

EVM User's Guide: IWRL6432AOPEVM

低功耗 60GHz 毫米波传感器评估模块



说明

IWRL6432AOPEVM 是一款基于 FR4 的易用型低成本评估板，适用于 IWRL6432AOP 毫米波传感器器件，可独立运行并直接连接到 DCA1000EVM 以进行原始 ADC 采集和信号处理开发。此 EVM 包含开始为片上硬件加速器和低功耗 ARM® Cortex®-M4F 处理器开发软件所需的一切资源。

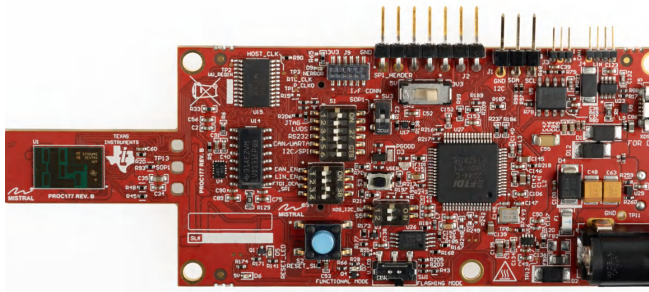
特性

- 宽视野天线，专用于壁挂式和吸顶式感应应用
- 基于 FR4 的 PCB 基板
- XDS110 JTAG 接口具有 USB 连接功能，可用于代码开发和调试
- 采用 FTDI 接口用于 SPI 连接和原始 ADC 数据流
- 低功耗分立式直流/直流电源管理设计
- 串行端口支持板载 QSPI 闪存编程
- 60 引脚高密度 (HD) 连接器可以传输原始模数转换器 (ADC) 数据

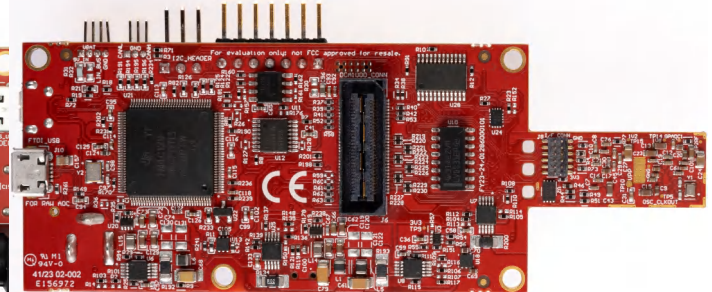
- 板载 CAN-FD 收发器
- 用于超精密数字电源监控的板载 INA228
- USB 供电的独立运行模式

应用

- **工业:**
 - 自动门
 - 运动检测器
 - 占位检测 (人员跟踪、人数统计)
 - 可视门铃
 - IP 网络摄像头
 - 空调
 - 冰箱和冷冻柜
 - 割草机
 - 便携式电子产品
 - 电视
 - 家庭影院和娱乐系统



IWRL6432AOPEVM (顶视图)



IWRL6432AOPEVM (底视图)

内容

说明.....	1
特性.....	1
应用.....	1
1 评估模块概述.....	3
1.1 引言.....	3
1.2 套件内容.....	3
1.3 规格.....	3
1.4 器件信息.....	5
1.5 IWRL6432AOPEVM 天线.....	5
1.6 射频规格.....	7
2 硬件.....	8
2.1 PCB 材料.....	9
2.2 开关和 LED.....	9
2.3 DC 插孔.....	12
2.4 DCA1000 HD 连接器.....	12
2.5 CANFD 连接器.....	13
2.6 LIN PHY 连接.....	14
2.7 I2C 连接.....	14
2.8 XDS110 接口.....	14
2.9 FTDI 接口.....	16
3 软件.....	17
3.1 软件说明.....	17
3.2 刷写电路板.....	17
3.3 毫米波开箱即用演示.....	18
3.4 DCA1000EVM 模式.....	19
4 硬件设计文件.....	20
4.1 原理图.....	20
4.2 PCB 布局.....	20
4.3 物料清单 (BOM).....	20
5 监管声明.....	21
5.1 电缆长度.....	21
5.2 射频暴露.....	21
6 其他信息.....	21
6.1 商标.....	21
7 相关文档.....	21
8 TI E2E 社区.....	21
9 参考资料.....	21
10 修订历史记录.....	21

1 评估模块概述

1.1 引言

德州仪器 (TI) 提供的 IWRL6432AOP 评估模块 (EVM) 提供了一个易于使用且具有成本效益的平台，用于评估 IWRL6432AOP 毫米波传感器器件的功能。该评估板使用基于 FR4 的 PCB 基板进行设计，可与 DCA1000EVM 无缝集成以实现直接连接，有助于原始 ADC 采集和信号处理开发。此 EVM 注重用户友好性和多功能性，可在独立模式下运行，并包含可简化片上硬件加速器和低功耗 ARM® Cortex® M4F 处理器软件开发的启动的所有功能。

此 EVM 的关键属性包括宽视野 AOP (封装天线)，该设计专为壁挂式和吸顶式感应应用而打造。为了进行高效的代码开发和调试，此 EVM 配备了一个通过 USB 连接的 XDS110 JTAG 接口。包含高能效分立式直流/直流稳压器可提高整体能效。此外，此 EVM 包含一个串行端口，用于对板载 QSPI 闪存进行编程，并具有一个 60 引脚高密度 (HD) 连接器，用于从毫米波雷达器件捕获原始 ADC 数据。

为了方便代码调试和数据采集，此 EVM 包含针对基于 SPI 的原始数据采集配置的 FTDI 芯片。此 EVM 采用精度超高的 INA228 高精度电流传感器，可精确测量精度高达微安的电流。此 EVM 采用通过 USB 供电的独立模式运行，并具有板载 16MB QSPI 闪存，可为热衷于探索 IWRL6432AOP 毫米波传感器器件潜力的开发人员提供全面的设计。

1.2 套件内容

IWRL6432AOPEVM 套件包括：

- IWRL6432AOP 评估板
- Micro USB 电缆
- 快速入门指南
- 保修卡 (免责声明)
- 头螺钉
- 六角垫片
- 平垫圈

1.3 规格

IWRL6432AOPEVM 包含两个发射器和三个接收器封装天线，在方位角和俯仰角平面上具有宽视野。

IWRL6432AOP 毫米波传感器是此评估模块的重要部分，在 57GHz 和 63.5GHz 之间的 6.5GHz 带宽下，以调频连续波 (FMCW) 模式运行。IWRL6432AOP 评估模块专为 IWRL6432AOP 器件而设计，具有独立功能并可无缝连接到 DCA1000EVM，用于直接采集原始 ADC 数据。

IWRL6432AOPEVM 具有各种工业应用，包括自动门系统、IP 网络摄像头、温控器、空调、扫地机器人、冷冻柜、冰箱、人员跟踪、人数统计、可视门铃、PC/笔记本电脑、便携式电子产品、电视、平板电脑、耳机、智能手表、游戏设备、家庭影院和娱乐系统。

1.3.1 方框图

图 1-1 给出了功能方框图。任务电路板 (传感器区域) 侧包含 TI 雷达系统的基本元件，即晶体振荡器、串行闪存和 TI 毫米波雷达芯片。可扩展区域包括配电网络、板载 XDS110 USB 转 UART 转换器、FTDI 芯片、用于连接 DCA1000EVM 的 60 引脚连接器。

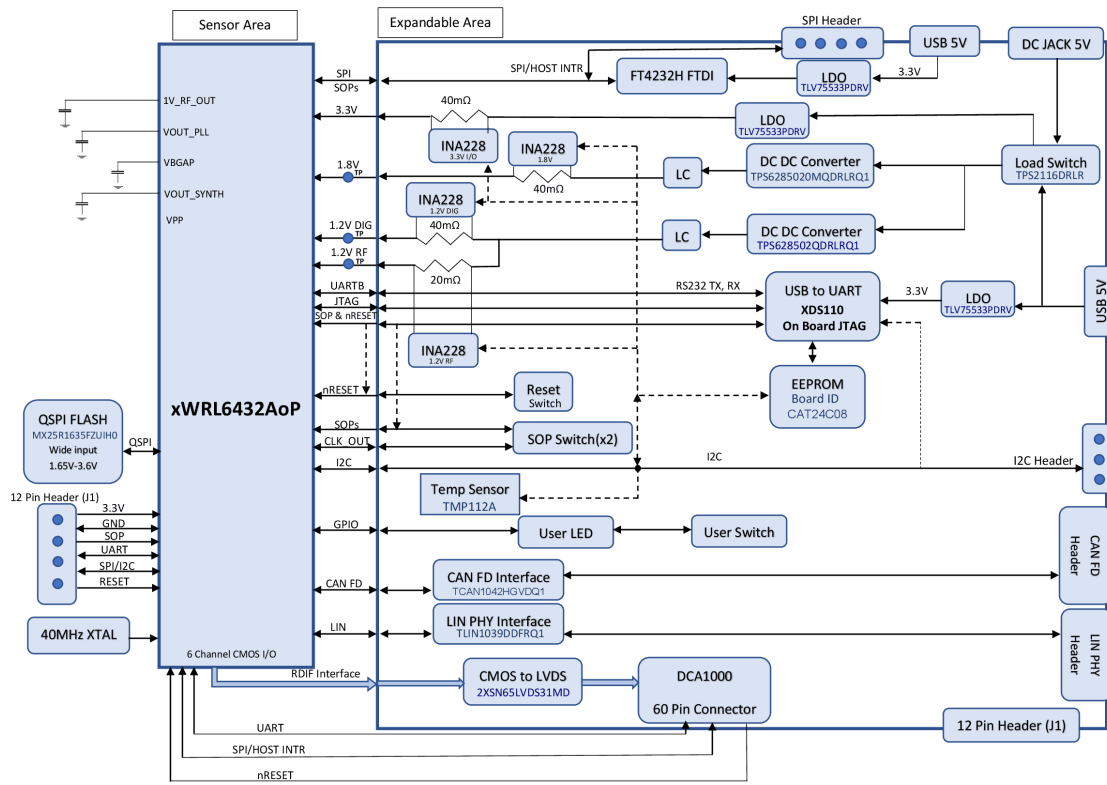


图 1-1. IWRL6432AOPEVM 的方框图

1.3.2 EVM 多路复用器方框图

图 1-2 展示了数字信号的不同多路复用选项。该器件通过引脚限制来同时支持不同的特性；因此，各种内部 IP 和信号都会进行引脚多路复用。EVM 使用各种模拟多路复用器和滑动开关选项来提供多路信号分离选项。图 1-2 展示了不同多路复用开关位置，支持通过不同的多路复用选项连接到不同的外设。

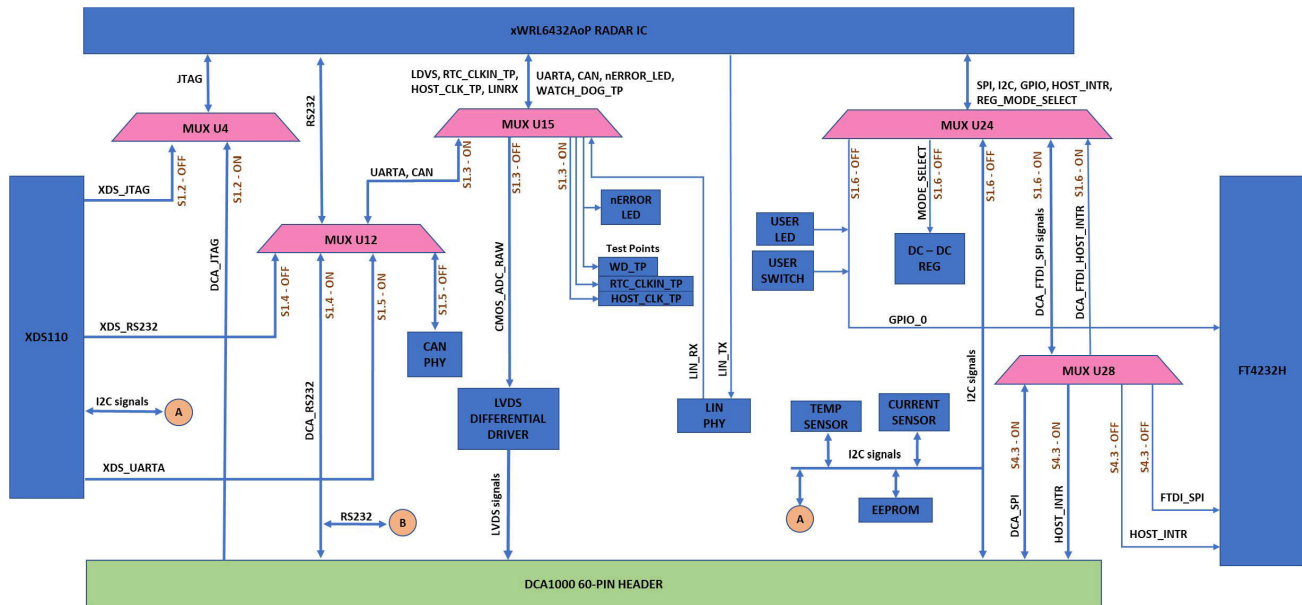


图 1-2. EVM 的多路复用选项

1.4 器件信息

IWRL6432AOP 毫米波传感器是一款封装天线 (AOP) 器件，是基于 FMCW 雷达技术的集成式单芯片毫米波传感器的升级版。该器件能够在 57GHz 至 63.5GHz 频段内运行，主要分为四个电源域：

- **射频/模拟子系统**：该块包含发送和接收射频信号所需的所有射频和模拟元件。
- **前端控制器子系统 (FECSS)**：FECSS 包含 ARM Cortex M3 处理器，负责雷达前端配置、控制和校准。
- **应用子系统 (APPSS)**：在 APPSS 中，该器件实现了一个用户可编程的 ARM Cortex M4，允许自定义控制和汽车接口应用。顶部子系统 (TOPSS) 是 APPSS 电源域的一部分，包含时钟和电源管理子块。
- **硬件加速器 (HWA)**：HWA 块通过卸载通用雷达处理（例如 FFT、恒定误报率 (CFAR)、缩放和压缩）来对 APPSS 进行补充。

IWRL6432AOP 专为上述每个电源域配备单独的旋钮，可根据用例要求控制其状态（上电或断电）。该器件还具有运行各种低功耗状态（如睡眠和深度睡眠）的功能，其中低功耗睡眠模式是通过时钟门控和关闭器件的某些内部 IP 块来实现的。该器件还提供了保留器件某些内容的选项，例如在此类情况下保留的应用图像或射频配置文件。

此外，该器件采用 TI 的低功耗 45nm RF CMOS 工艺制造，以超小的外形尺寸实现了出色的集成度。IWRL6432AOP 设计用于工业应用中的低功耗、自监控、超精确雷达系统。

1.5 IWRL6432AOPEVM 天线

IWRL6432AOPEVM 的芯片封装中包含三个接收器和两个发送器短程天线。图 1-3 显示了封装天线。

备注

天线视场 (FOV) 内不要有任何较高的元件，以避免任何多路径反射。在距离器件任一边缘至少一个波长 (5mm) 的范围内设置禁止区域。

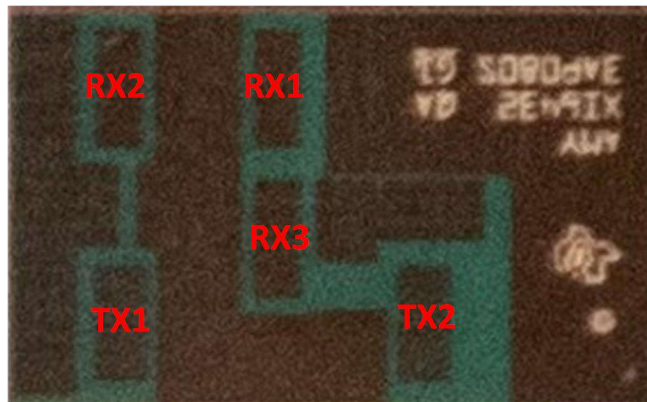


图 1-3. AOP 天线

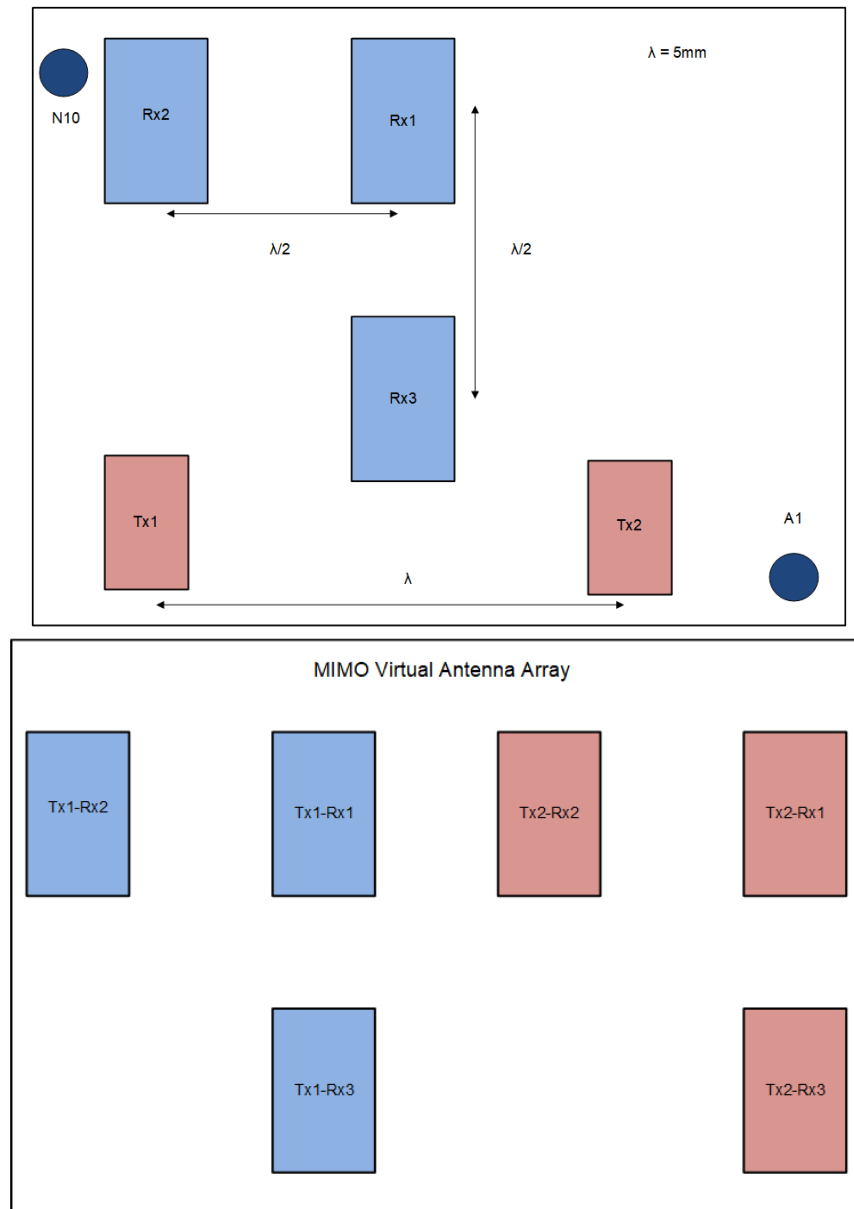


图 1-4. IWR16432AOP 天线放置 MIMO 阵列

1.6 射频规格

在建议的工作条件下测得 (除非另有说明)

参数			最小值	典型值	最大值	单位
接收器	有效全向噪声系数 (EINF) ⁽¹⁾	57GHz 至 63.5GHz	TX 退避 = 0dB	16		dB
			TX 退避 = 6dB	12		
	中频带宽 ⁽²⁾				5	MHz
	ADC 采样速率 (实数)				12.5	Msps
ADC 分辨率				12	位	
发送器	单发射器输出功率 EIRP			17		dBm
	电源退避范围			26		dB

- (1) 单个 TX 开启。EINF 因 RF 和 TX-RX 组合而异。之后的指令处恢复 CPU 执行。
 (2) 模拟中频 (IF) 级包括高通滤波，具有可配置的一阶高通转角频率。可用的 HPF 角集总结如下：

可用 HPF 转角频率 (kHz)
175、350、700、1400

通过数字基带执行的滤波旨在提供小于 $\pm 0.5\text{dB}$ 的通带纹波/压降。

2 硬件

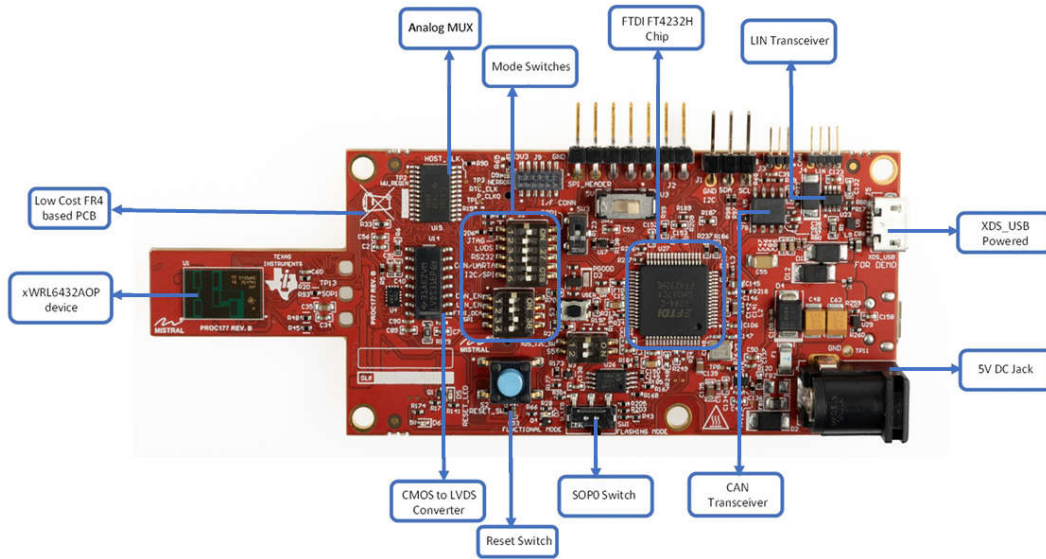


图 2-1. EVM 的显著特性 (顶面)

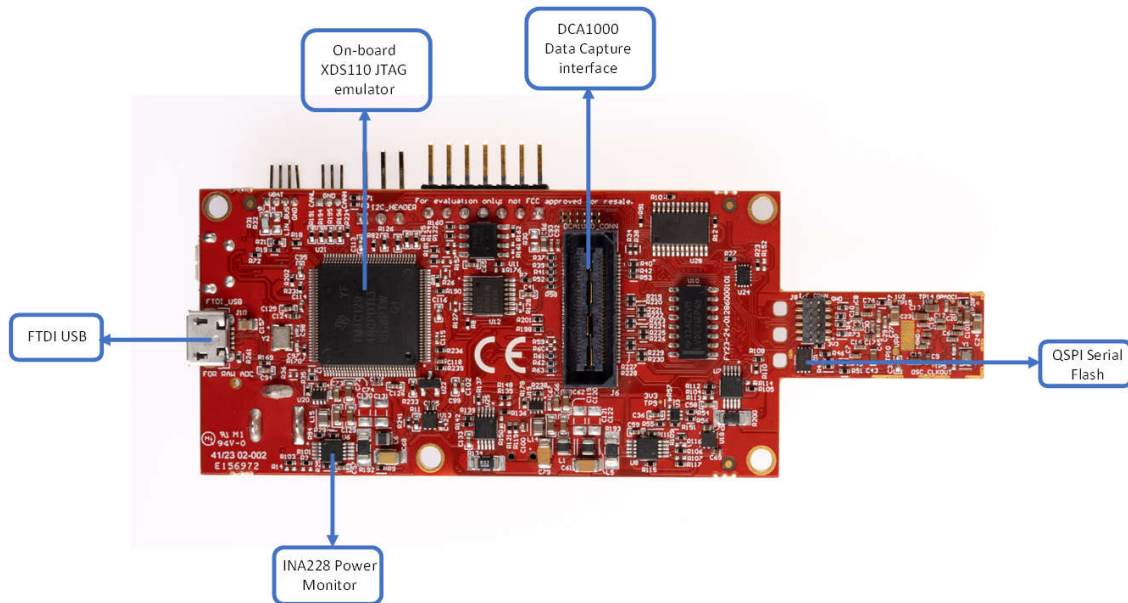


图 2-2. EVM 的显著特性 (底面)

2.1 PCB 材料

此 PCB 使用的材料是用于 PCB 层的基于常规 FR4 的 Iteq IT180A 半固化 1080 RC65。

Layer	Stack up	Description	Processed Thickness	Isolation Distance (Summed)	Copper Coverage	ϵ_r	Impedance ID	Supplier Description	T _g
1		ELECTRA EMP 110/5410- RED	1.000			4.000		EMP 110/5410	
		Copper Foil 12 microns	1.850		100.000			HI-Q Foil	
2		Iteq IT180A Prepreg 1080 RC65-NEW	2.328	4.656		3.860		IPC-4101E / 99/ 101/ 126	170.000
		Iteq IT180A Prepreg 1080 RC65-NEW	2.328	-		3.860		IPC-4101E / 99/ 101/ 126	170.000
3		Iteq IT180A 47 mil core 2/2	2.638		52.000				
		Iteq IT180A 47 mil core 2/2	41.600	41.600		3.770		IPC-4101E / 99/ 101/ 126	170.000
4		Iteq IT180A Prepreg 1080 RC65-NEW	2.209	4.419		3.860		IPC-4101E / 99/ 101/ 126	170.000
		Iteq IT180A Prepreg 1080 RC65-NEW	2.209	-		3.860		IPC-4101E / 99/ 101/ 126	170.000
		Copper Foil 12 microns	1.850		100.000			HI-Q Foil	
		ELECTRA EMP 110/5410- RED	1.000			4.000		EMP 110/5410	

2.2 开关和 LED

2.2.1 SOP 配置

表 2-1. SOP 配置

	SOP0(SW1)	SOP1(S1.1)
刷写模式	关	关
功能	开	关
调试	开	开

备注

调试模式选择用于绕过引导加载程序的 IWRL6432AOP 器件调试，而不用于代码调试。若要进行代码调试，必须使用功能模式。

2.2.2 开关

表 2-2 展示了按钮及其用法的列表。

表 2-2. 开关信息

参考指示符	用途	注释	图像
SW1	SOP0	在功能模式和刷写模式之间切换	
S1.1	SOP1	关闭：刷写/功能模式 打开：调试模式	
S1.2	JTAG	关闭：XDS_JTAG 打开：DCA_JTAG	
S1.3	RDIF	关闭：RDIF 打开： LIN_RX、XDS_UARTA/CAN、NERROR_LED、 WATCH_DOG_TP、HOST_CLK_TP	
S1.4	RS232	关闭：XDS_RS232 打开：DCA_RS232	
S1.5	CAN/UARTA	关闭：CAN 打开：XDS_UARTA	
S1.6	I2C/SPI	关闭：I2C、REG_MODE、LED_SW_GPIO 打开：SPI	

图 2-3. SW1 开关

图 2-4. S1 开关

表 2-2. 开关信息 (续)

参考指示符	用途	注释	图像
S4.1	CAN 启用	关闭：CAN PHY：待机模式禁用 打开：CAN PHY：待机模式启用	 <p>图 2-5. S4 开关</p>
S4.2	LIN 启用	关闭：LIN PHY：使能 打开：LIN PHY：禁用	
S4.3	FTDI/DCA SPI	关闭：FTDI_SPI 打开：DCA_SPI	
S5.1	XDS SDA	关闭：禁用 XDS_SDA 打开：XDS_SDA 启用	 <p>图 2-6. S5 开关</p>
S5.2	XDS SCL	关闭：XDS_SCL 禁用 打开：XDS_SCL 启用	
S2	RESET 开关	反跳开关	 <p>图 2-7. S2 开关</p>
S3	USER 开关	反跳开关	 <p>图 2-8. S3 开关</p>
SW2	参考设计连接开关	5V 至 3.3V 之间的开关：为参考设计提供 5V 电源 (仅当参考设计连接到 EVM 上时才需要)	 <p>图 2-9. SW2 开关</p>
SW3	参考设计连接开关	关闭：切换为低电平可将参考设计置于刷写模式 (如图所示) (仅当参考设计连接到 EVM 上时才需要)	 <p>图 2-10. SW3 开关</p>

表 2-3 提供了 LED 及其用法的列表。

表 2-3. LED 信息

参考指示符	颜色	用途	注释	图像
D3	黄色	PGOOD	3V 电源指示	 <p>图 2-11. D3</p>
D5	绿色	nRESET	此 LED 用于指示 nRESET 引脚的状态。如果此 LED 亮起，表明器件未复位。只有提供 5V 电源后，此 LED 才会亮起。	 <p>图 2-12. D5</p>
D6	绿色	POWER	此 LED 表示存在 5V 电源。	 <p>图 2-13. D6</p>
D7	绿色	用户 LED	客户可编程的用户 LED。注意：需要通过开关 S3 设置来启用此功能。	 <p>图 2-14. D7</p>
D9	红色	NERROUT	在毫米波传感器器件存在任何硬件错误时亮起。	 <p>图 2-15. D9</p>
D10	黄色	FTDI	如果 FTDI 处于挂起模式，此 LED 将亮起	 <p>图 2-16. D10</p>

2.5 CANFD 连接器

通过 CAN FD 连接器可从板载 CAND-FD 收发器访问 CAN_FD 接口 (CAN_L 和 CAN_H 信号)。这些信号可直接连接到 CAN 总线。

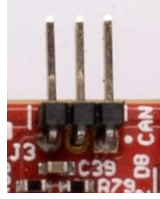


图 2-18. CANFD 连接器

图 2-18 中显示的 J3 连接器提供来自板载 CAND-FD 收发器 (TCAN1042HGVDRQ1) 的 CAN_L 和 CAN_H 信号。与 SPI 接口信号多路复用后, 这些信号将连接到 CAN 总线; 必须选择两条路径中的一条。通过将开关 S1.5 更改为关闭位置, 可以选择将 CAN 信号连接到 PHY。

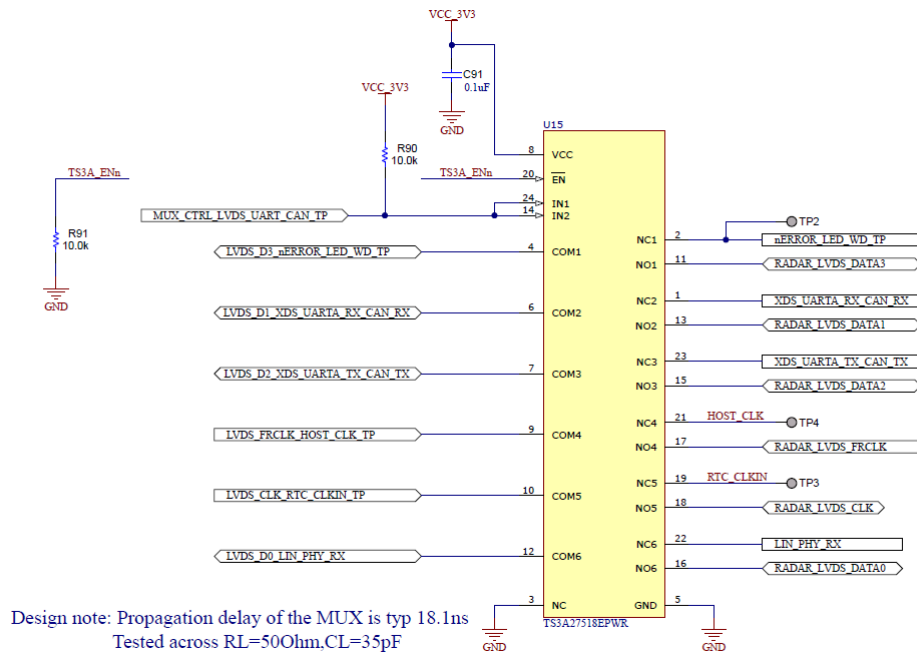


图 2-19. CAN PHY 开关的模拟多路复用器

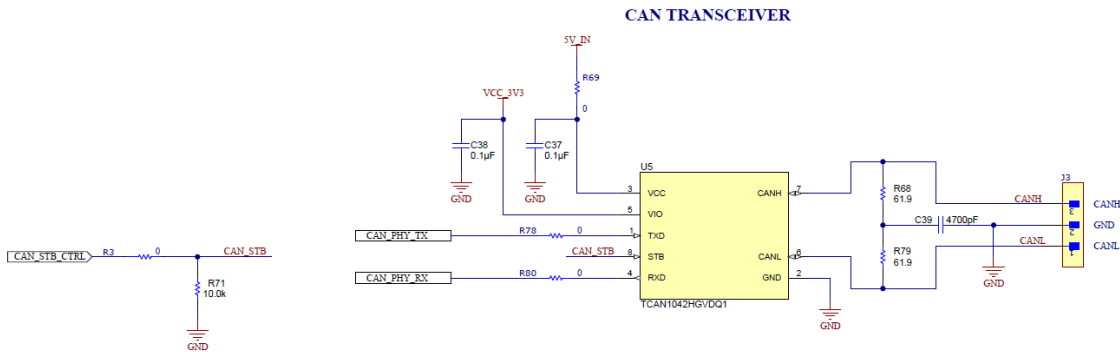


图 2-20. EVM 中使用的 CAN FD PHY

2.6 LIN PHY 连接

图 2-21 展示了用于连接器件的 LIN PHY (TLIN1039DDFRQ1) 接口。LIN PHY 接口没有开关。LIN PHY 可以使用与毫米波传感器不同的电源电压运行，因此为 LIN VDD 电源提供了外部 VBAT 选项，默认情况下提供 5V_IN 电源。为了启用外部 VBAT 电源，需要安装 R32 电阻并移除 R31 电阻。

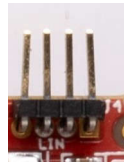


图 2-21. LIN 接头和 PHY 接口

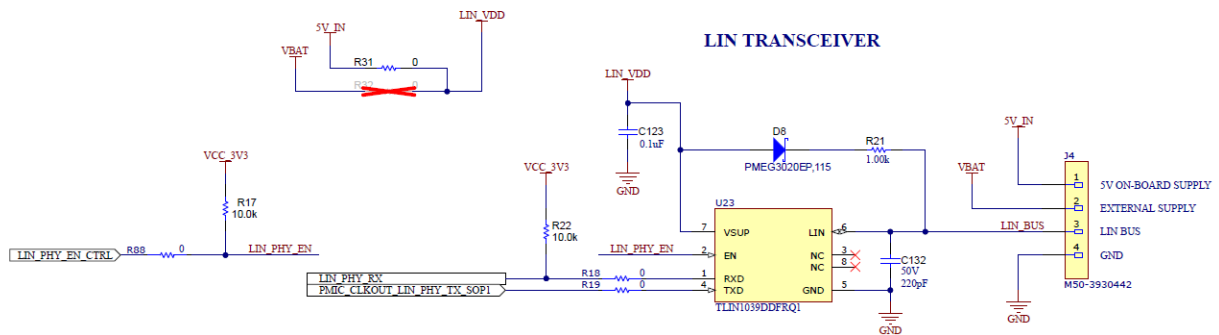


图 2-22. LIN PHY 接口

2.7 I2C 连接

该板采用 EEPROM、电流传感器和温度传感器来测量板上的温度。这些元件连接到 I2C 总线上，并可通过硬件上提供的 0Ω 电阻相互隔离。此外，还提供了外部 I2C 接头以便于与 I2C 总线连接。

2.7.1 EEPROM

该板采用 EEPROM 来存储特定于该板的 ID (用于通过 XDS110 接口识别 EVM)。请参阅 EVM 原理图以了解 I2C 地址。

2.7.2 板载传感器

IWRL6432AOPEVM 提供对板载温度传感器 (TMP112AQDRLRQ1) 和四个板载电流传感器 (INA228AIDGST) 的访问。这些传感器可由雷达通过 I2C 进行控制。

电流传感器旨在测量提供给 IWRL6432AOP 器件各种电源轨的电流。有关可使用电流传感器测量的电源轨的详细信息，请参阅表 2-4。

表 2-4. 电流传感器电源详细信息

参考位号	电源节点	PCB 网络名称
U6	1.8V 电源	REG_1V8
U7	3.3V 电源	VCC_3V3
U8	1.2V 电源	REG_1V2
U25	1.2V 射频电源	REG_RF_1V2

2.8 XDS110 接口

通过 J5 可访问板载 XDS110 (TM4C1294NCPDT) 仿真器。此连接提供以下 PC 接口：

- JTAG，用于 CCS 连接

- 应用/用户 UART (与 PC 进行配置和数据通信)

在独立运行模式下使用时 (如图 2-25 所示), 通过单个 USB 连接器供电; 同一 USB 连接器 J5 也用于通过 XDS110 USB 转 UART 转换器传输配置和数据。正确枚举后, XDS110 的 2 个 UART 端口在设备管理器上显示为虚拟 COM 端口, 类似于图 2-24 中所示。

如果 PC 无法识别上述 COM 端口, 请安装最新的 EMUpack。与图 2-23 中显示的类似。

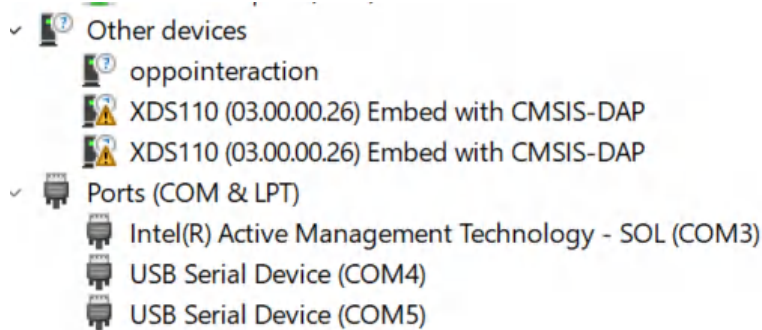


图 2-23. 安装 XDS 驱动程序前的虚拟 COM 端口

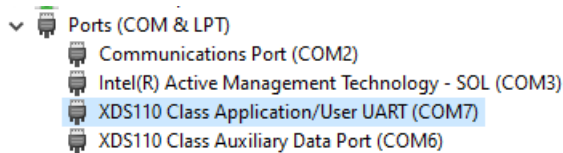


图 2-24. 安装 XDS 驱动程序后的虚拟 COM 端口

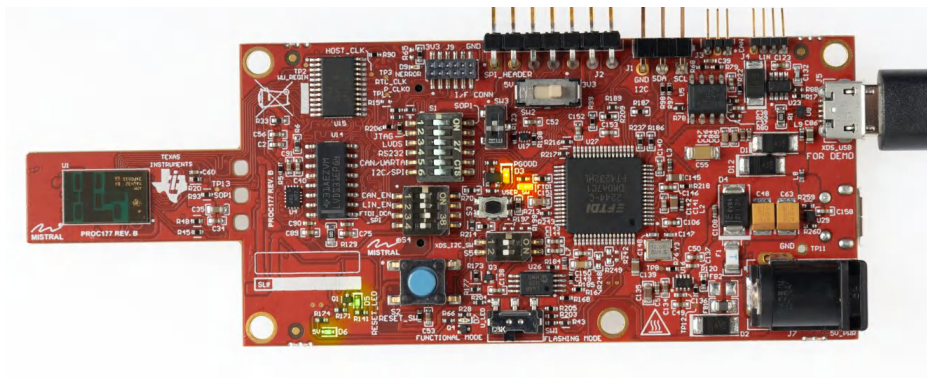


图 2-25. 在功能模式下独立运行的 EVM

EVM 使用单个 UART 端口向 PC 发送器件配置和处理的数据。

2.9 FTDI 接口

J10 提供对板载 FTDI 端口的访问。这将提供以下 PC 接口：

- FTDI 端口 A -> SPI 接口
- FTDI 端口 B -> 主机 INTR 信号。
- FTDI 端口 C -> NRESET 控制信号。
- FTDI 端口 D -> SOP0、SOP1 控制信号

第一次将 USB 连接到 PC 时，Windows® 可能无法识别设备。器件管理器中用黄色感叹号表示这种情况，如图 2-26 所示。

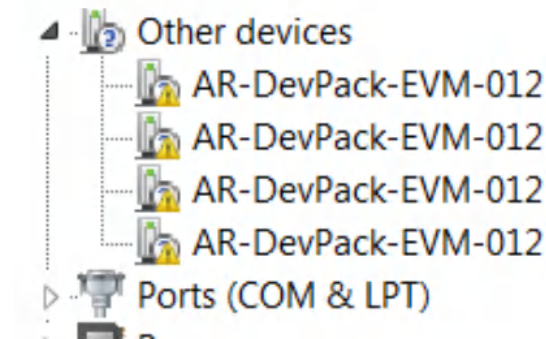


图 2-26. 未安装 FTDI 驱动程序

要安装器件，请下载节 3.3 中提供的最新 FTDI 驱动程序。右键单击这些器件，然后通过指向 FTDI 驱动程序的安装位置 (C:\ti\mmwave_sdk_<version_number>\tools\ftdi) 来更新驱动程序。必须对所有四个 COM 端口都执行此操作。安装完所有四个 COM 端口后，器件管理器将能够识别这些器件，并指示 COM 端口号，如图 2-27 所示。

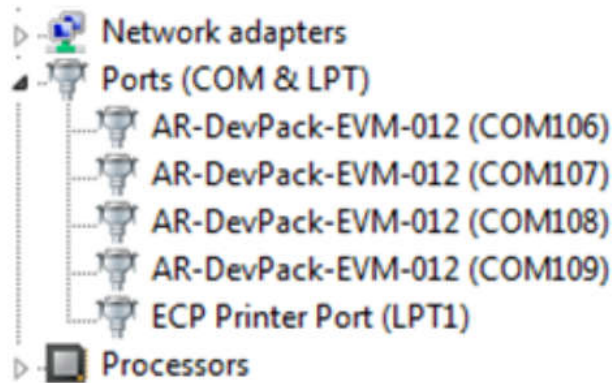


图 2-27. 已安装 FTDI 驱动程序

3 软件

3.1 软件说明

为了能够在 IWRL6432AOP 中的 ARM Cortex-M4F 内核上快速开发终端应用，TI 提供了软件开发套件 (SDK)，其中包含演示代码、软件驱动程序和用于调试的仿真包等。

如需更多信息，请参阅毫米波低功耗 SDK 用户指南：[MMWAVE-L-SDK](#)。

3.2 刷写电路板

1. 确保已成功安装驱动程序并枚举 COM 端口。请参阅 [节 2.8](#)。
2. 将 SOP 配置为 [节 2.2.1](#)。
3. 按压复位开关 ([节 2.2.2](#))，以确保电路板在正确的模式下启动。
4. 运行 mmWave-L-SDK 工具文件夹内的毫米波可视化工具，使用刷写选项卡，按照说明操作，或使用 Uniflash 工具。与 [图 3-1](#) 中显示的类似。
5. 输入刷写接口的应用程序端口号。
6. 在 *Image Flash* 菜单中选择要刷写到 EVM 的映像，或直接从毫米波 SDK (C:\ti\MMWAVE_L_SDK\examples\mmw_demo\motion_and_presence_detection\prebuilt_binaries\iwrL64xx) 中上传映像。将应用映像加载到串行闪存中。与 [图 3-2](#) 中显示的类似。请参阅毫米波 SDK，了解用于运行开箱即用演示的闪存二进制文件。

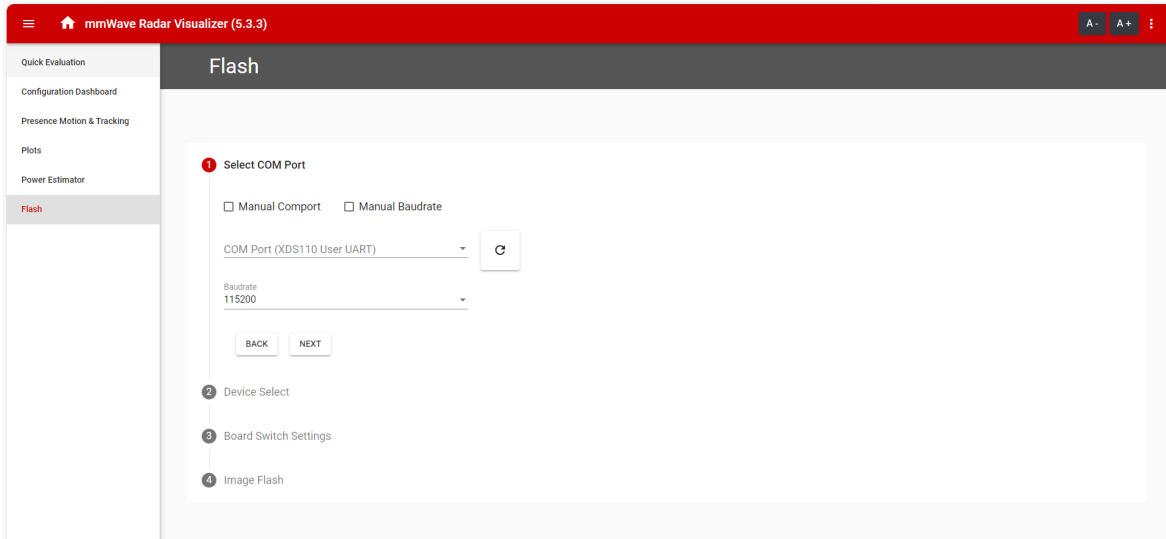


图 3-1. 可视化工具中的“Flash”选项卡

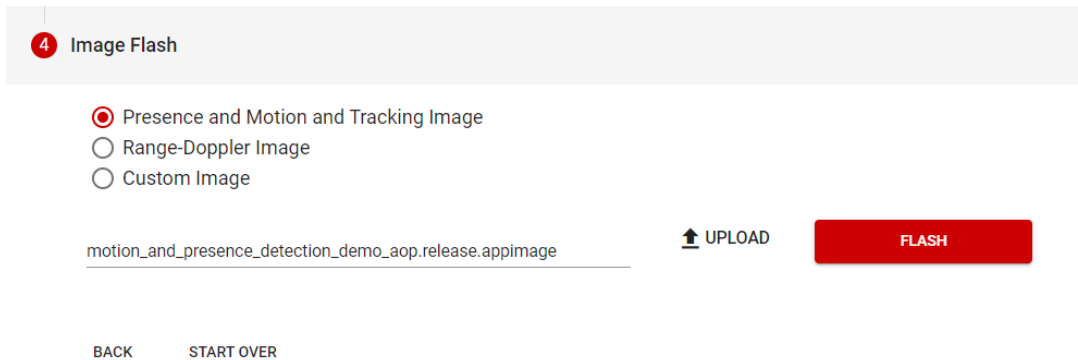


图 3-2. 开箱即用演示二进制应用程序

3.3 毫米波开箱即用演示

TI 提供示例演示代码，以便轻松开始使用 IWRL6432AOP 评估模块 (EVM) 并体验 IWRL6432AOP 毫米波传感器的功能。有关如何开始使用这些演示的详细信息，请参阅 [ti.com](https://www.ti.com) 页面上的 [mmWave-L-SDK](#)。

本分步式教程介绍了如何运行开箱即用演示和直观地显示输出，观看本教程了解如何开始使用 IWRL6432AOP 毫米波雷达传感器。如需了解更多信息，请参阅 [IWRL6432AOP 评估模块的开箱即用演示教程](#)。

3.3.1 IWRL6432AOP 演示可视化入门

请按照以下分步过程运行 OOB 演示。

1. 通过 USB 将 EVM 连接到 PC。
2. 打开 mmWave-L-SDK 工具内的 mmWave Visualizer。检查节 2.2.1 的 SOP 设置。
3. 导航至可视化工具的 *Configuration Dashboard* 选项卡并选择器件。等待系统自动检测 COM 端口 (否则按刷新)。或者，手动选择器件 COM 端口 (如果尚未选择)。选择 *Configuration Selection* 下拉列表下的预设配置。与图 3-3 中显示的类似。
4. 点击 *Send Config to Device*。
5. 成功发送配置后，*Plots* 选项卡会通过雷达点云信息显示距离图。与图 3-4 中显示的类似。

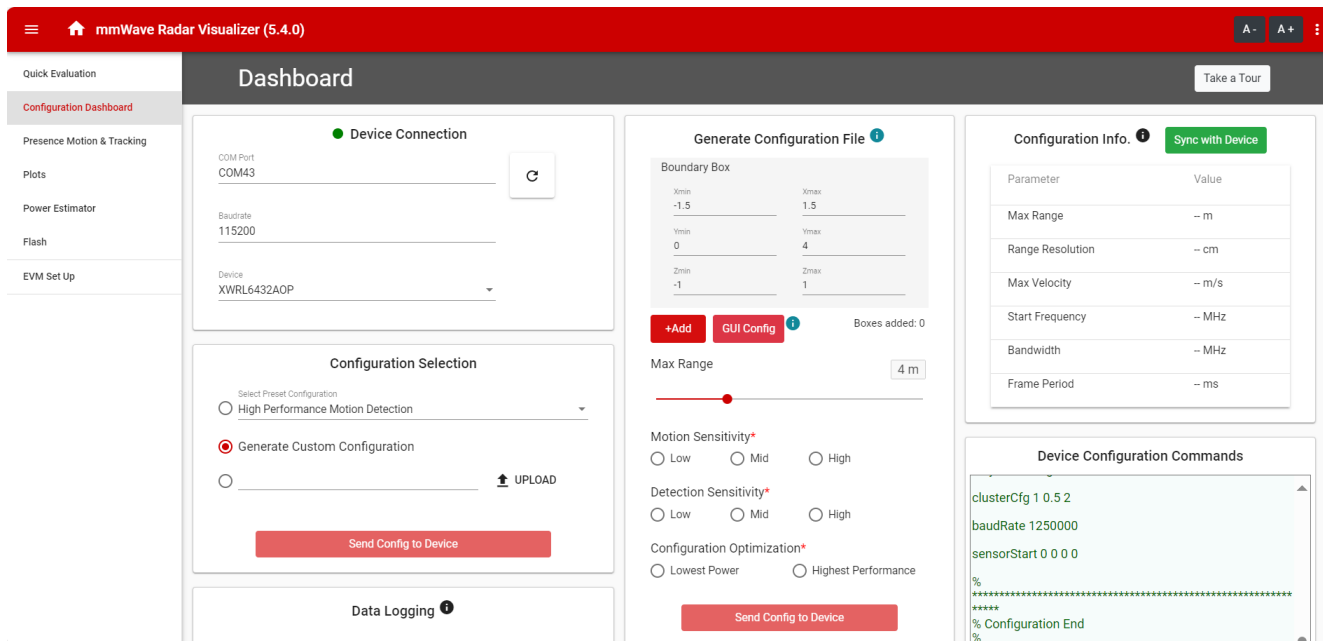


图 3-3. 配置仪表板

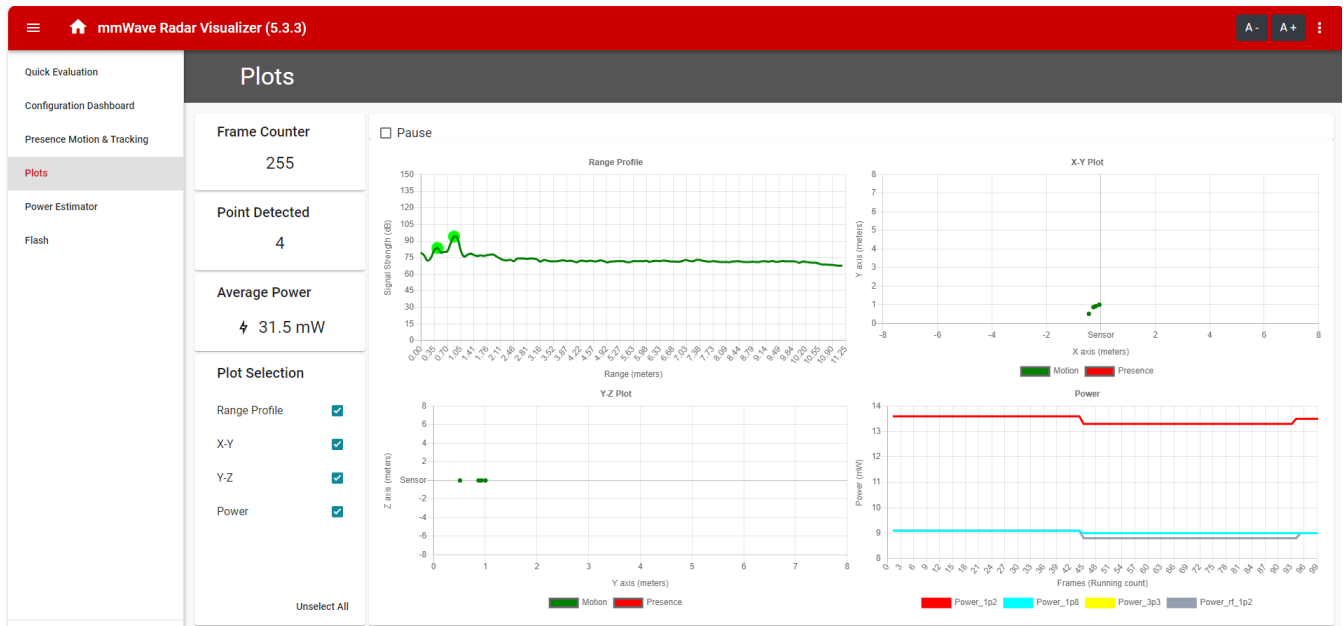


图 3-4. 可视化工具中的“Plots”选项卡

3.4 DCA1000EVM 模式

使用 DCA1000EVM 进行原始数据采集的设置如图 3-5 所示。

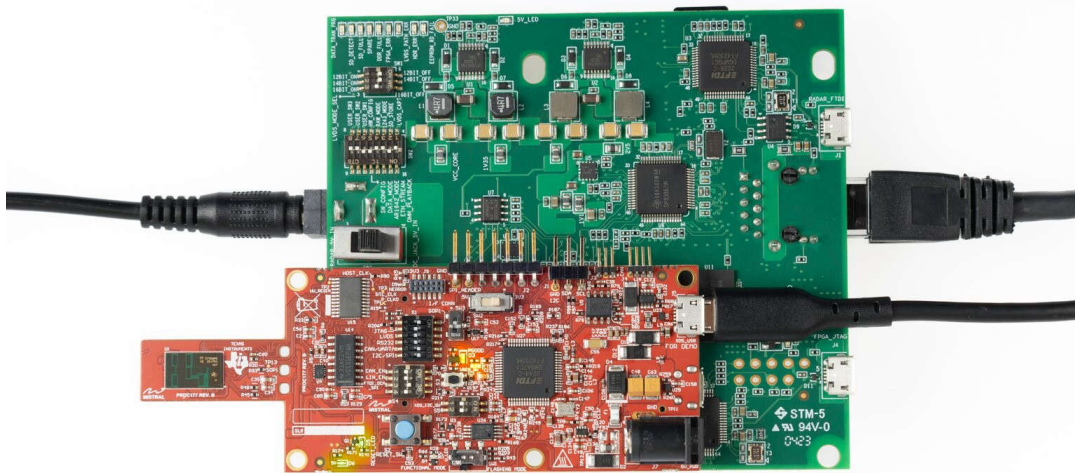


图 3-5. DCA1000EVM 模式 (顶视图)

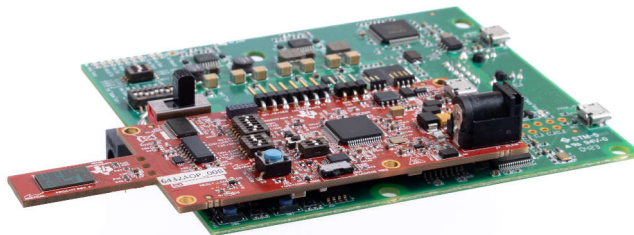


图 3-6. DCA1000EVM 模式 (侧视图)

请参阅 [节 2.2](#)，了解 DCA1000 原始 ADC 采集卡的开关设置。

4 硬件设计文件

4.1 原理图

要查看原理图和装配图，请参阅 [IWRL6432AOPEVM 原理图](#)、[装配文件](#)和 [BOM](#)。

4.2 PCB 布局

要查看设计数据库和布局详细信息，请参阅 [IWRL6432AOPEVM 数据库](#)和 [布局文件](#)。

4.2.1 PCB 贮存和搬运建议：

此 EVM 包含可能因静电放电而受损的元件。不使用时，请务必将 EVM 置于随附的 ESD 袋中进行运输和贮存。搬运时使用防静电腕带并在防静电工作台上操作。更多有关正确处理的信息，请参阅 [静电放电 \(ESD\)](#)。

4.2.1.1 PCB 贮存和搬运建议：

为了防止氧化，必须将 PCB 存放在 ESD 保护套中，并置于低湿度条件的受控室温下。使用和搬运 EVM 时，必须采取所有 ESD 预防措施。

4.2.1.2 需要更高功率的应用

大多数 EVM 都可以使用单根 USB 电缆来实现自身运行。对于单个 USB 端口无法提供所需功率的高功耗应用，请使用外部 5V/2A 或更高功率的适配器。

4.3 物料清单 (BOM)

要查看物料清单 (BOM)，请参阅 [IWRL6432AOPEVM 原理图](#)、[装配文件](#)和 [BOM](#)。

5 监管声明

5.1 电缆长度

使用 IWRL6432AOPEVM 时，用户应将连接到 EVM 的任何电缆的长度限制在 3 米以内。

5.2 射频暴露

在所有运行模式下，只要间隔距离大于或等于 20cm，该 EVM 即符合欧盟理事会建议 1999/519/EC 中给出的射频暴露限值。

在操作时，用户应使人员与该 EVM 保持至少 20cm 的距离。

6 其他信息

6.1 商标

ARM® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

Windows® is a registered trademark of Microsoft.

所有商标均为其各自所有者的财产。

7 相关文档

- 德州仪器 (TI), [IWRL6432BOOST/AWRL6432BOOST EVM : 基于 FR4 的低功耗 60GHz 毫米波传感器 EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [IWRL6432AOP 采用封装天线 \(AOP\) 的单芯片 57GHz 至 64GHz 工业雷达传感器](#), 数据表
- 德州仪器 (TI), [IWRL6432AOP 器件勘误表](#)

8 TI E2E 社区

请在 [e2e.ti.com](#) 上搜索论坛。如果用户找不到问题的答案，可以将问题发布到社区。

9 参考资料

- 德州仪器 (TI), [DCA1000EVM 数据采集卡用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [MMWAVE-L-SDK](#)

10 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 JULY 10, 2025 to MAY 30, 2026 (from Revision B (July 2025) to Revision C (May 2026))

	Page
• 更新了“特性”部分。.....	1
• 更新了“规格”部分。.....	3
• 添加了“射频规格”部分。.....	7
• 更新了“DC 插孔”部分.....	12
• 添加了“监管声明”部分。.....	21

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 semiconductor 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/lstds/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/lstds/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