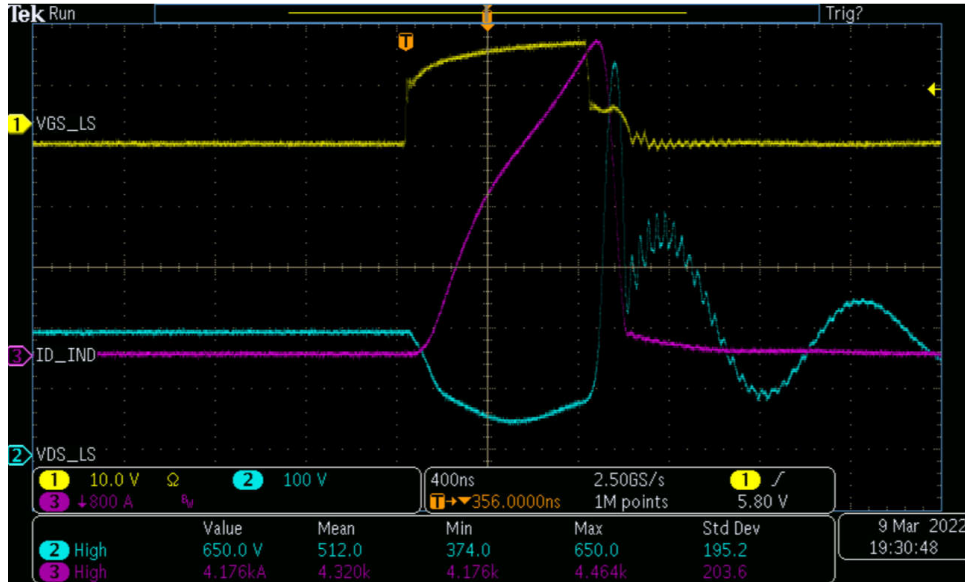


图 3-1. OC 型号正常关断

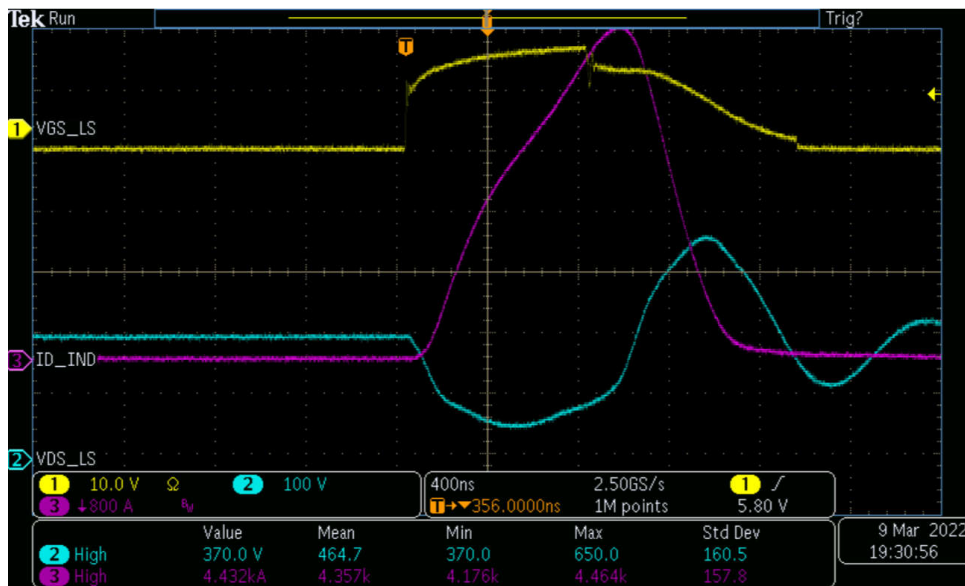


图 3-2. OC 型号软关断

这两个测试是在 200V 总线电压下对 OC 型号 UCC21737 执行的。这些测试结合使用了 Wolfspeed SiC WAB400M12BM3 模块和 Wolfspeed KIT-CRD-CIL12N-BM 评估模块。

图 3-1 包含正常开关情况下的短路测试波形。如图所示，当 SiC MOSFET 进行关断时，Vds 过冲值约为 450V。

图 3-2 包含激活软关断功能时的短路测试波形。如图所示，当 SiC MOSFET 进行软关断时，Vds 过冲大幅降低至约 170V。

3.1.1.2 DESAT 型号：正常开关与短路软关断

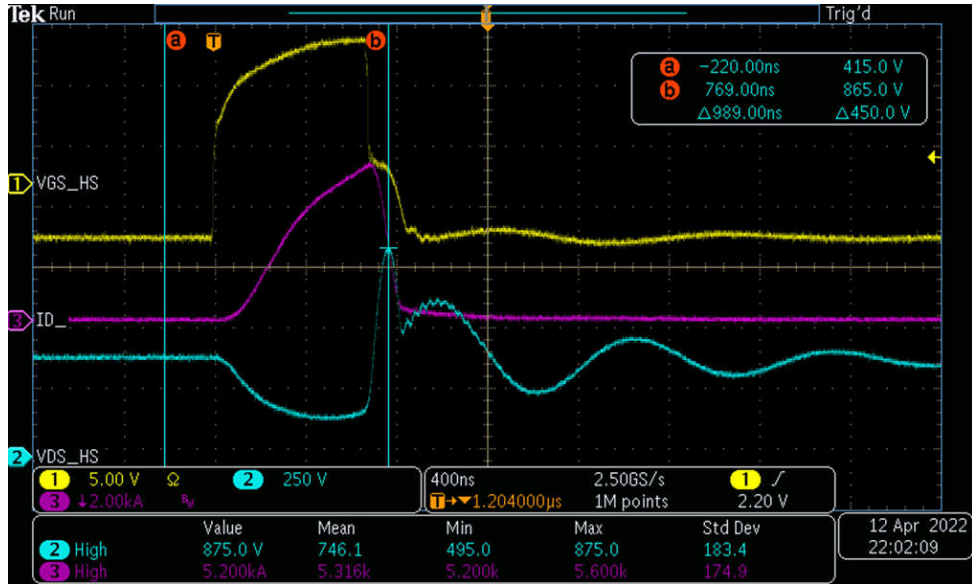


图 3-3. DESAT 型号正常关断

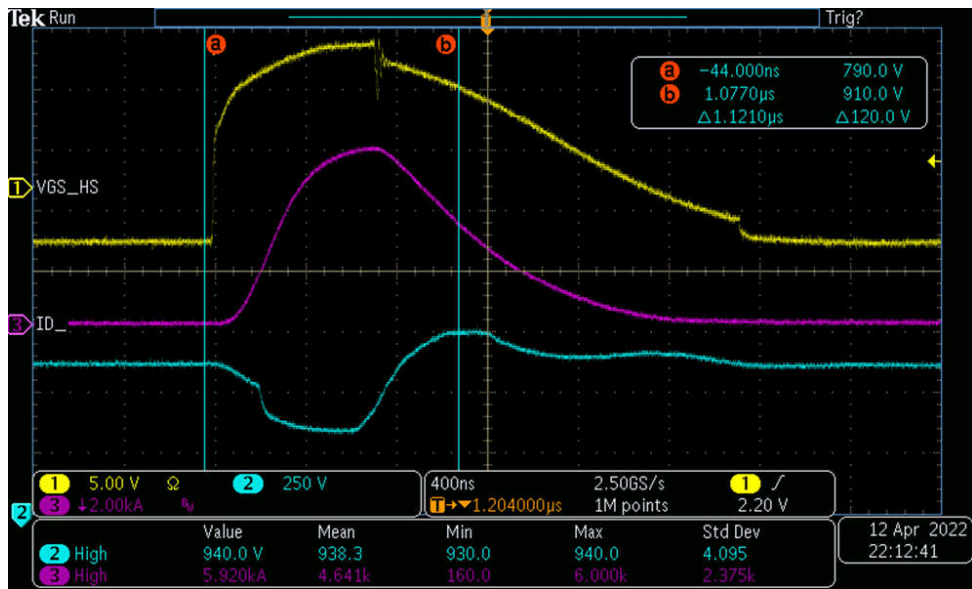


图 3-4. DESAT 型号软关断

这两个测试是在 400V 总线电压下对 DESAT 型号 UCC21755 执行的。这些测试结合使用了 Wolfspeed SiC WAB400M12BM3 模块和 Wolfspeed KIT-CRD-CIL12N-BM 评估模块。

图 3-3 包含正常开关情况下的短路测试波形。如图所示，当 SiC MOSFET 进行关断时，Vds 过冲值约为 450V。图 3-4 包含激活软关断功能时的短路测试波形。如图所示，当 SiC MOSFET 进行软关断时，Vds 过冲大幅降低至约 120V。

3.1.2 模拟传感

下表显示了通过将不同值的电阻器连接到 J4 接头来执行的测试。表中包含 AIN 电压、APWM 占空比和占空比误差。

表 3-1. 隔离式模拟检测

AIN 电压	测得的 APWM 占空比	预期的 APWM 占空比	APWM 占空比误差
0.44V	91.24%	91.2%	+0.04%
0.54V	89.36%	89.2%	+0.16%
0.73V	85.57%	85.4%	+0.17%
1.12V	77.62%	77.6%	+0.02%
1.72V	65.71%	65.6%	+0.11%
2.45V	50.90%	51.0%	-0.10%
3.43V	31.30%	31.4%	-0.10%
3.98V	20.57%	20.4%	+0.17%
4.20V	16.03%	16.0%	+0.03%
4.32V	13.58%	13.6%	-0.02%
4.45V	10.83%	11.0%	-0.17%
4.51V	9.59%	9.8%	-0.21%
4.73V	5.17%	5.4%	-0.23%

3.2 EVM 调优

3.2.1 调整电源

3.2.1.1 调整 VDD 辅助电源

要降低 VDD 辅助电源电压，请更改连接到 TPS7B84-Q1 LDO 的 FB/NC 引脚的电阻分压器。高侧 LDO 的电阻器为 R4/R5，低侧 LDO 的电阻器为 R19/R21。使用 [TPS7B84-Q1 车规级、150mA、40V、可调节、低压降稳压器数据表](#) 中提到的以下公式来选择电阻器。

$$V_{DD} = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R_4}{R_5}\right) = 0.65 \times \left(1 + \frac{R_4}{R_5}\right) \quad (4)$$

$$V_{DD} = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R_{19}}{R_{21}}\right) = 0.65 \times \left(1 + \frac{R_{19}}{R_{21}}\right) \quad (5)$$

分别使用 [方程式 4](#) 和 [方程式 5](#) 选择高侧和低侧 VDD 电阻器。

要增加 VDD 辅助电源电压，首先要增加 +12V 输入电压 V_{in} 。使用 [方程式 6](#) 计算给定 V_{in} 下的最大 VDD 电压。

$$V_{DD, \max} = V_{in} \times 1.67 - |V_{EE}| \quad (6)$$

因为板载变压器的匝数比为 1:1.67。默认 VEE 值为 -3V。然后，更改连接到 TPS7B84-Q1 LDO 的 FB/NC 引脚的电阻分压器。高侧 LDO 的电阻器为 R4/R5，低侧 LDO 的电阻器为 R19/R21。根据 [方程式 4](#) 和 [方程式 5](#) 选择电阻值，使用任何小于 VDD 最大值的 VDD。

确认在使用此电路板驱动 Wolfspeed 的 SiC 模块时，VDD-COM 低于 19V。19V 是模块的绝对最大 V_{gs} 。

3.2.1.2 调整 VEE 辅助电源

可以通过调节连接到并联稳压器的电阻器来调节 VEE 辅助电源。高侧栅极驱动器和低侧驱动器的 VEE 可单独调节。如果需要调节高侧栅极驱动器的 VEE，请更改 R8/R14 值。如果需要调节低侧栅极驱动器的 VEE，请更改 R25/R35 值。[表 3-2](#) 概述了 VEE 辅助电源电压以及相应的推荐电阻值。

表 3-2. VEE 辅助电源电压和推荐电阻值

VEE 电压 (V)	R8/R25 值 (Ω)	R14/R35 值 (Ω)
-3	1.00k	4.99k

表 3-2. VEE 辅助电源电压和推荐电阻值 (续)

VEE 电压 (V)	R8/R25 值 (Ω)	R14/R35 值 (Ω)
-3.2	1.40k	4.99k
-3.5	2.00k	4.99k
-3.75	2.49k	4.99k
-4	2.00k	3.32k

如果需要其他 VEE 电压，请使用 [ATL43x 2.5V 低 Iq 可调节精密并联稳压器数据表](#) 中的公式。使用下面的 [方程式 7](#) 和 [方程式 8](#) 分别为高侧 VEE 和低侧 VEE 选择电阻值。

$$V_{EE} = -\left(1 + \frac{R_8}{R_{14}}\right) \times V_{ref} + I_{ref} \times R_8 = -\left(1 + \frac{R_8}{R_{14}}\right) \times 2.5V + 30nA \times R_8 \quad (7)$$

$$V_{EE} = -\left(1 + \frac{R_{25}}{R_{35}}\right) \times V_{ref} + I_{ref} \times R_{25} = -\left(1 + \frac{R_{25}}{R_{35}}\right) \times 2.5V + 30nA \times R_{25} \quad (8)$$

3.2.1.3 切换到单极辅助电源

一种选择是将次级侧双极电源切换到单极电源。高侧与低侧可单独调节。要将高侧栅极驱动器更改为单极电源，请短接 R10 并拆下 R15；要将低侧栅极驱动器更改为单极电源，请短接 R31 并拆下 R36。

请注意，在使用此电路板驱动 Wolfspeed 的 SiC 模块时，VDD-COM 必须低于 19V，因为 19V 是模块的绝对最大 Vgs。如果使用该方法将双极电源更改为单极电源，则要么将 VIN 降低到 11.3V 以下，要么使用 U4 和 U5 LDO 调节电压。否则，栅源电压可能会超过 Wolfspeed SiC MOSFET 模块的最大运行值。

3.2.1.4 旁路 VDD LDO

在高侧栅极驱动器或低侧对 VDD LDO 进行旁路。要在高侧栅极驱动器上旁路 VDD LDO，请组装 R1。要在低侧栅极驱动器上旁路 VDD LDO，请组装 R16。

3.2.2 调整驱动强度

3.2.2.1 不带增强器

若要调整驱动强度，请更改栅极电阻器 R47 和 R51。通过以下公式计算 UCC217xx 系列的最大驱动强度：

$$I_{source_peak} = \min\left(10A, \frac{V_{DD} - V_{EE}}{R_{OH_EFF} + R_{ON} + R_{G_Int}}\right) \quad (9)$$

$$I_{sink_peak} = \min\left(10A, \frac{V_{DD} - V_{EE}}{R_{OL} + R_{OFF} + R_{G_Int}}\right) \quad (10)$$

R_{ON} 和 R_{OFF} 表示外部栅极电阻器。R_{G_Int} 表示 IGBT/SiC MOSFET 的内部栅极电阻。从 UCC217xx 数据表的电气特性部分获得 R_{OH_EFF} 和 R_{OL} 值。

3.2.2.2 启用/禁用增强器级

如果需要更高的驱动强度，可以安装板载增强器级。若要安装增强器级，对于低侧栅极驱动器，请拆下 R47 和 R51，为 Q1 组装 PHPT60410NYX，为 Q2 组装 PHPT60410PYX。对于高侧栅极驱动器，请拆下 R81 和 R85，为 Q4 组装 PHPT60410NYX，为 Q5 组装 PHPT60410PYX。也可以使用具有相同封装的其他 BJT。

增强器级可能会阻碍软关断功能。要在启用增强器级后实现软关断，可以使用阻尼器电路、低侧驱动器的 R56/C46 组合和高侧驱动器的 R89/C61 组合。如果没有阻尼器电路，OUTL 引脚将尝试从增强器级的基极灌入软关断电流。增强器级会放大此电流，导致 IGBT/SiC MOSFET 的关断电流增大，并产生更高的 Vds 过冲。阻尼器电路中的电容器可以在软关断事件期间向 OUTL 引脚提供电流，这有助于解决此问题，从而使从增强器级的基极拉出的电流更低，SiC MOSFET/IGBT 的关断电流更低。

3.2.3 针对其他 ISO5x5x / UCC217xx 型号的调整

3.2.3.1 针对 UCC21732/39 的 EVM 调整

主要差异	受影响的引脚/器件	操作
UCC21732 和 UCC21739 没有内部米勒钳位；可以使用外部米勒钳位。	<ul style="list-style-type: none"> 引脚 7：CLMPE R60 和 R92 Q3 和 Q6 	<ul style="list-style-type: none"> 卸下 R60 和 R92 使用米勒钳位 FET 组装 Q3 和 Q6

3.2.3.2 针对 UCC21737 的 EVM 调整

主要差异	受影响的引脚/器件	操作
UCC21737 没有内部米勒钳位；而使用外部米勒钳位。	<ul style="list-style-type: none"> 引脚 7：CLMPE R60 和 R92 Q3 和 Q6 	<ul style="list-style-type: none"> 卸下 R60 和 R92 使用米勒钳位 FET 组装 Q3 和 Q6
UCC21737 具有 ASC (主动短路) 引脚，而不是 AIN-APWM 通道。如果不使用 ASC，则必须将其连接到 COM。	<ul style="list-style-type: none"> 引脚 1：ASC R74 J4 	<ul style="list-style-type: none"> 组装 R74 使用跳线组装 J4
UCC21737 具有 -3V VEE UVLO 功能；确保 VEE 偏置电压低于 -3V。	<ul style="list-style-type: none"> 引脚 8：VEE U3 和 U8 	<ul style="list-style-type: none"> 如有必要，另请参阅节 3.2.1.2 更改 VEE。

3.2.3.3 针对 ISO5451/ISO5851 的 EVM 调整

主要差异	受影响的引脚/器件	操作
ISO5451 和 ISO5851 具有单输出而非分离输出。	<ul style="list-style-type: none"> 引脚 4：NC R49 和 R83 R47 和 R81 	<ul style="list-style-type: none"> 卸下 R47 和 R81 使用 0Ω 电阻器或跳线组装 R49 和 R83
将 ISO5451 和 ISO5851 的引脚 1 连接到 VEE。	<ul style="list-style-type: none"> 引脚 1：VEE R37 和 R71 R39 和 R74 	<ul style="list-style-type: none"> 卸下 R39 和 R74 使用 0Ω 电阻器或跳线组装 R37 和 R71
将 ISO5451 和 ISO5851 的引脚 16 连接到 GND。	<ul style="list-style-type: none"> 引脚 16：GND R38 和 R73 	<ul style="list-style-type: none"> 使用 0Ω 电阻器或跳线组装 R38 和 R73

4 硬件设计文件

4.1 原理图

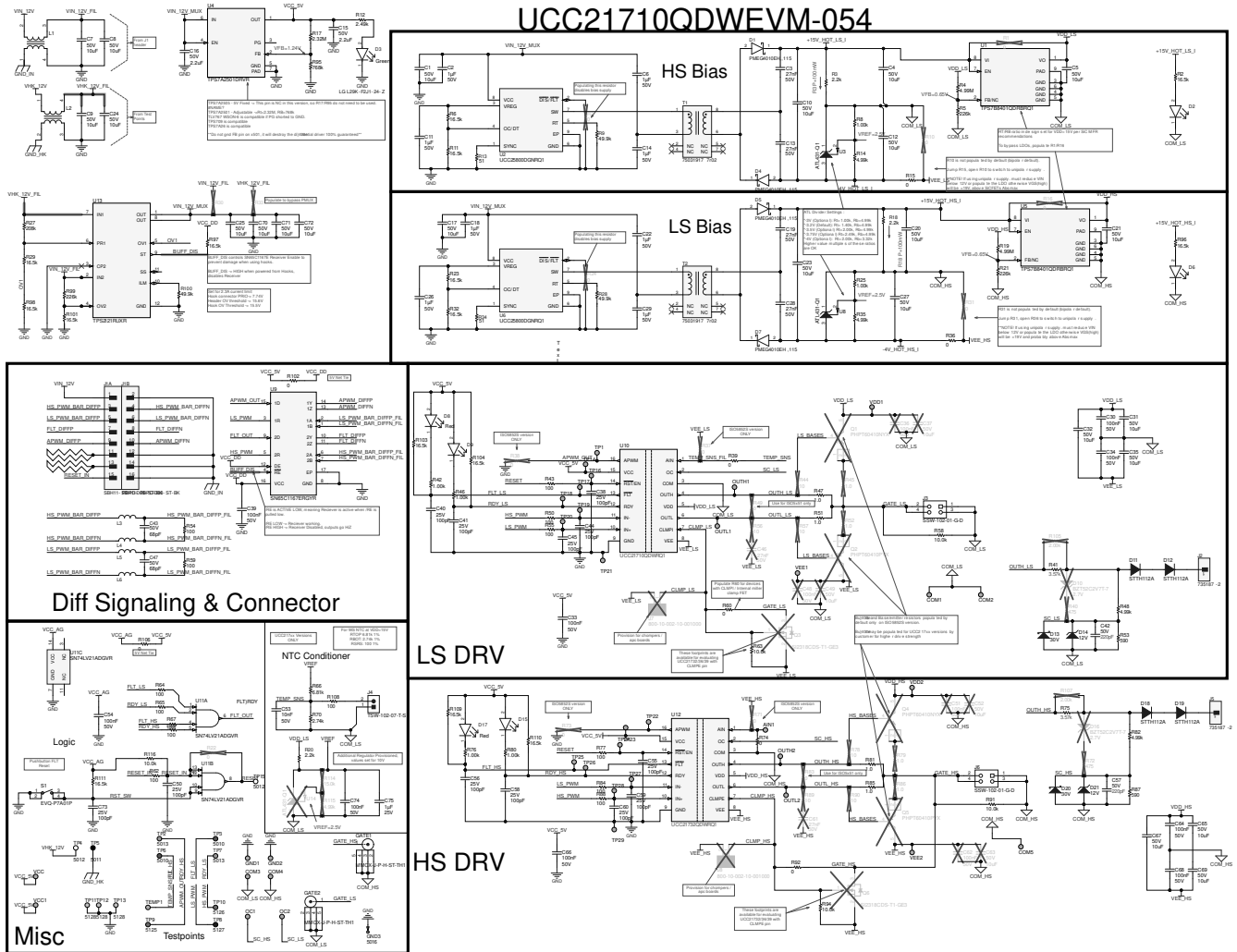


图 4-1. UCC21710 EVM 原理图

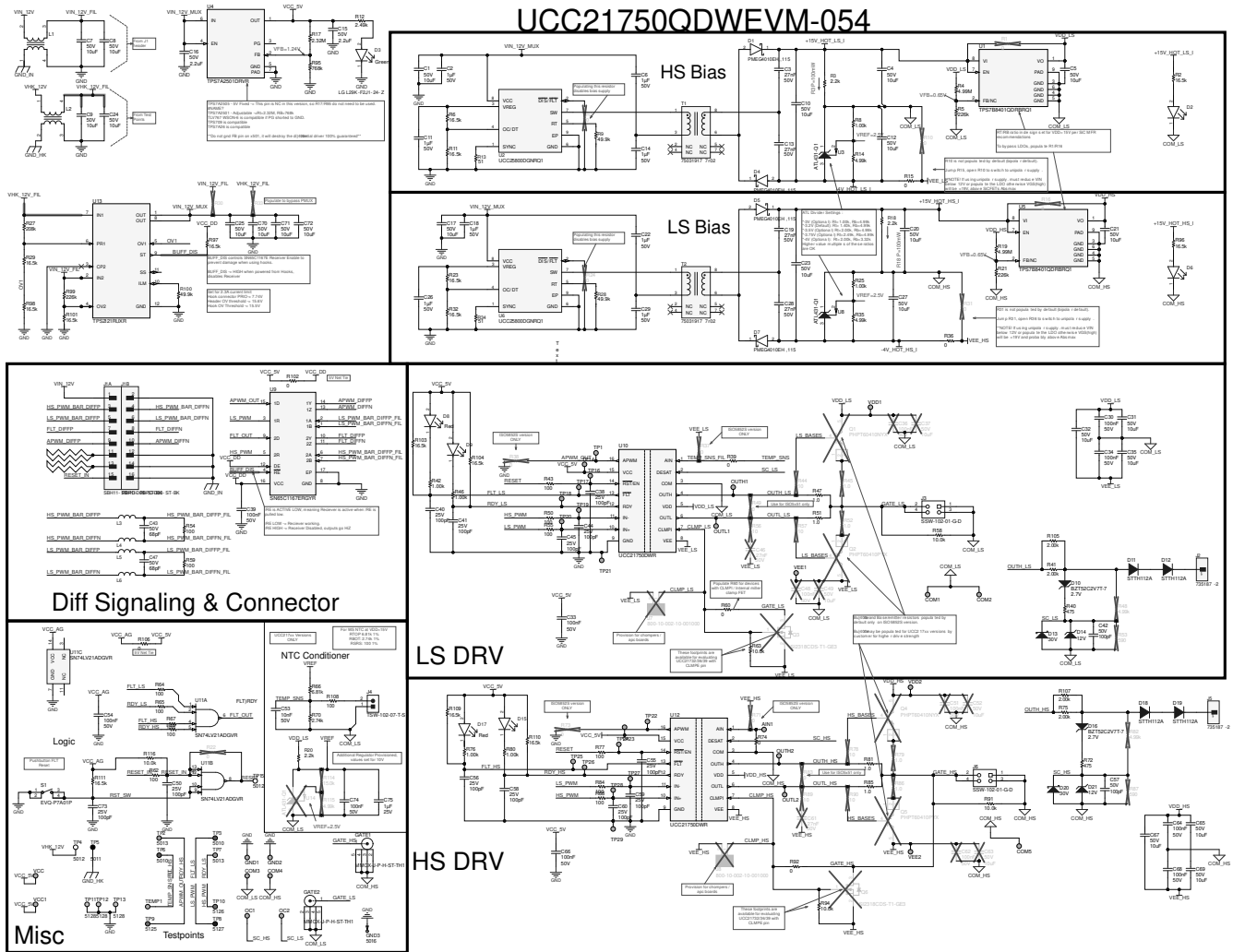


图 4-2. UCC21750 EVM 原理图

4.2 PCB 布局

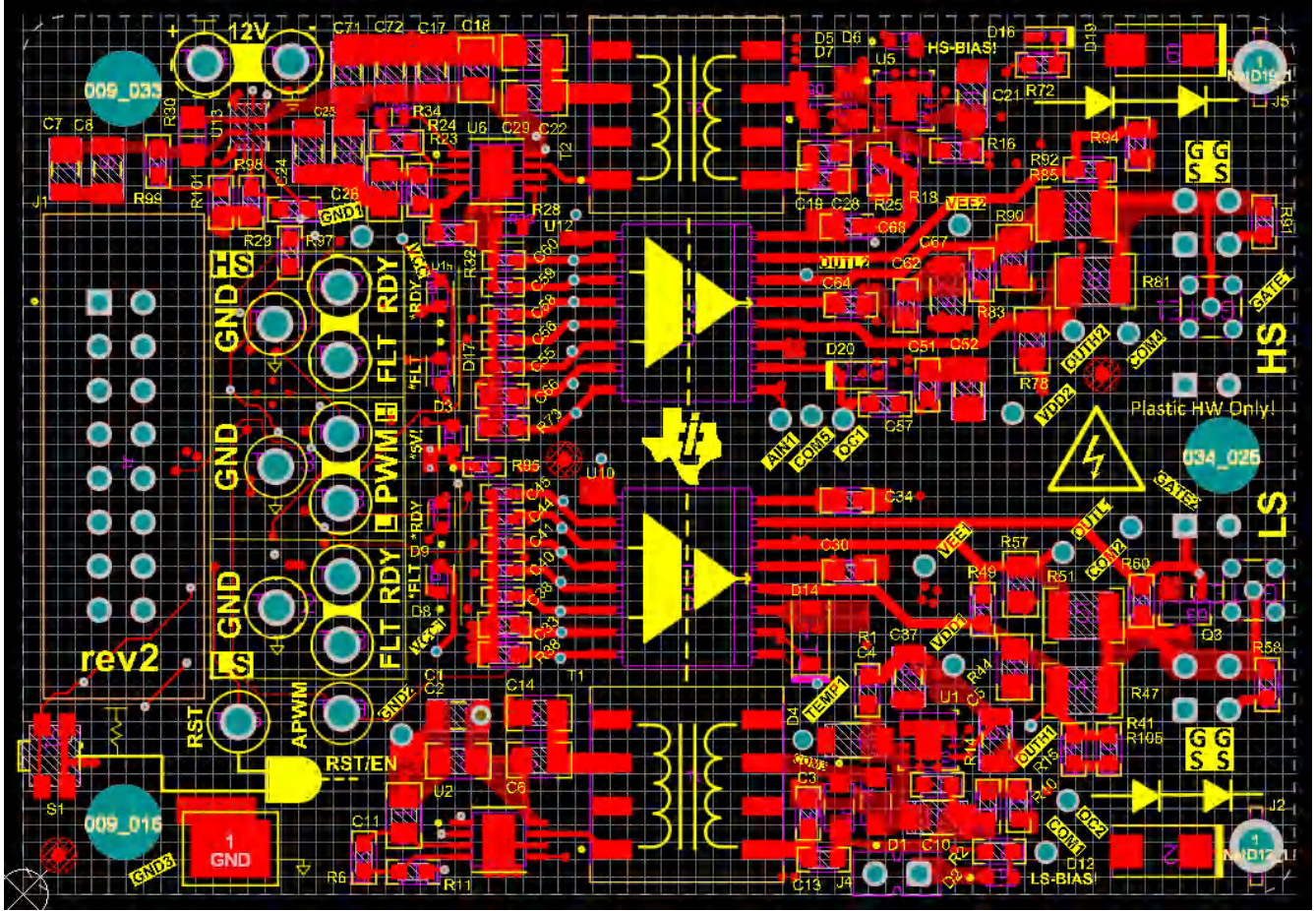


图 4-3. 顶层

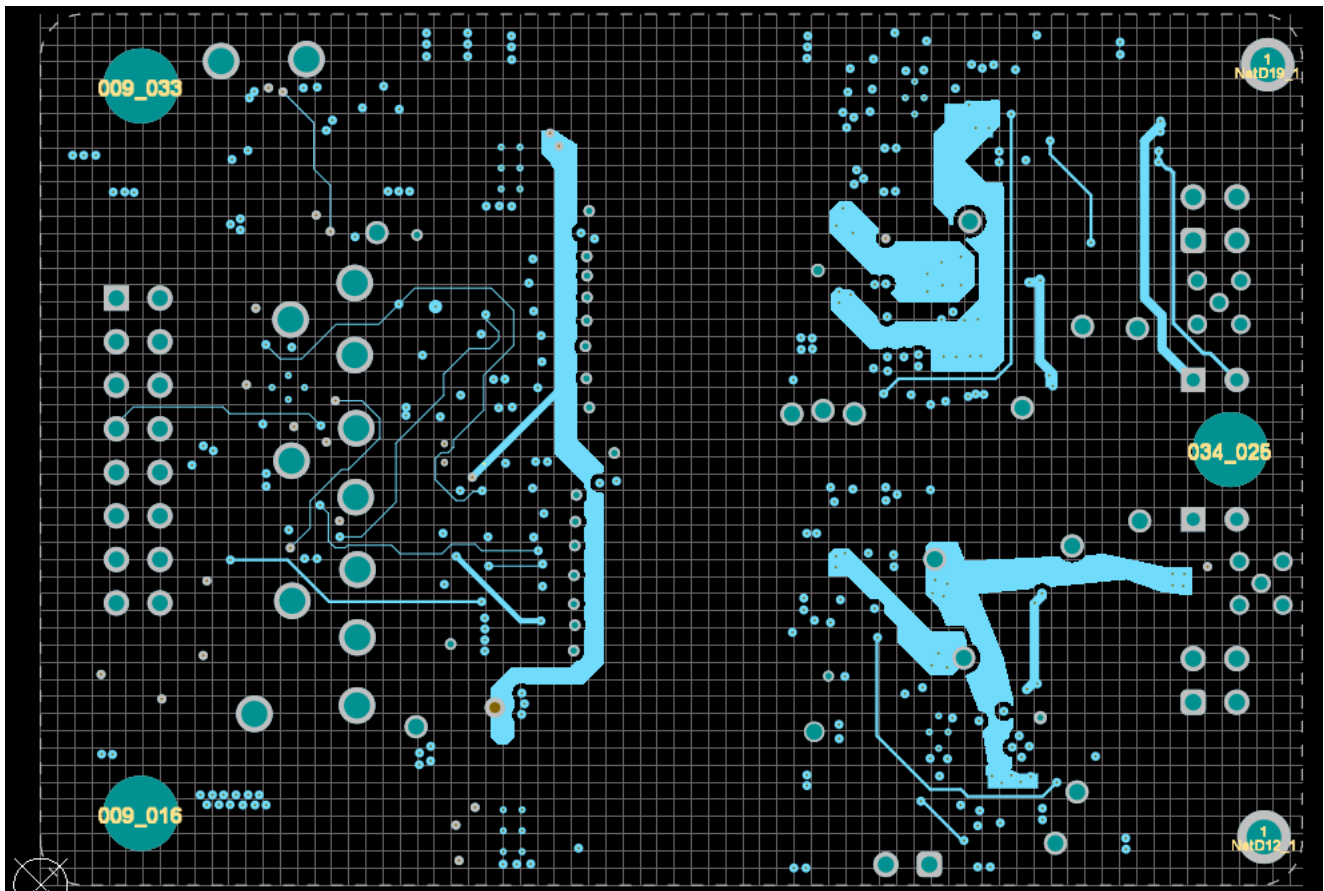


图 4-4. 信号层 1

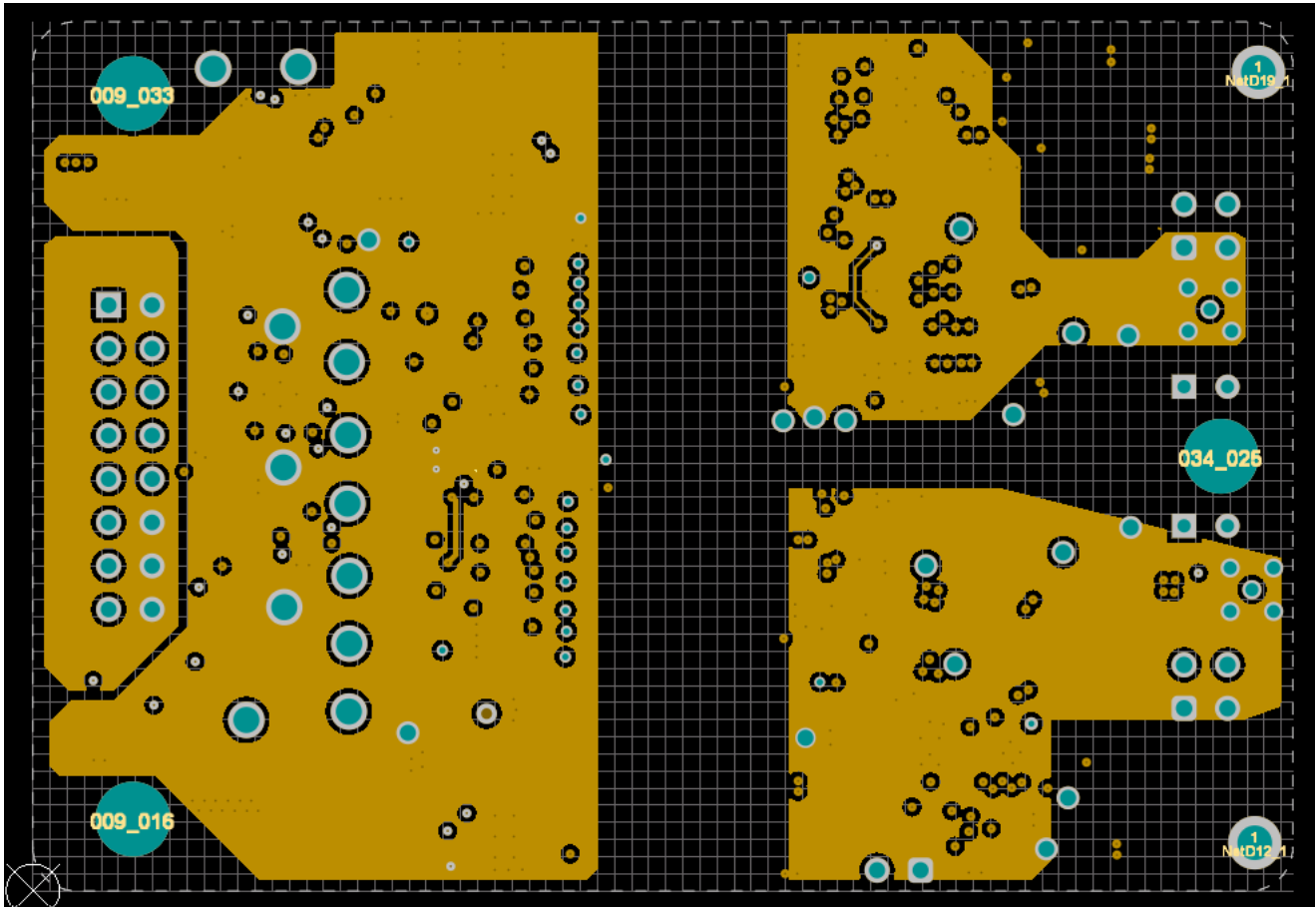


图 4-5. 信号层 2

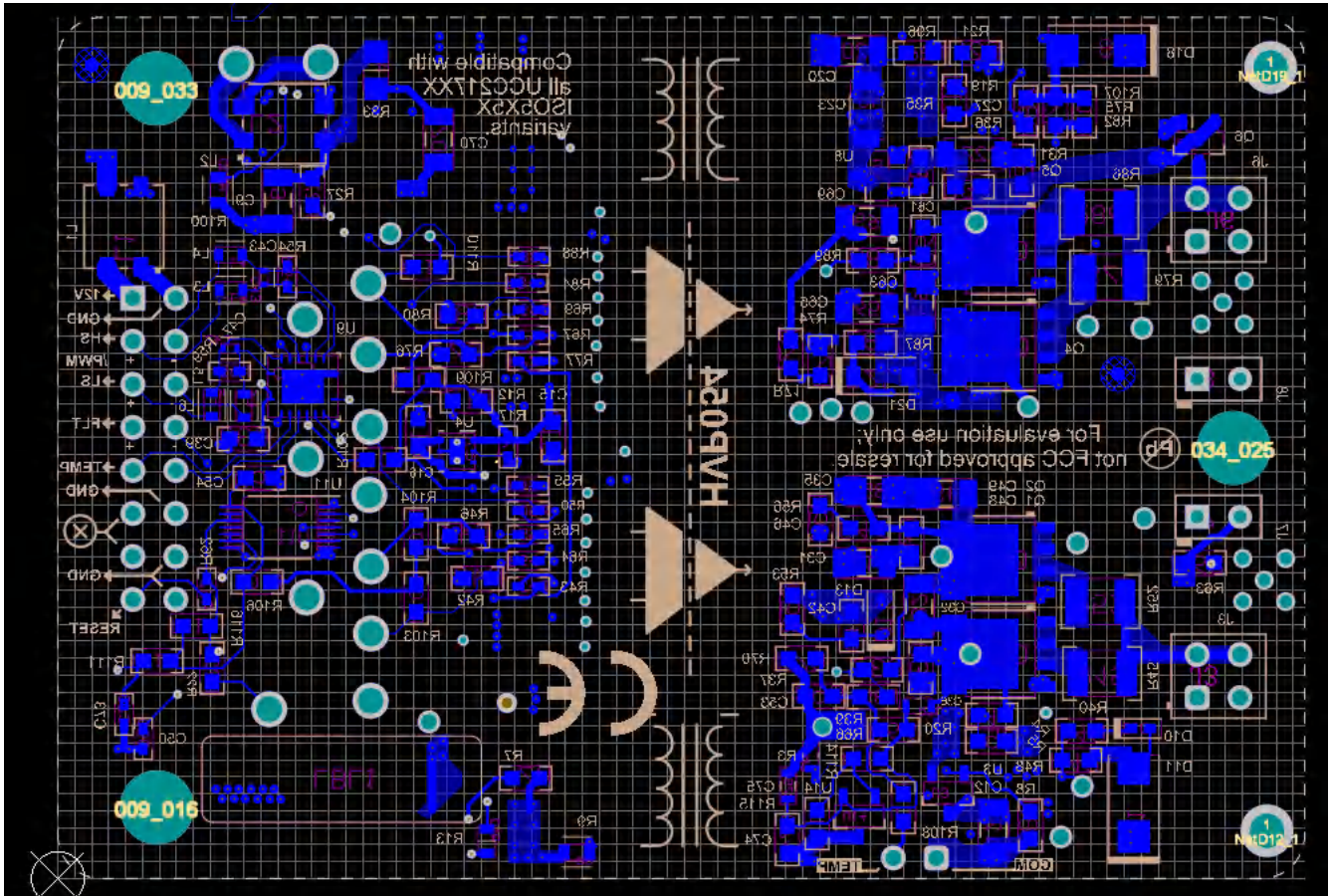


图 4-6. 底层

4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1. UCC21710 EVM BOM

位号	数量	值	说明	器件型号
!PCB1	1		印刷电路板	HVP054
C1、C4、C5、C7、C8、C9、C10、C12、C17、C20、C21、C23、C24、C25、C27、C31、C32、C35、C65、C67、C69、C70、C71、C72	24	10uF	电容, 陶瓷, 10uF, 50V, +/-10%, X5R, 1206	GRM31CR61H106KA12L
C2、C6、C11、C14、C18、C22、C26、C29	8	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 50V, +/-20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	GCJ21BR71H105MA01L
C3、C13、C19、C28	4	0.027uF	电容, 陶瓷, 0.027 uF, 50V, ±10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	06035C273K4T2A
C15、C16	2	2.2 uF	电容, 陶瓷, 2.2uF, 50V, +/-10%, X5R, 0603	GRM188R61H225KE11D
C30、C33、C34、C39、C54、C64、C66、C68、C74	9	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU
C38、C40、C41、C44、C45、C50、C55、C56、C58、C59、C60、C73	12	100pF	电容, 陶瓷, 100pF, 25V, +/-5%, C0G/NP0, 0402	C0402C101J3GACTU
C42、C57	2	220pF	电容, 陶瓷, 220pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	C0603C221J5GACTU

表 4-1. UCC21710 EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	器件型号
C43、C47	2	68pF	68pF ±5% 50V 陶瓷电容器 C0G, NP0 0402 (公制 1005)	GCM1555C1H680JA16D
C53	1	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603X103K5RACTU
C75	1	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 25V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	CGA3E1X7R1E105K080AC
COM3、COM4、GND1、GND2	4		测试点	TP_H0.45P0.75
D1、D4、D5、D7	4		肖特基二极管 40V 1A (直流) 表面贴装 SOD-123F	PMEG4010EH,115
D2、D6	2		LED 单色蓝色 0.07lm 465nm 贴片 LED 2 引脚 0603 T/R	LB Q39G-L200-35-1
D3	1		绿色 570nm LED 指示 - 分立式 1.7V 0603 (公制 1608)	LG L29K-F2J1-24Z
D8、D17	2		红色 630nm LED 指示 - 分立式 1.5V 0603 (公制 1608)	LS L29K-G1J2-1Z
D9、D15	2		LED 单色琥珀色 622nm 2 引脚 SMD T/R	LA L296-Q2R2-1-0-20-R18Z
D11、D12、D18、D19	4	1200V	二极管, 超快速, 1200V, 1A, SMA	STTH112A
D13、D20	2	30V	二极管, 肖特基, 30V, 0.2A, SOD-323	BAT54WS-7F
D14、D21	2	12V	二极管, 齐纳, 12V, 500mW, SOD-123	MMSZ5242B-7F
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	6		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用
GATE1、GATE2	2		连接器, MMCX, 50 Ω, TH	MMCX-J-P-H-ST-TH1
GND3	1		测试点, 1 引脚 SMT, RoHS, 卷带包装	
J1	1			SBH11-PBPC-D08-ST-BK
J2、J5	2		FASTON 110, PCB 端子, 接片, 接片, PCB 端子配合接片宽度 0.11 英寸 [2.8mm], PCB 端子配合接片厚度 0.02 英寸 [0.51mm]	735187-2
J3、J6	2		插座, 2.54mm, 2x2, 金, TH	SSW-102-01G-D
J4	1		接头, 2.54mm, 2x1, 锡, TH	TSW-102-07T-S
L1、L2	2		耦合电感器, 2.8A, 0.055 Ω, SMD	ACM4520-421-2P-T000
L3、L4、L5、L6	4		1 μH 屏蔽多层电感器 600mA 150mΩ 0603 (公制 1608)	MLZ1608A1R0WT000
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	THT-14-423-10
R2、R6、R11、R23、R29、R32、R96、R97、R98、R101、R103、R104、R109、R110、R111	15	16.5k	电阻, 16.5k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	ERJ-3EKF1652V
R3、R18、R20	3	2.2k	2.2k Ω ±5% 0.25W 0603 抗浪涌片式电阻器 AEC-Q200	ESR03EZPJ222
R4、R19	2	4.99Meg	电阻, 4.99M, 1%, 0.1W, 0603	CRCW06034M99FKEA
R5、R21、R99	3	226k	电阻, 226k, 1%, 0.1W, 0603	CRCW0603226KFKEA
R8、R25、R42、R46、R76、R80	6	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	ERJ-3EKF1001V
R9、R28、R100	3		49.9k Ω ±1% 0.1W, 1/10W 片上电阻 0603 (1608 公制), 汽车 AEC-Q200 厚膜	CRCW060349K9FKEA
R12	1	2.49k	电阻, 2.49k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06032K49FKEA

表 4-1. UCC21710 EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	器件型号
R13、R34	2	51	电阻薄膜, 0603, 51Ω, 0.1%, 1/10W, 25ppm/°C, 模制 SMD, 穿孔载体, T/R	ERA-3AEB510V
R14、R35、R48、R82	4	4.99k	电阻, 4.99k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06034K99FKEA
R15、R36、R39、R60、R74、R92、R102、R106	8	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, 0603	MCT06030Z0000ZP500
R17	1	2.32Meg	电阻, 2.32M, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04022M32FKED
R27	1	208k	电阻, 208k, 0.5%, 0.1W, 0603	RT0603DRE07208KL
R41、R75	2	3.57k	电阻, 3.57k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-073K57L
R43、R50、R54、R55、R59、R62、R64、R65、R67、R69、R77、R84、R88	13	100	电阻, 100, 5%, 0.063W, 0402	CRCW0402100RJNED
R47、R51、R81、R85	4	1	电阻, 1.0, 5%, 0.5W, 1210	RC1210JR-071RL
R53、R87	2	590	电阻, 590, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07590RL
R58、R63、R91、R94、R116	5	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710KL
R66	1	6.81k	电阻, 6.81k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06036K81FKEA
R70	1	2.74k	电阻, 2.74k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06032K74FKEA
R95	1	768k	电阻, 768k, 1%, 0.063W, 0402	CRCW0402768KFKED
R108	1	100	电阻, 100, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100RL
S1	1		开关, 触控式, SPST-NO, 0.05A, 12V, SMD	EVQ-P7A01P
T1、T2	2		变压器, 1:1.67, 0.045Ω 初级, 0.122Ω 次级, 16.5uH	750319177r02
TP2、TP7	2		测试点, 通用, 橙色, TH	5013
TP3、TP6	2		测试点, 多用途, 红色, TH	5010
TP4、TP15	2		测试点, 通用, 白色, TH	5012
TP5	1		测试点, 多用途, 黑色, TH	5011
TP8	1		测试点, 通用, 蓝色, TH	5127
TP9	1		测试点, 通用, 棕色, TH	5125
TP10	1		测试点, 通用, 绿色, TH	5126
TP11、TP12、TP13	3		测试点, 通用, 灰色, TH	5128
U1、U5	2		150mA, 宽 VIN, 低 IQ, 低压降稳压器, DRB0008F (VSON-8)	TPS7B8401QDRBRQ1
U2、U6	2		用于隔离式辅助电源的开环 LLC 变压器驱动器	UCC25800DGNRQ1
U3、U8	2		具有经优化的基准电流的可编程并联稳压器, DBZ0003A (SOT-23-3)	ATL431LIBQDBZRQ1
U4	1		具有电源正常指示功能的 300mA、18V、低 IQ、低压降稳压器, DRV0006A (WSON-6)	TPS7A2501DRVR
U9	1		双路差分驱动器和接收器, 具有 ±15kV IEC ESD 保护功能、2 TX/2 RX、5V、-40°C 至 85°C、16 引脚 VQFN(RGY)、绿色 (RoHS, 无镉/溴)	SN65C1167ERGYR
U10、U12	2		适用于 SiC/IGBT 且具有高级保护功能和高 CMTI 的单通道隔离式栅极驱动器, DW0016B (SOIC-16)	UCC21710QDWRQ1

表 4-1. UCC21710 EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	器件型号
U11	1		双路 4 输入正与门, DGV0014A (TVSOP-14)	SN74LV21ADGVR
U13	1		2.7V 至 22V、4A、50M Ω 优先电源多路复用器、RUX0012A (VQFN-HR-12)	TPS2121RUXR
C36、C48、C51、C62	0	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU
C37、C49、C52、C63	0	10 μ F	电容, 陶瓷, 10 μ F, 50V, +/-10%, X5R, 1206	GRM31CR61H106KA12L
C46、C61	0	0.027 μ F	电容, 陶瓷, 0.027 μ F, 50V, \pm 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	06035C273K4T2A
D10、D16	0	2.7V	二极管, 齐纳, 2.7V, 300mW, SOD-523	BZT52C2V7T-7
J7、J8	0		接头, 100mil, 2x1, TH	800-10-002-10-001000
Q1、Q4	0	40V	晶体管, NPN, 40V, 10A, AEC-Q101, 4.9mm x 3.95mm	PHPT60410NYX
Q2、Q5	0	40V	晶体管, PNP, 40V, 10A, AEC-Q101, 4.9mm x 3.95mm	PHPT60410PYX
Q3、Q6	0	40V	MOSFET, N 沟道, 40V, 5.6A, SOT-23	SI2318CDS-T1-GE3
R1、R7、R10、R16、R22、R24、R31、R37、R38、R49、R71、R73、R83	0	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, 0603	MCT06030Z0000ZP500
R30、R33	0	0	0 Ω 跳线 0.5W、1/2W 片式电阻器 0805 (公制 2012) 车规级 AEC-Q200 金属箔	HCJ0805ZT0R00
R40、R72	0	475	电阻, 475, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603475RFKEA
R44、R57、R78、R90	0	10	电阻, 10, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6GEYJ100V
R45、R52、R79、R86	0	1	电阻, 1.0, 5%, 0.5W, 1210	RC1210JR-071RL
R56、R89	0	10	电阻, 10, 5%, 0.25W, 0603	CRCW060310R0JNEAHP
R105、R107	0	2.00k	电阻, 2.00k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072KL
R114	0	15.0k	电阻, 15.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RG1608P-153B-T5
R115	0	4.99k	电阻, 4.99k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD074K99L
U14	0		具有经优化的基准电流的可编程并联稳压器, DBZ0003A (SOT-23-3)	ATL431LIBQDBZRQ1

表 4-2. UCC21750 EVM BOM

位号	数量	值	说明	器件型号
!PCB1	1		印刷电路板	HVP054
C1、C4、C5、C7、C8、C9、C10、C12、C17、C20、C21、C23、C24、C25、C27、C31、C32、C35、C65、C67、C69、C70、C71、C72	24	10 μ F	电容, 陶瓷, 10 μ F, 50V, +/-10%, X5R, 1206	GRM31CR61H106KA12L
C2、C6、C11、C14、C18、C22、C26、C29	8	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 50V, +/-20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	GCJ21BR71H105MA01L
C3、C13、C19、C28	4	0.027 μ F	电容, 陶瓷, 0.027 μ F, 50V, \pm 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	06035C273K4T2A
C15、C16	2	2.2 μ F	电容, 陶瓷, 2.2 μ F, 50V, +/-10%, X5R, 0603	GRM188R61H225KE11D
C30、C33、C34、C39、C54、C64、C66、C68、C74	9	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU

表 4-2. UCC21750 EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	器件型号
C38、C40、C41、C44、C45、C50、C55、C56、C58、C59、C60、C73	12	100pF	电容, 陶瓷, 100pF, 25V, +/-5%, COG/NP0, 0402	C0402C101J3GACTU
C42、C57	2	100pF	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, COG/NP0, AEC-Q200 0 级, 0603	CGA3E2NP01H101J080AA
C43、C47	2	68pF	68pF ±5% 50V 陶瓷电容器 COG, NP0 0402 (公制 1005)	GCM1555C1H680JA16D
C53	1	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603X103K5RACTU
C75	1	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 25V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	CGA3E1X7R1E105K080AC
COM3、COM4、GND1、GND2	4		测试点	TP_H0.45P0.75
D1、D4、D5、D7	4		肖特基二极管 40V 1A (直流) 表面贴装 SOD-123F	PMEG4010EH,115
D2、D6	2		LED 单色蓝色 0.07lm 465nm 贴片 LED 2 引脚 0603 T/R	LB Q39G-L200-35-1
D3	1		绿色 570nm LED 指示 - 分立式 1.7V 0603 (公制 1608)	LG L29K-F2J1-24Z
D8、D17	2		红色 630nm LED 指示 - 分立式 1.5V 0603 (公制 1608)	LS L29K-G1J2-1Z
D9、D15	2		LED 单色琥珀色 622nm 2 引脚 SMD T/R	LA L296-Q2R2-1-0-20-R18Z
D10、D16	2	2.7V	二极管, 齐纳, 2.7V, 300mW, SOD-523	BZT52C2V7T-7
D11、D12、D18、D19	4	1200V	二极管, 超快速, 1200V, 1A, SMA	STTH112A
D13、D20	2	30V	二极管, 肖特基, 30V, 0.2A, SOD-323	BAT54WS-7F
D14、D21	2	12V	二极管, 齐纳, 12V, 500mW, SOD-123	MMSZ5242B-7F
FID1、FID2、FID3	3		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用
GATE1、GATE2	2		连接器, MMCX, 50 Ω, TH	MMCX-J-P-H-ST-TH1
GND3	1		测试点, 1 引脚 SMT, RoHS, 卷带包装	
J1	1			SBH11-PBPC-D08-ST-BK
J2、J5	2		FASTON 110, PCB 端子, 接片, 接片, PCB 端子配合接片宽度 0.11 英寸 [2.8mm], PCB 端子配合接片厚度 0.02 英寸 [0.51mm]	735187-2
J3、J6	2		插座, 2.54mm, 2x2, 金, TH	SSW-102-01G-D
J4	1		接头, 2.54mm, 2x1, 锡, TH	TSW-102-07T-S
L1、L2	2		耦合电感器, 2.8A, 0.055 Ω, SMD	ACM4520-421-2P-T000
L3、L4、L5、L6	4		1 μH 屏蔽多层电感器 600mA 150m Ω 0603 (公制 1608)	MLZ1608A1R0WT000
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	THT-14-423-10
R2、R6、R11、R23、R29、R32、R96、R97、R98、R101、R103、R104、R109、R110、R111	15	16.5k	电阻, 16.5k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	ERJ-3EKF1652V
R3、R18、R20	3	2.2k	2.2k Ω ±5% 0.25W 0603 抗浪涌片式电阻器 AEC-Q200	ESR03EZPJ222
R4、R19	2	4.99Meg	电阻, 4.99M, 1%, 0.1W, 0603	CRCW06034M99FKEA
R5、R21、R99	3	226k	电阻, 226k, 1%, 0.1W, 0603	CRCW0603226KFKEA
R8、R25、R42、R46、R76、R80	6	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	ERJ-3EKF1001V

表 4-2. UCC21750 EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	器件型号
R9、R28、R100	3		49.9k Ω \pm 1% 0.1W, 1/10W 片上电阻 0603 (1608 公制), 汽车 AEC-Q200 厚膜	CRCW060349K9FKEA
R12	1	2.49k	电阻, 2.49k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06032K49FKEA
R13、R34	2	51	电阻薄膜, 0603, 51 Ω , 0.1%, 1/10W, 25ppm/ $^{\circ}$ C, 模制 SMD, 穿孔载体, T/R	ERA-3AEB510V
R14、R35	2	4.99k	电阻, 4.99k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06034K99FKEA
R15、R36、R39、R60、R74、R92、R102、R106	8	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, 0603	MCT06030Z0000ZP500
R17	1	2.32Meg	电阻, 2.32M, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04022M32FKED
R27	1	208k	电阻, 208k, 0.5%, 0.1W, 0603	RT0603DRE07208KL
R40、R72	2	475	电阻, 475, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603475RFKEA
R41、R75、R105、R107	4	2.00k	电阻, 2.00k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072KL
R43、R50、R54、R55、R59、R62、R64、R65、R67、R69、R77、R84、R88	13	100	电阻, 100, 5%, 0.063W, 0402	CRCW0402100RJNED
R47、R51、R81、R85	4	1	电阻, 1.0, 5%, 0.5W, 1210	RC1210JR-071RL
R58、R63、R91、R94、R116	5	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710KL
R66	1	6.81k	电阻, 6.81k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06036K81FKEA
R70	1	2.74k	电阻, 2.74k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06032K74FKEA
R95	1	768k	电阻, 768k, 1%, 0.063W, 0402	CRCW0402768KFKED
R108	1	100	电阻, 100, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100RL
S1	1		开关, 触控式, SPST-NO, 0.05A, 12V, SMD	EVQ-P7A01P
T1、T2	2		变压器, 1:1.67, 0.045 Ω 初级, 0.122 Ω 次级, 16.5uH	750319177r02
TP2、TP7	2		测试点, 通用, 橙色, TH	5013
TP3、TP6	2		测试点, 多用途, 红色, TH	5010
TP4、TP15	2		测试点, 通用, 白色, TH	5012
TP5	1		测试点, 多用途, 黑色, TH	5011
TP8	1		测试点, 通用, 蓝色, TH	5127
TP9	1		测试点, 通用, 棕色, TH	5125
TP10	1		测试点, 通用, 绿色, TH	5126
TP11、TP12、TP13	3		测试点, 通用, 灰色, TH	5128
U1、U5	2		150mA, 宽 VIN, 低 IQ, 低压降稳压器, DRB0008F (VSON-8)	TPS7B8401QDRBRQ1
U2、U6	2		用于隔离式辅助电源的开环 LLC 变压器驱动器	UCC25800DGNRQ1
U3、U8	2		具有经优化的基准电流的可编程并联稳压器, DBZ0003A (SOT-23-3)	ATL431LIBQDBZRQ1
U4	1		具有电源正常指示功能的 300mA、18V、低 IQ、低压降稳压器, DRV0006A (WSON-6)	TPS7A2501DRVR

表 4-2. UCC21750 EVM BOM (续)

位号	数量	值	说明	器件型号
U9	1		双路差分驱动器和接收器, 具有 $\pm 15\text{kV}$ IEC ESD 保护功能、2 TX/2 RX、5V、 -40°C 至 85°C 、16 引脚 VQFN(RGY)、绿色 (RoHS, 无铍/溴)	SN65C1167ERGYR
U10、U12	2		适用于 SiC/IGBT 且具有高级保护功能和高 CMTI 的单通道隔离式栅极驱动器, DW0016B (SOIC-16)	UCC21750DWR
U11	1		双路 4 输入正与门, DGV0014A (TVSOP-14)	SN74LV21ADGVR
U13	1		2.7V 至 22V、4A、 $50\text{M}\Omega$ 优先电源多路复用器、RUX0012A (VQFN-HR-12)	TPS2121RUXR
C36、C48、C51、C62	0	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU
C37、C49、C52、C63	0	10uF	电容, 陶瓷, 10uF, 50V, +/-10%, X5R, 1206	GRM31CR61H106KA12L
C46、C61	0	0.027uF	电容, 陶瓷, 0.027 μF , 50V, $\pm 10\%$, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	06035C273K4T2A
FID4、FID5、FID6	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用
J7、J8	0		接头, 100mil, 2x1, TH	800-10-002-10-001000
Q1、Q4	0	40V	晶体管, NPN, 40V, 10A, AEC-Q101, 4.9mm x 3.95mm	PHPT60410NYX
Q2、Q5	0	40V	晶体管, PNP, 40V, 10A, AEC-Q101, 4.9mm x 3.95mm	PHPT60410PYX
Q3、Q6	0	40V	MOSFET, N 沟道, 40V, 5.6A, SOT-23	SI2318CDS-T1-GE3
R1、R7、R10、R16、R22、R24、R31、R37、R38、R49、R71、R73、R83	0	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, 0603	MCT06030Z0000ZP500
R30、R33	0	0	0 Ω 跳线 0.5W、1/2W 片式电阻器 0805 (公制 2012) 车规级 AEC-Q200 金属箔	HCJ0805ZT0R00
R44、R57、R78、R90	0	10	电阻, 10, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6GEYJ100V
R45、R52、R79、R86	0	1	电阻, 1.0, 5%, 0.5W, 1210	RC1210JR-071RL
R48、R82	0	4.99k	电阻, 4.99k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06034K99FKEA
R53、R87	0	590	电阻, 590, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07590RL
R56、R89	0	10	电阻, 10, 5%, 0.25W, 0603	CRCW060310R0JNEAHP
R114	0	15.0k	电阻, 15.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RG1608P-153B-T5
R115	0	4.99k	电阻, 4.99k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD074K99L
U14	0		具有经优化的基准电流的可编程并联稳压器, DBZ0003A (SOT-23-3)	ATL431LIBQDBZRQ1

5 其他信息

5.1 商标

Würth Elektronik™ is a trademark of Würth Elektronik GmbH & Co. KG.
 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 * (September 2024) to Revision A (June 2026)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 将标题从“用于 Wolfspeed 1,200V SiC 平台的 UCC217xx 和 ISO5x5x 半桥 EVM 用户指南”更改为“UCC2181xx、UCC217xx 和 ISO5x5x 评估模块”	1
• 更新了摘要，将说明和简介拆开.....	1
• 将“特性”从“系统概述和功能”移至“特性”	1
• 更新了硬件图像.....	1
• 添加了套件内容.....	2
• 将规格从“系统概述和功能”移至“评估模块概述”	2
• 向支持的栅极驱动器添加了 UCC218100B-Q1.....	6

STANDARD TERMS FOR EVALUATION MODULES

1. *Delivery:* TI delivers TI evaluation boards, kits, or modules, including any accompanying demonstration software, components, and/or documentation which may be provided together or separately (collectively, an "EVM" or "EVMs") to the User ("User") in accordance with the terms set forth herein. User's acceptance of the EVM is expressly subject to the following terms.
 - 1.1 EVMs are intended solely for product or software developers for use in a research and development setting to facilitate feasibility evaluation, experimentation, or scientific analysis of TI semiconductors products. EVMs have no direct function and are not finished products. EVMs shall not be directly or indirectly assembled as a part or subassembly in any finished product. For clarification, any software or software tools provided with the EVM ("Software") shall not be subject to the terms and conditions set forth herein but rather shall be subject to the applicable terms that accompany such Software
 - 1.2 EVMs are not intended for consumer or household use. EVMs may not be sold, sublicensed, leased, rented, loaned, assigned, or otherwise distributed for commercial purposes by Users, in whole or in part, or used in any finished product or production system.
2. *Limited Warranty and Related Remedies/Disclaimers:*
 - 2.1 These terms do not apply to Software. The warranty, if any, for Software is covered in the applicable Software License Agreement.
 - 2.2 TI warrants that the TI EVM will conform to TI's published specifications for ninety (90) days after the date TI delivers such EVM to User. Notwithstanding the foregoing, TI shall not be liable for a nonconforming EVM if (a) the nonconformity was caused by neglect, misuse or mistreatment by an entity other than TI, including improper installation or testing, or for any EVMs that have been altered or modified in any way by an entity other than TI, (b) the nonconformity resulted from User's design, specifications or instructions for such EVMs or improper system design, or (c) User has not paid on time. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary. TI does not test all parameters of each EVM. User's claims against TI under this Section 2 are void if User fails to notify TI of any apparent defects in the EVMs within ten (10) business days after delivery, or of any hidden defects with ten (10) business days after the defect has been detected.
 - 2.3 TI's sole liability shall be at its option to repair or replace EVMs that fail to conform to the warranty set forth above, or credit User's account for such EVM. TI's liability under this warranty shall be limited to EVMs that are returned during the warranty period to the address designated by TI and that are determined by TI not to conform to such warranty. If TI elects to repair or replace such EVM, TI shall have a reasonable time to repair such EVM or provide replacements. Repaired EVMs shall be warranted for the remainder of the original warranty period. Replaced EVMs shall be warranted for a new full ninety (90) day warranty period.

WARNING

Evaluation Kits are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems.

User shall operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines and any applicable legal or environmental requirements as well as reasonable and customary safeguards. Failure to set up and/or operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines may result in personal injury or death or property damage. Proper set up entails following TI's instructions for electrical ratings of interface circuits such as input, output and electrical loads.

NOTE:

EXPOSURE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE (ESD) MAY CAUSE DEGRADATION OR FAILURE OF THE EVALUATION KIT; TI RECOMMENDS STORAGE OF THE EVALUATION KIT IN A PROTECTIVE ESD BAG.

3 Regulatory Notices:

3.1 United States

3.1.1 Notice applicable to EVMs not FCC-Approved:

FCC NOTICE: This kit is designed to allow product developers to evaluate electronic components, circuitry, or software associated with the kit to determine whether to incorporate such items in a finished product and software developers to write software applications for use with the end product. This kit is not a finished product and when assembled may not be resold or otherwise marketed unless all required FCC equipment authorizations are first obtained. Operation is subject to the condition that this product not cause harmful interference to licensed radio stations and that this product accept harmful interference. Unless the assembled kit is designed to operate under part 15, part 18 or part 95 of this chapter, the operator of the kit must operate under the authority of an FCC license holder or must secure an experimental authorization under part 5 of this chapter.

3.1.2 For EVMs annotated as FCC – FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION Part 15 Compliant:

CAUTION

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

FCC Interference Statement for Class A EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

FCC Interference Statement for Class B EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

3.2 Canada

3.2.1 For EVMs issued with an Industry Canada Certificate of Conformance to RSS-210 or RSS-247

Concerning EVMs Including Radio Transmitters:

This device complies with Industry Canada license-exempt RSSs. Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

Concernant les EVMs avec appareils radio:

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

Concerning EVMs Including Detachable Antennas:

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada. To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that necessary for successful communication. This radio transmitter has been approved by Industry Canada to operate with the antenna types listed in the user guide with the maximum permissible gain and required antenna impedance for each antenna type indicated. Antenna types not included in this list, having a gain greater than the maximum gain indicated for that type, are strictly prohibited for use with this device.

Concernant les EVMs avec antennes détachables

Conformément à la réglementation d'Industrie Canada, le présent émetteur radio peut fonctionner avec une antenne d'un type et d'un gain maximal (ou inférieur) approuvé pour l'émetteur par Industrie Canada. Dans le but de réduire les risques de brouillage radioélectrique à l'intention des autres utilisateurs, il faut choisir le type d'antenne et son gain de sorte que la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) ne dépasse pas l'intensité nécessaire à l'établissement d'une communication satisfaisante. Le présent émetteur radio a été approuvé par Industrie Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés dans le manuel d'usage et ayant un gain admissible maximal et l'impédance requise pour chaque type d'antenne. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, ou dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

3.3 Japan

3.3.1 *Notice for EVMs delivered in Japan:* Please see http://www.tij.co.jp/llds/ti_ja/general/eStore/notice_01.page 日本国内に輸入される評価用キット、ボードについては、次のところをご覧ください。

<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-delivered-in-japan.html>

3.3.2 *Notice for Users of EVMs Considered "Radio Frequency Products" in Japan:* EVMs entering Japan may not be certified by TI as conforming to Technical Regulations of Radio Law of Japan.

If User uses EVMs in Japan, not certified to Technical Regulations of Radio Law of Japan, User is required to follow the instructions set forth by Radio Law of Japan, which includes, but is not limited to, the instructions below with respect to EVMs (which for the avoidance of doubt are stated strictly for convenience and should be verified by User):

1. Use EVMs in a shielded room or any other test facility as defined in the notification #173 issued by Ministry of Internal Affairs and Communications on March 28, 2006, based on Sub-section 1.1 of Article 6 of the Ministry's Rule for Enforcement of Radio Law of Japan,
2. Use EVMs only after User obtains the license of Test Radio Station as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs, or
3. Use of EVMs only after User obtains the Technical Regulations Conformity Certification as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs. Also, do not transfer EVMs, unless User gives the same notice above to the transferee. Please note that if User does not follow the instructions above, User will be subject to penalties of Radio Law of Japan.

【無線電波を送信する製品の開発キットをお使いになる際の注意事項】 開発キットの中には技術基準適合証明を受けていないものがあります。技術適合証明を受けていないものご使用に際しては、電波法遵守のため、以下のいずれかの措置を取っていただく必要がありますのでご注意ください。

1. 電波法施行規則第6条第1項第1号に基づく平成18年3月28日総務省告示第173号で定められた電波暗室等の試験設備でご使用いただく。
2. 実験局の免許を取得後ご使用いただく。
3. 技術基準適合証明を取得後ご使用いただく。

なお、本製品は、上記の「ご使用にあたっての注意」を譲渡先、移転先に通知しない限り、譲渡、移転できないものとします。

上記を遵守頂けない場合は、電波法の罰則が適用される可能性があることをご留意ください。日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
東京都新宿区西新宿 6 丁目 2 4 番 1 号
西新宿三井ビル

3.3.3 *Notice for EVMs for Power Line Communication:* Please see http://www.tij.co.jp/llds/ti_ja/general/eStore/notice_02.page

電力線搬送波通信についての開発キットをお使いになる際の注意事項については、次のところをご覧ください。 <https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-for-power-line-communication.html>

3.4 European Union

3.4.1 *For EVMs subject to EU Directive 2014/30/EU (Electromagnetic Compatibility Directive):*

This is a class A product intended for use in environments other than domestic environments that are connected to a low-voltage power-supply network that supplies buildings used for domestic purposes. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

-
4. *EVM Use Restrictions and Warnings:*
 - 4.1 EVMS ARE NOT FOR USE IN FUNCTIONAL SAFETY AND/OR SAFETY CRITICAL EVALUATIONS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO EVALUATIONS OF LIFE SUPPORT APPLICATIONS.
 - 4.2 User must read and apply the user guide and other available documentation provided by TI regarding the EVM prior to handling or using the EVM, including without limitation any warning or restriction notices. The notices contain important safety information related to, for example, temperatures and voltages.
 - 4.3 *Safety-Related Warnings and Restrictions:*
 - 4.3.1 User shall operate the EVM within TI's recommended specifications and environmental considerations stated in the user guide, other available documentation provided by TI, and any other applicable requirements and employ reasonable and customary safeguards. Exceeding the specified performance ratings and specifications (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) for the EVM may cause personal injury or death, or property damage. If there are questions concerning performance ratings and specifications, User should contact a TI field representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may also result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the EVM and/or interface electronics. Please consult the EVM user guide prior to connecting any load to the EVM output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact a TI field representative. During normal operation, even with the inputs and outputs kept within the specified allowable ranges, some circuit components may have elevated case temperatures. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, current sense resistors, and heat sinks, which can be identified using the information in the associated documentation. When working with the EVM, please be aware that the EVM may become very warm.
 - 4.3.2 EVMs are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems. User assumes all responsibility and liability for proper and safe handling and use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees. User assumes all responsibility and liability to ensure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the EVM and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard. User assumes all responsibility and liability for any improper or unsafe handling or use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees.
 - 4.4 User assumes all responsibility and liability to determine whether the EVM is subject to any applicable international, federal, state, or local laws and regulations related to User's handling and use of the EVM and, if applicable, User assumes all responsibility and liability for compliance in all respects with such laws and regulations. User assumes all responsibility and liability for proper disposal and recycling of the EVM consistent with all applicable international, federal, state, and local requirements.
 5. *Accuracy of Information:* To the extent TI provides information on the availability and function of EVMs, TI attempts to be as accurate as possible. However, TI does not warrant the accuracy of EVM descriptions, EVM availability or other information on its websites as accurate, complete, reliable, current, or error-free.
 6. *Disclaimers:*
 - 6.1 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, EVMS AND ANY MATERIALS PROVIDED WITH THE EVM (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REFERENCE DESIGNS AND THE DESIGN OF THE EVM ITSELF) ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING SUCH ITEMS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY OR IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY PATENTS, COPYRIGHTS, TRADE SECRETS OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.
 - 6.2 EXCEPT FOR THE LIMITED RIGHT TO USE THE EVM SET FORTH HEREIN, NOTHING IN THESE TERMS SHALL BE CONSTRUED AS GRANTING OR CONFERRING ANY RIGHTS BY LICENSE, PATENT, OR ANY OTHER INDUSTRIAL OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI, ITS SUPPLIERS/LICENSORS OR ANY OTHER THIRD PARTY, TO USE THE EVM IN ANY FINISHED END-USER OR READY-TO-USE FINAL PRODUCT, OR FOR ANY INVENTION, DISCOVERY OR IMPROVEMENT, REGARDLESS OF WHEN MADE, CONCEIVED OR ACQUIRED.
 7. *USER'S INDEMNITY OBLIGATIONS AND REPRESENTATIONS.* USER WILL DEFEND, INDEMNIFY AND HOLD TI, ITS LICENSORS AND THEIR REPRESENTATIVES HARMLESS FROM AND AGAINST ANY AND ALL CLAIMS, DAMAGES, LOSSES, EXPENSES, COSTS AND LIABILITIES (COLLECTIVELY, "CLAIMS") ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH ANY HANDLING OR USE OF THE EVM THAT IS NOT IN ACCORDANCE WITH THESE TERMS. THIS OBLIGATION SHALL APPLY WHETHER CLAIMS ARISE UNDER STATUTE, REGULATION, OR THE LAW OF TORT, CONTRACT OR ANY OTHER LEGAL THEORY, AND EVEN IF THE EVM FAILS TO PERFORM AS DESCRIBED OR EXPECTED.

8. *Limitations on Damages and Liability:*

8.1 *General Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF THESE TERMS OR THE USE OF THE EVMS , REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. EXCLUDED DAMAGES INCLUDE, BUT ARE NOT LIMITED TO, COST OF REMOVAL OR REINSTALLATION, ANCILLARY COSTS TO THE PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, RETESTING, OUTSIDE COMPUTER TIME, LABOR COSTS, LOSS OF GOODWILL, LOSS OF PROFITS, LOSS OF SAVINGS, LOSS OF USE, LOSS OF DATA, OR BUSINESS INTERRUPTION. NO CLAIM, SUIT OR ACTION SHALL BE BROUGHT AGAINST TI MORE THAN TWELVE (12) MONTHS AFTER THE EVENT THAT GAVE RISE TO THE CAUSE OF ACTION HAS OCCURRED.

8.2 *Specific Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI'S AGGREGATE LIABILITY FROM ANY USE OF AN EVM PROVIDED HEREUNDER, INCLUDING FROM ANY WARRANTY, INDEMNITY OR OTHER OBLIGATION ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THESE TERMS, , EXCEED THE TOTAL AMOUNT PAID TO TI BY USER FOR THE PARTICULAR EVM(S) AT ISSUE DURING THE PRIOR TWELVE (12) MONTHS WITH RESPECT TO WHICH LOSSES OR DAMAGES ARE CLAIMED. THE EXISTENCE OF MORE THAN ONE CLAIM SHALL NOT ENLARGE OR EXTEND THIS LIMIT.

9. *Return Policy.* Except as otherwise provided, TI does not offer any refunds, returns, or exchanges. Furthermore, no return of EVM(s) will be accepted if the package has been opened and no return of the EVM(s) will be accepted if they are damaged or otherwise not in a resalable condition. If User feels it has been incorrectly charged for the EVM(s) it ordered or that delivery violates the applicable order, User should contact TI. All refunds will be made in full within thirty (30) working days from the return of the components(s), excluding any postage or packaging costs.

10. *Governing Law:* These terms and conditions shall be governed by and interpreted in accordance with the laws of the State of Texas, without reference to conflict-of-laws principles. User agrees that non-exclusive jurisdiction for any dispute arising out of or relating to these terms and conditions lies within courts located in the State of Texas and consents to venue in Dallas County, Texas. Notwithstanding the foregoing, any judgment may be enforced in any United States or foreign court, and TI may seek injunctive relief in any United States or foreign court.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月