

EVM User's Guide: IWR6432FSPEVM

IWR6432FSPEVM 评估模块



说明

IWR6432FSP EVM 是一款外形优化且易于使用的 60GHz 毫米波传感器评估套件，该套件基于 IWR6432 雷达器件并具有基于 FR4 的板载天线。该板支持接近感应并通过 UART 接口使用 3.3V 电源输入访问点云数据。该套件配备有毫米波工具、演示和软件，其中包括 [MMWAVE-L-SDK](#) 软件开发套件以及 [RADAR-TOOLBOX](#)。

开始使用

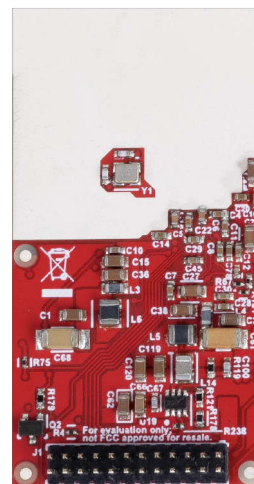
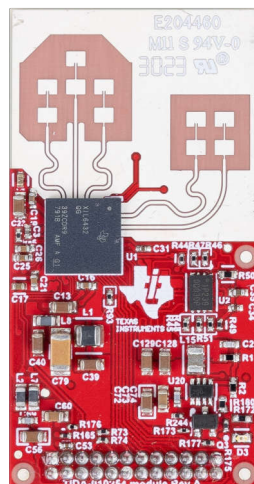
1. 订购 [IWR6432FSPEVM](#)
 - a. 套件包括 EVM 和分线板 (1.27mm 至 2.54mm 间距转换器板)
2. 下载最新的库
 - a. [RADAR 工具箱](#)
 - b. [mmWave-L-SDK](#)
3. 下载 [PuTTY 终端](#)
4. 测试所需的材料
 - a. [USB 至 UART 转换器](#)
 - b. 用于连接 PC 的 Micro-USB 电缆
 - c. 接头导线 (母对母)

特性

- 57GHz 至 64GHz 毫米波传感器
 - 天线被设计成在 60GHz 至 64GHz 的频率范围内运行
- 三个接收 (RX) 三个发送 (TX) 天线
- 宽视场 (FoV) :
 - 120° 方位角
 - 80° 仰角
- 基于 FR408HR 的 PCB 基板
- 成本优化的 PCB 规则可降低制造成本：无微过孔、仅有完整层叠过孔，以及焊盘中无过孔
- 板载直流/直流可生成 1.8V 和 1.2V 电源轨以实现电源优化拓扑

应用

- 工业应用
 - 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、恒温器
 - 空调、冰箱和冷冻柜、扫地机器人
 - 割草机、家庭影院、PC 或笔记本电脑
 - 便携式电子产品、电视、平板电脑、耳机、智能手表、游戏、家庭影院和娱乐
 - 交通十字路口监控、手势检测、接近感应



IWR6432FSP EVM (顶视图和底视图)

1 评估模块概述

1.1 引言

IWRL6432FSP 评估模块 (EVM) 提供了一个易于导航且具有成本效益的平台，用于评估 IWRL6432 毫米波传感器器件的功能。该板采用基于 FR408HR 的 PCB 基板进行设计，针对空间受限的终端设备应用进行了优化，可实现更小的外形尺寸。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功能。

此 EVM 的关键属性包括宽视野天线设计，该设计专为壁挂式和吸顶式感应应用而打造。USB 转 UART 接口提供点云数据和 3.3V 电源输入。包含高效分立式直流/直流稳压器可提高整体能效。

此外，该 EVM 采用紧凑的低功耗运行形式，并包含一个串行端口，用于对板载 16Mbit QSPI 闪存进行编程。此 EVM 是一种全面的设计，专为热衷于探索 IWRL6432 毫米波传感器器件在电池供电型应用中的潜力的开发人员而设计。

1.2 套件内容

IWRL6432FSP EVM 套件包括以下内容：

- IWRL6432FSP 评估板
- 分线板
- 快速入门指南

1.3 规格

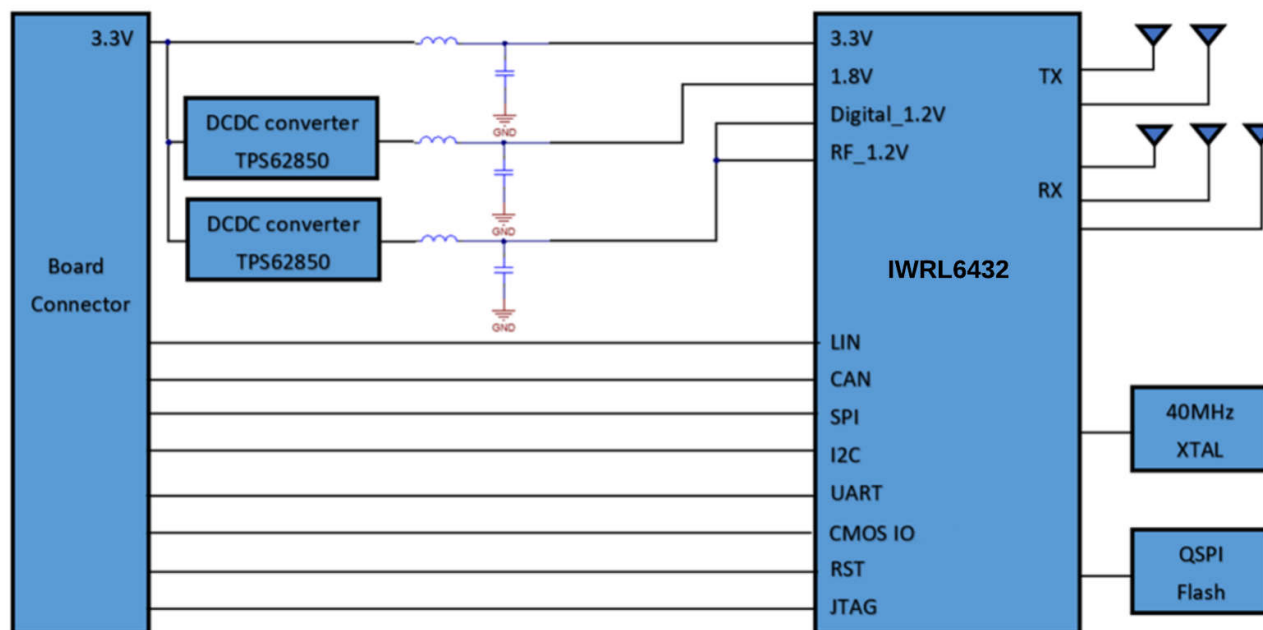


图 1-1. IWRL6432FSP EVM 方框图设计

图 1-1 显示了 IWRL6432FSP EVM 的功能方框图。该 EVM 包含 TI 毫米波雷达系统的基本组件：适用于 1.2V 和 1.8V 电源轨的 TPS6285020ADRLR 和 TPS6285020MDRLR 直流/直流转换器、QSPI 闪存、SOP 配置、TI 毫米波雷达芯片，以及用于在独立模式下连接节 3.1 或为板供电的板连接器。

1.4 器件信息

IWRL6432 毫米波传感器器件是一款基于 FMCW 雷达技术的集成式单芯片毫米波传感器。该器件能够在 57GHz 至 64GHz 频段内运行，主要分为四个电源域：

- 射频和模拟子系统：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。IWRL6432 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。IWRL6432 设计用于工业应用中的低功耗、自监控、超精确雷达系统。

2 硬件

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。有关正确搬运的更多信息，请参阅 SSYA010A。

PCB 贮存和搬运建议：

PCB 的浸银表面和 ENIG 相比可提供更佳的高频性能，但在开放的环境中易于氧化。氧化会造成天线区域附近的表面变黑。但是，毫米波雷达的性能会保持不变。为了防止氧化，需要将 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。

2.2 天线

IWRL6432FSP EVM 天线在 PCB 上包含基于 FR4 的三个接收天线和两个发送天线。此器件在每个天线上有大约 5-6dBi 的天线增益。图 2-1 展示了天线配置。

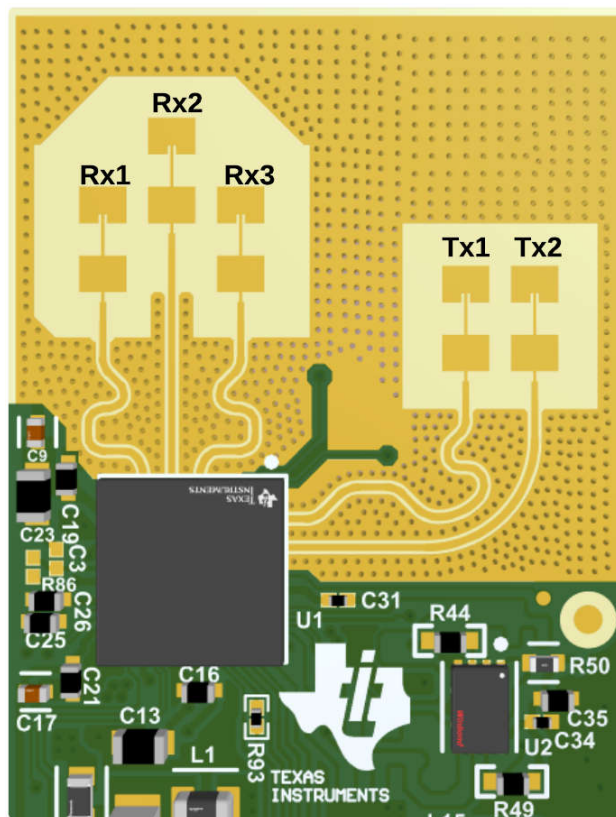


图 2-1. IWRL6432FSP EVM 的接收 (Rx) 和发送 (Tx) 天线

PCB 材料

天线和传输线路使用的电介质材料是 FR408HR 0.5oz 双层 2x1067 扩散玻璃构造。

Layer	Copper_Usage(%)	Hole Structure	Material	Material Nominal Thickness(MIL)	Estimate Thickness(after pressing)(MIL)	Material Supplier
gts			Solder Mask	0.6	0.6	
L1(gtl)	70		Foil 0.5oz	1.378	1.378	
			Core 0.127 MM 1/0.5	5	5	ISOLA FR408HR
L2(l2s)	83		Foil 1oz	0.984	0.984	
			PP 2116	4.882	40.394	ISOLA FR408HR
			Core 0.79 MM			ISOLA FR408HR
			PP 2116			ISOLA FR408HR
L3(l3s)	71		Foil 1oz	0.984	0.984	
			Core 0.127 MM 1/0.5	5	5	ISOLA FR408HR
L4(gbl)	67		Foil 0.5oz	2.067	2.067	
gbs			Solder Mask	0.6	0.6	
Total Thickness:				59.016+/-5.906MIL	(solder mask to solder mask (including copper))	

图 2-2. IWRL6432FSP EVM PCB 材料堆叠

发送器和接收器虚拟阵列

图 2-3 中的发送器和接收器天线位置形成一个包含六个发送器和接收器对的虚拟阵列。这样可以实现物体检测更精细的方位角分辨率 (29°) 和更粗略的仰角分辨率 (58°)。接收器天线在方位平面中的间距为 $D (\lambda/2)$ ，在仰角平面中的间距为 $D (\lambda/2)$ 。发送器天线 Tx1 和 Tx2 在方位角平面中以 $D (\lambda/2)$ 间隔，并且未在仰角平面中间隔。

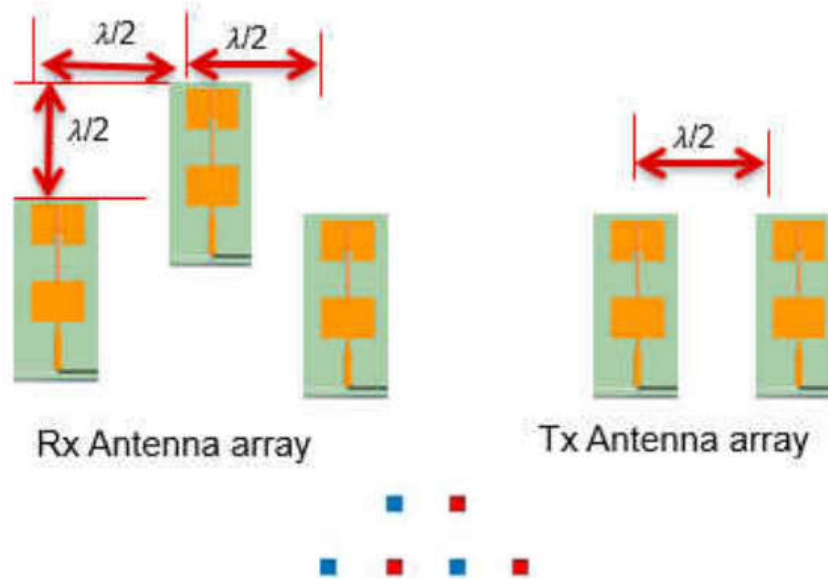


图 2-3. 虚拟天线阵列

图 2-3 展示了随方位角变化的天线辐射图，图 2-4 展示了随仰角变化的天线辐射图。这两个图都显示了完整虚拟阵列中每个 TX-RX 对的辐射图。这意味着对于 -6dB 波束宽度，用户需要从视轴查找 -12dB ($\text{Tx}(-6\text{dB}) + \text{Rx}(-6\text{dB})$) 的波束宽度。

备注

波长 (λ) 基于 62GHz 的频率计算得出。根据此频率设计天线放置。

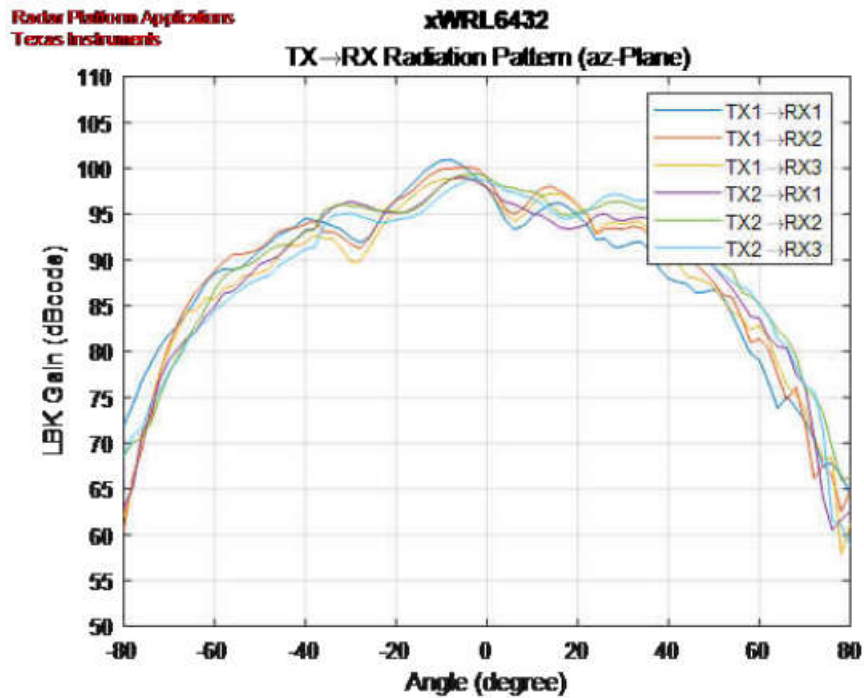


图 2-4. 随方位角变化的天线辐射图

针对所有 Tx-Rx 对测量得到的方位角辐射图 (角反射器放置在大约 5 米处, 从 59GHz 开始具有 4GHz 带宽线性调频脉冲)。

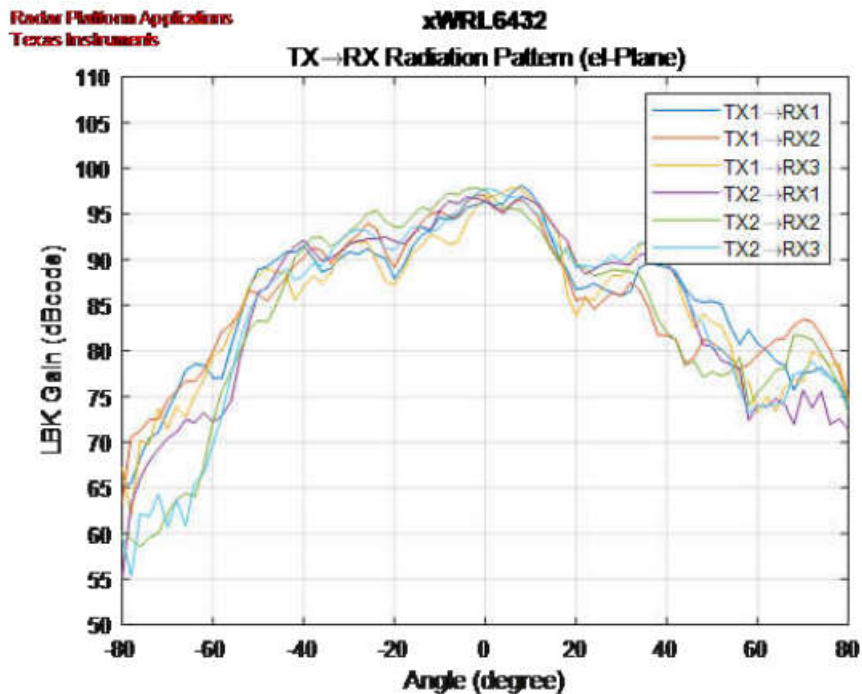


图 2-5. 随仰角变化的天线辐射图

针对所有 Tx-Rx 对测量得到的仰角辐射图 (角反射器放置在大约 5 米处, 从 59GHz 开始具有 4GHz 带宽线性调频脉冲)。

小心

根据 EN 62311 射频暴露测试，在操作过程中，用户和 EVM 之间必须保持至少 20 厘米的分隔距离。

2.3 设置

表 2-1 列出了引导模式和 SOP 设置。

表 2-1. SOP 设置

	SOP0	SOP1
刷写模式	0	0
功能	1	0

通过将 SOP 引脚接地以指示 SOP 模式关闭，或使用 3.3V 驱动 SOP 引脚以指示该模式开启来更改 SOP 模式。对于闪存模式，SOP0 和 SOP1 引脚均接地。对于功能模式，SOP0 连接到 3.3V，SOP1 接地。SOP 配置可以在图 2-6 中所示的引脚排列中看到。

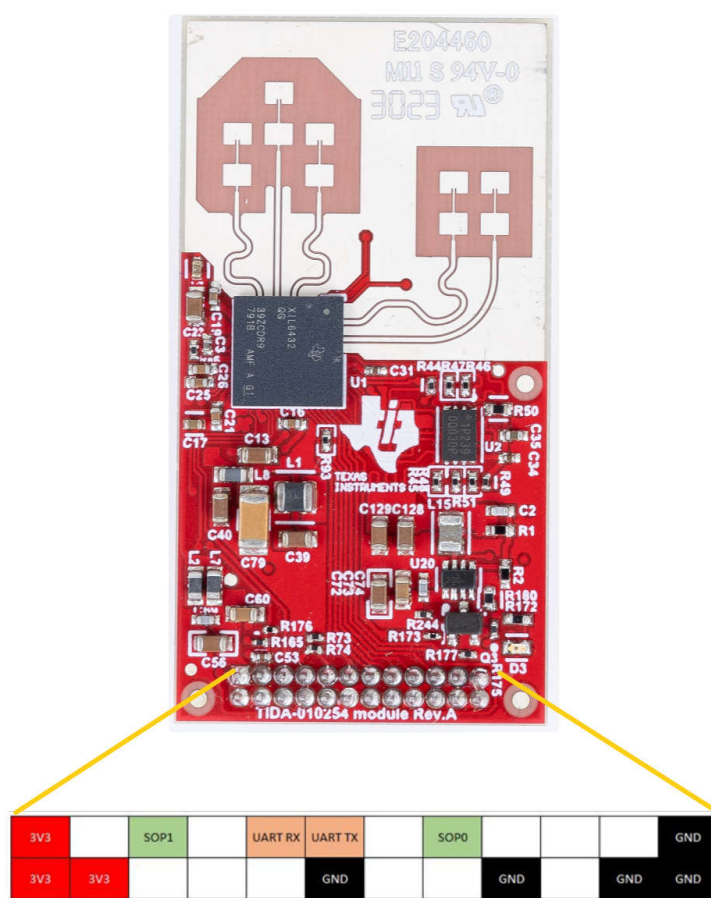


图 2-6. IWR6432FSP EVM 连接器引脚分配

为了从 PC 连接到该 EVM，可使用 USB 转 UART 转换器，通过 USB 访问数据并为板供电。此转换器不随套件一起提供，可以单独订购。有关 USB 转 UART 板的订购详细信息，请参阅图 2-6。

将 IWR6432FSP EVM 连接到分线板、USB 转 UART 适配器以及 PC

将 IWR6432FSP EVM 模块连接到套件中提供的分线板。

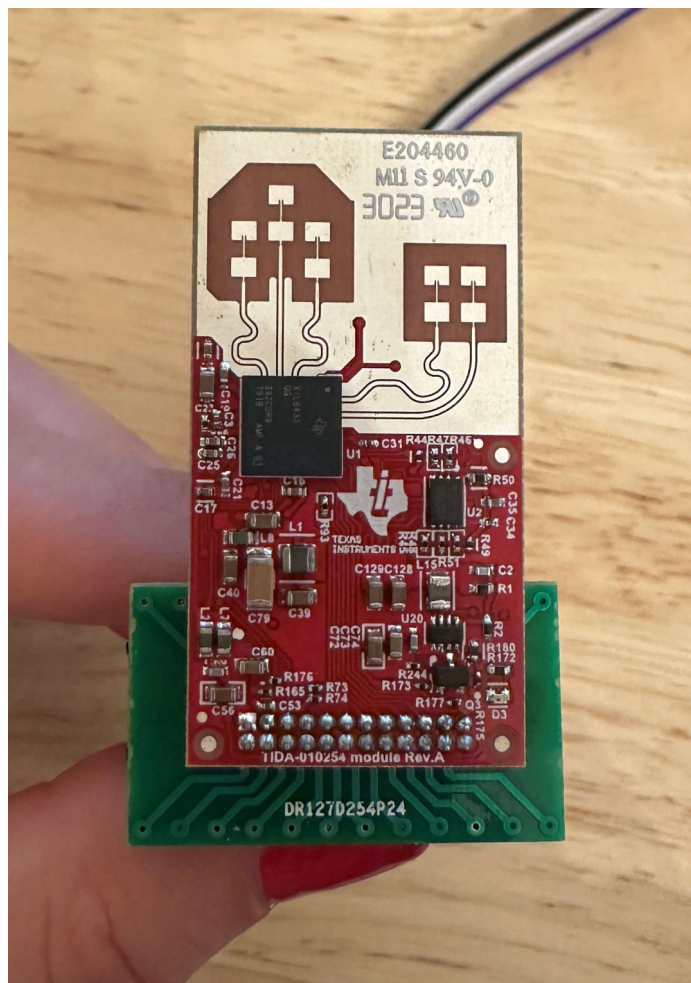


图 2-7. 连接到分线板的 IWRL6432FSP EVM

图 2-7 包括一个双行、1.27mm 间距、24 引脚连接器，从而可以将 EVM 连接到 2.54mm 间距电缆。这些引脚用于将 EVM 连接到 USB 转 UART 适配器板。1.27mm 间距连接器的顶部行与 2.54mm 间距公连接器的顶部行相对应，1.27mm 间距连接器的底部行与 2.54mm 间距公连接器的底部行相对应。

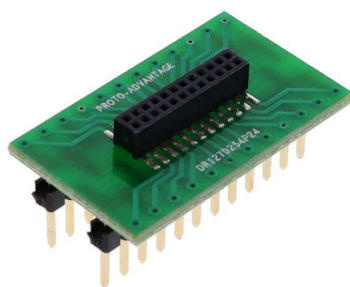


图 2-8. 1.27mm 间距转换器分线板

此分线板可用于连接模块和 USB 转 UART 转换器板。USB 转 UART 转换器板使用 FTDI FT232RQ 芯片为毫米波雷达板提供接口，以通过 UART 协议传输数据。该数据通过 USB 接口传输并在 GUI 中进行解释。根据这些数据，GUI 随后会显示雷达所检测到物体的 2D 或 3D 表示。

要使用 USB 转 UART 转换器，必须在连接到该板的 PC 上安装驱动程序。可从以下链接下载并安装此驱动程序：[FTDI 芯片](#)。在使用 USB 转 UART 转换器之前，请下载并安装该驱动程序。

要将 IWRL6432FSP EVM 模块连接到 USB 转 UART 转换器，请确保 USB 转 UART 适配器处于 SYS3V3 上。这可确保分线板和模块直接由 USB 转 UART 适配器供电，而不是由外部电源供电。这可以通过将跳线 JP1 切换到 SYS（与图 2-9 相反）来实现。

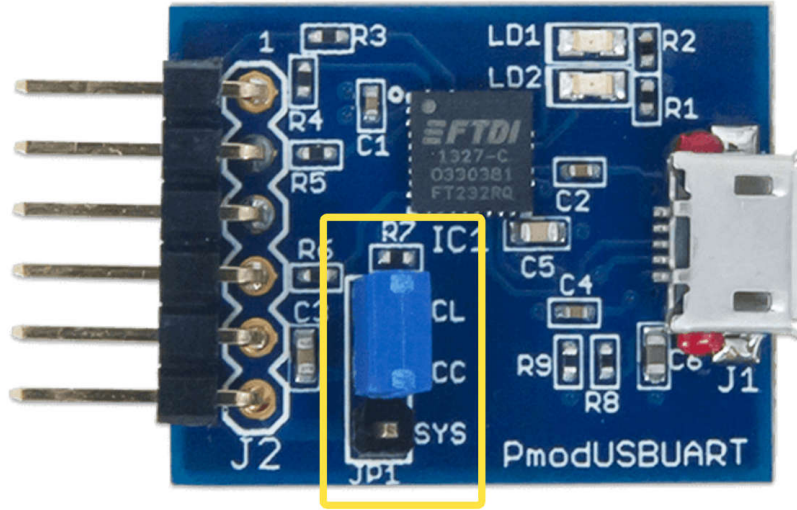


图 2-9. USB 转 UART 适配器电压设置

将以下引脚从 USB 转 UART 适配器连接到分线板。

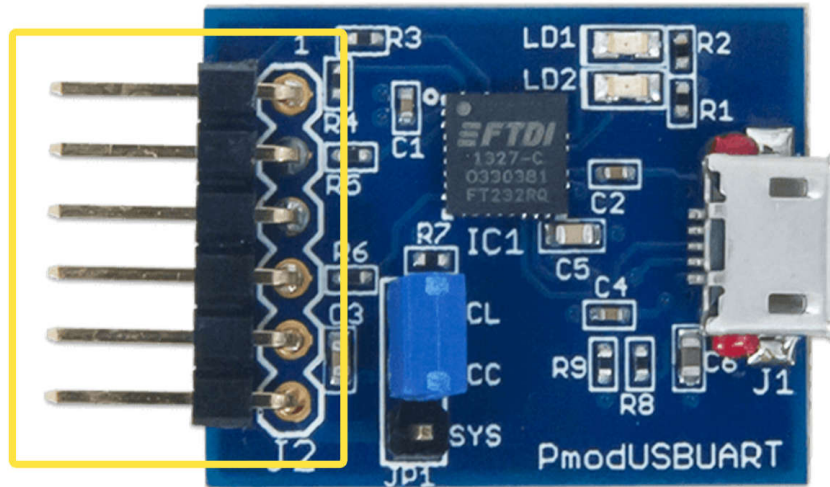


图 2-10. USB 转 UART 适配器连接器

图 2-9 和图 2-10 中突出显示的引脚对应于以下描述（有关更多信息，请参阅 [PmodUSBUART 参考手册](#)）。

表 2-2. 用于 EVM 连接的 USB 转 UART 适配器引脚排列

引脚	信号	说明
1	RTS	已准备好发送

表 2-2. 用于 EVM 连接的 USB 转 UART 适配器引脚排列 (续)

引脚	信号	说明
2	RXD	接收
3	TXD	发送
4	CTS	允许发送
5	GND	接地
6	SYS3V3	电源 (3.3V)

使用 表 2-2 和 图 2-11，连接以下各项。

3V3		SOP1		UART RX	UART TX		SOP0				GND
3V3	3V3				GND			GND		GND	GND

图 2-11. USB 转 UART 适配器连接的 IWRL6432FSPEVM 引脚排列

1. 将 IWRL6432FSP EVM 上的 3V3 引脚连接到 USB 转 UART 上的 SYS3V3 电源。
2. 将 IWRL6432FSP EVM 上的 GND 引脚连接到 USB 转 UART 上的 GND 端子。
3. 将 IWRL6432FSP EVM 上的 UART RX 引脚连接到 USB 转 UART 上的 TXD 引脚。
4. 将 IWRL6432FSP EVM 上的 UART TX 引脚连接到 USB 转 UART 上的 RXD 引脚。
5. 将 IWRL6432FSP EVM 上的 SOP1 引脚连接到 IWRL6432FSP EVM 上的 GND 引脚。
6. 将 IWRL6432FSP EVM 上的 SOP0 引脚连接到 GND 以实现闪存模式，或连接到 IWRL6432FSP EVM 上的 3V3 引脚以实现功能模式。

完成上述设置后，通过 Micro USB 电缆将 USB 转 UART 转换器连接到 PC。该设置如 图 2-12 和 图 2-13 所示。

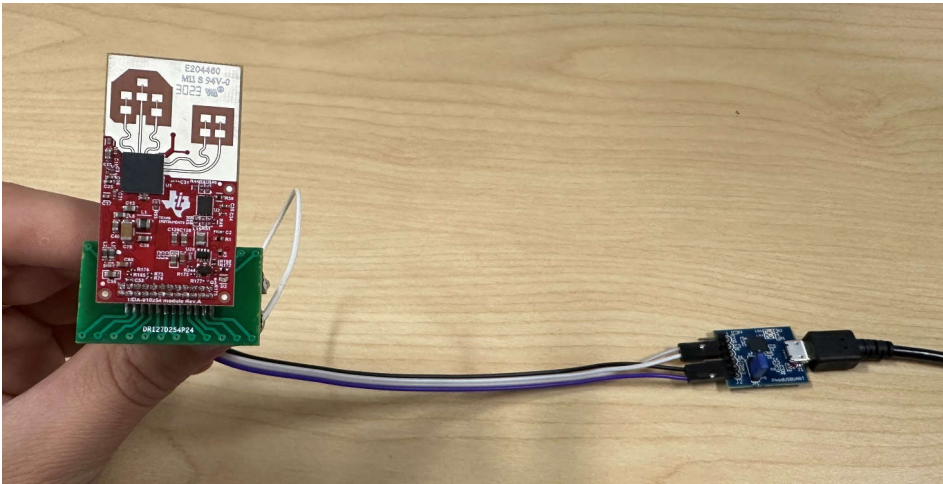


图 2-12. IWRL6432FSP EVM 设置 (顶视图)

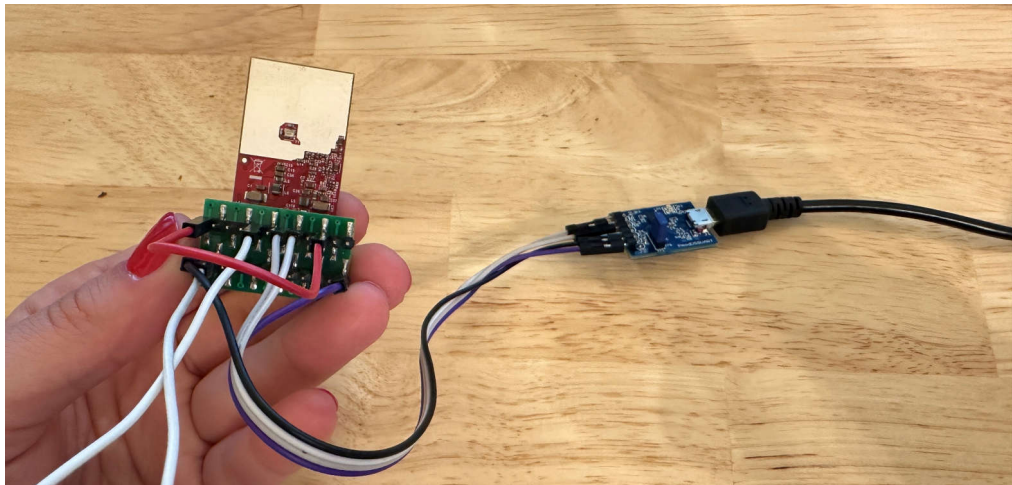


图 2-13. IWRL6432FSP EVM 设置 (底视图)

表 2-3 提供了 IWRL6432FSPEVM 上的 LED 列表。

表 2-3. LED 设置

LED 参考标识符	说明
D3	3.3V 电源指示灯

备注

D3 LED 的默认设置为关闭，这是为了降低功耗而特意设置的。

3 软件

闪存 IWRL6432FSPEVM

1. 确保所有连接均已设置 (IWRL6432FSPEVM 模块、分线板、USB 转 UART 适配器、连接到 PC 的 micro USB 电缆) , 如 节 2.3 所述。
2. 从 节 开始使用 中打开 mmWave-L-SDK。
3. 将器件设置为闪存模式 (SOP1 连接到 GND、SOP0 连接到 GND) 。确保在板从闪存模式切换到功能模式后对板进行下电上电, 反之亦然。
4. 打开 `MMWAVE_L_SDK_XX_XX_XX_XX\tools\visualizer\visualizer.exe` 并在左侧列中选择闪存。
5. 选择器件连接到的正确 COM 端口 (可在器件管理器中找到) 。
6. 在器件选择部分中, 选择 XWRL6432。点击下一步。
7. 在板切换设置部分中, 选择确认切换设置。
8. 在映像闪存部分中, 选择自定义映像, 然后单击上传并上传 `MMWAVE_L_SDK_XX_XX_XX_XX\examples\mmw_demo\motion_and_presence_detection\prebuilt_binaries\lwrl64xx\motion_and_presence_detection_demo.release.appimage`。
9. 点击“闪存”。

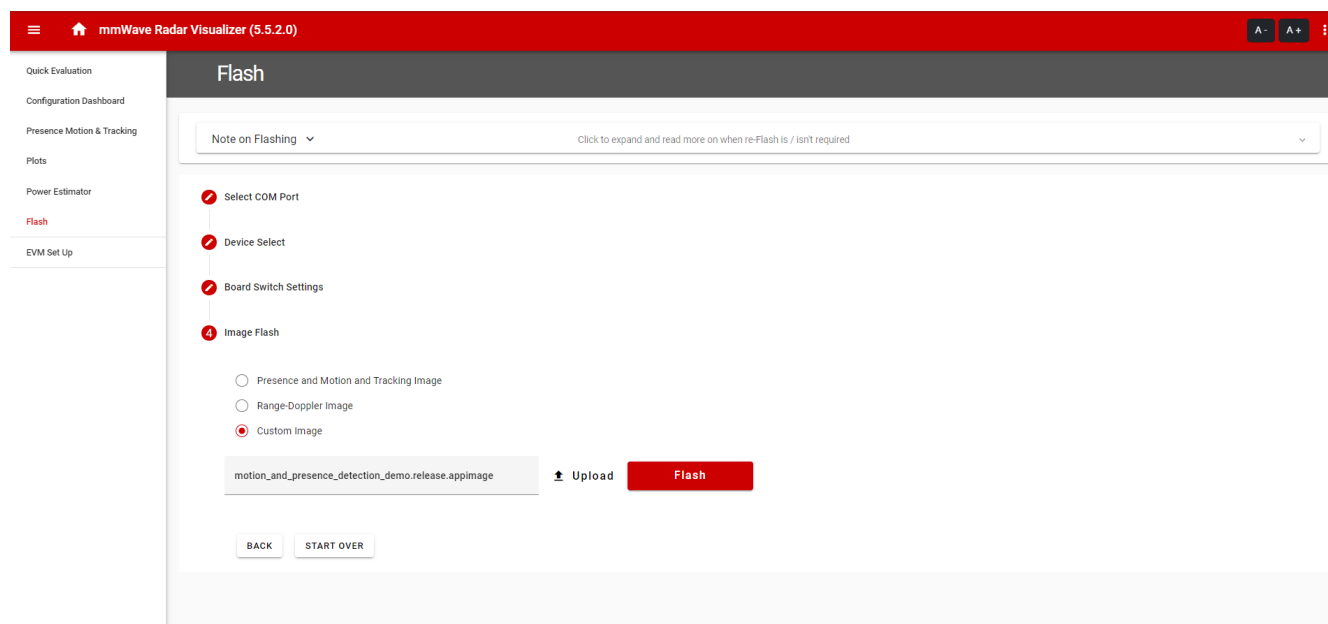


图 3-1. 使用毫米波雷达观察器闪存 IWRL6432

检查闪存是否成功

1. 将器件设置为功能模式 (SOP0=1、SOP1=0) 。确保每当在 SOP 模式之间切换时对板进行下电上电。
2. 打开 PuTTY。
3. 选择串行连接类型。
4. 在串行线路中输入 COM 端口。
5. 输入 115200 速度。

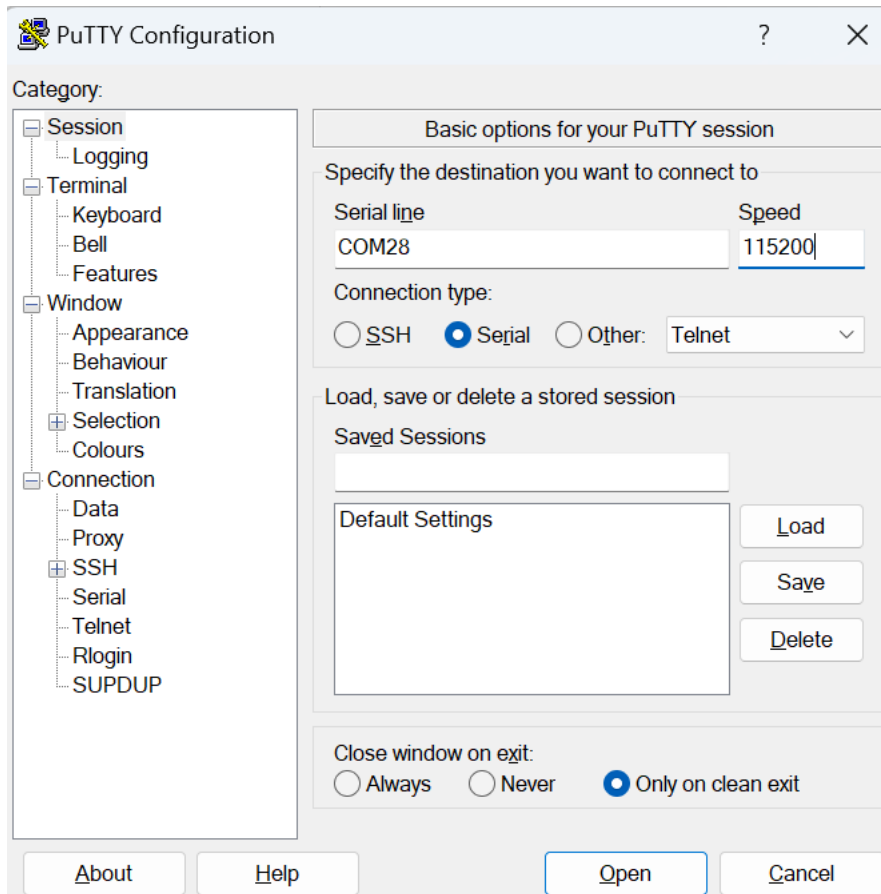


图 3-2. 连接确认的 PuTTY 配置

6. 点击 **打开**。
7. 当控制台打开时，点击 **Enter**，输出与 图 3-3 相似。

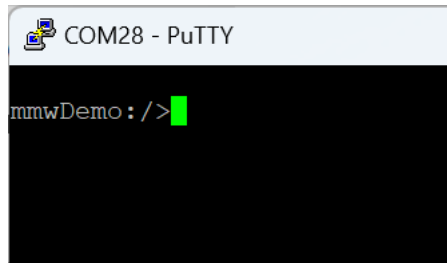
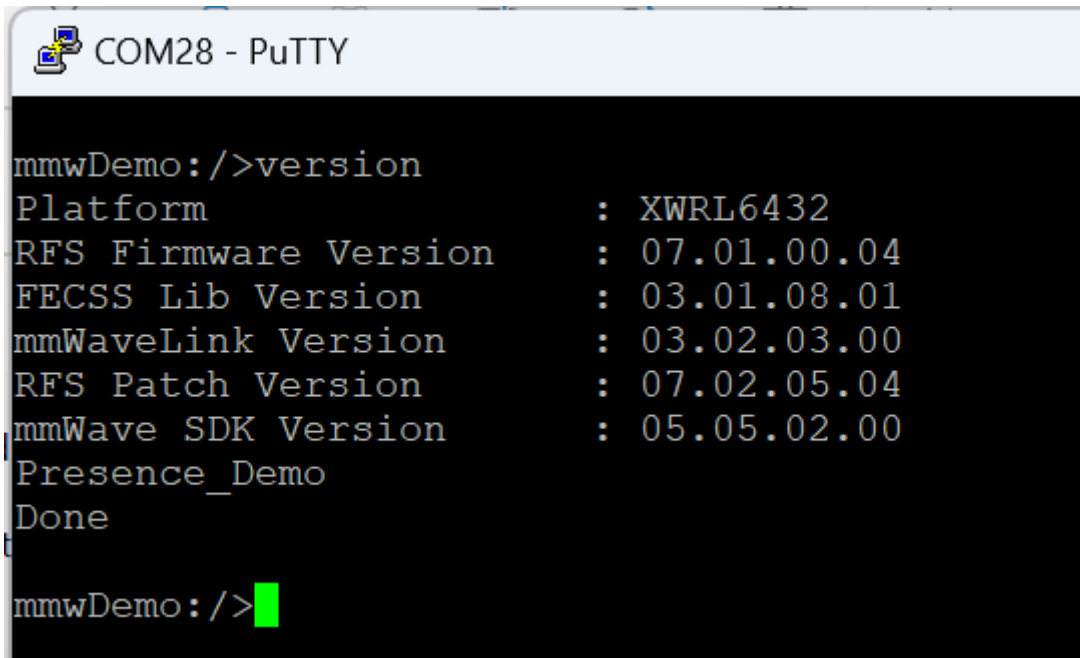


图 3-3. 已闪存带毫米波演示的 PuTTY 控制台

8. 键入 **version**，然后点击 **Enter**。检查模块是否返回 图 3-4 中的版本数据。



```

mmwDemo: />version
Platform                : XWRL6432
RFS Firmware Version    : 07.01.00.04
FECSS Lib Version       : 03.01.08.01
mmWaveLink Version      : 03.02.03.00
RFS Patch Version       : 07.02.05.04
mmWave SDK Version      : 05.05.02.00
Presence_Demo
Done
mmwDemo: />

```

图 3-4. 标识了毫米波演示版本的 PuTTY 控制台

9. 已设置连接，关闭 PuTTY。

为毫米波演示运行毫米波观察器 GUI

闪存 IWRL6432FSPEVM 后，如 [闪存 IWRL6432FSPEVM](#) 所示，可以使用毫米波观察器中的 *图表* 部分通过雷达点云信息来显示距离图。

1. 确保按照 [节 2.3](#) 中所述设置所有连接 (IWRL6432FSP EVM、分线板、USB 转 UART 适配器、连接 PC 的 Micro USB 电缆)。
2. 确保将开关设置为 *功能模式* (SOP0=1、SOP1=0)。再次确保每当在 SOP 模式之间切换时，用户都对板进行下电上电。
3. 打开 `MMWAVE_L_SDK_XX_XX_XX_XX\TOOLS\visualizer` 并在左侧列中选择 *配置仪表盘*。
4. 在 *器件连接* 部分中，输入 COM 端口 (可以在“器件管理器”中找到)、波特率 (115200) 和器件 (XWRL6432)。
5. 在 *配置选择* 部分中，为 *选择预设配置* 部分选择 *高性能运动检测*。
6. 点击 *将配置发送到器件*。

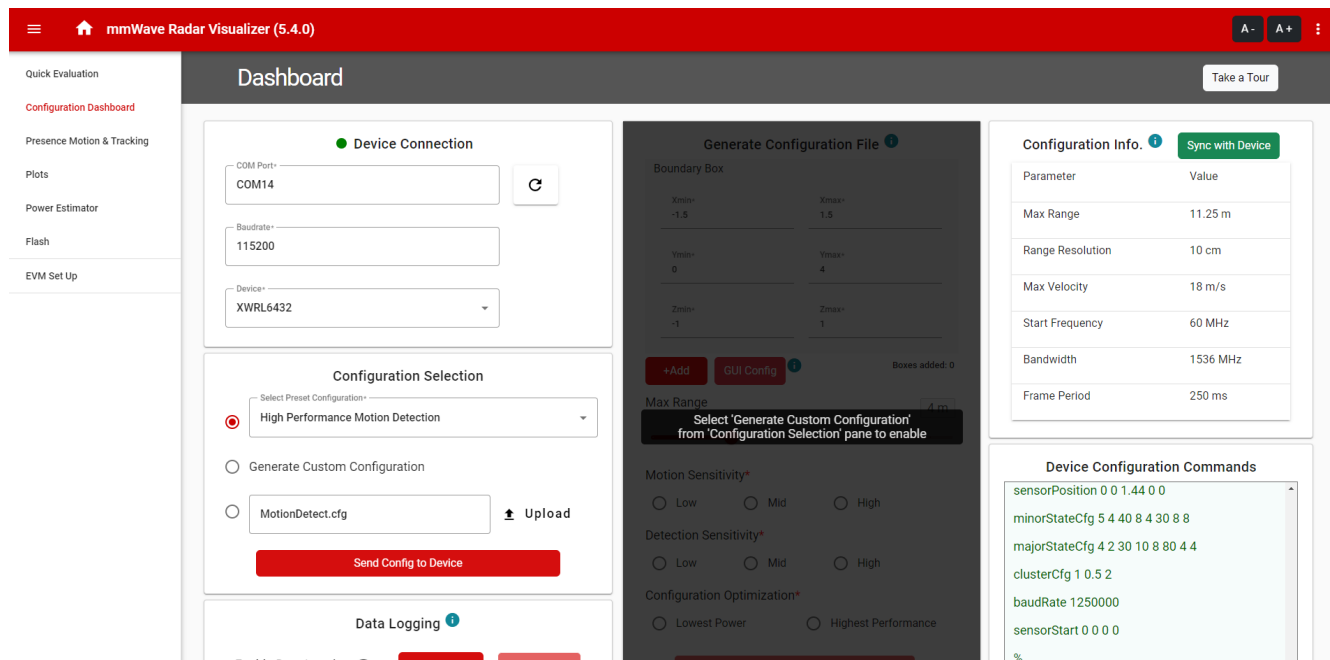


图 3-5. 毫米波雷达观察器配置输入

7. 然后图表部分需要为范围配置文件、X-Y 图表、Y-Z 图表和 X 轴创建图表。

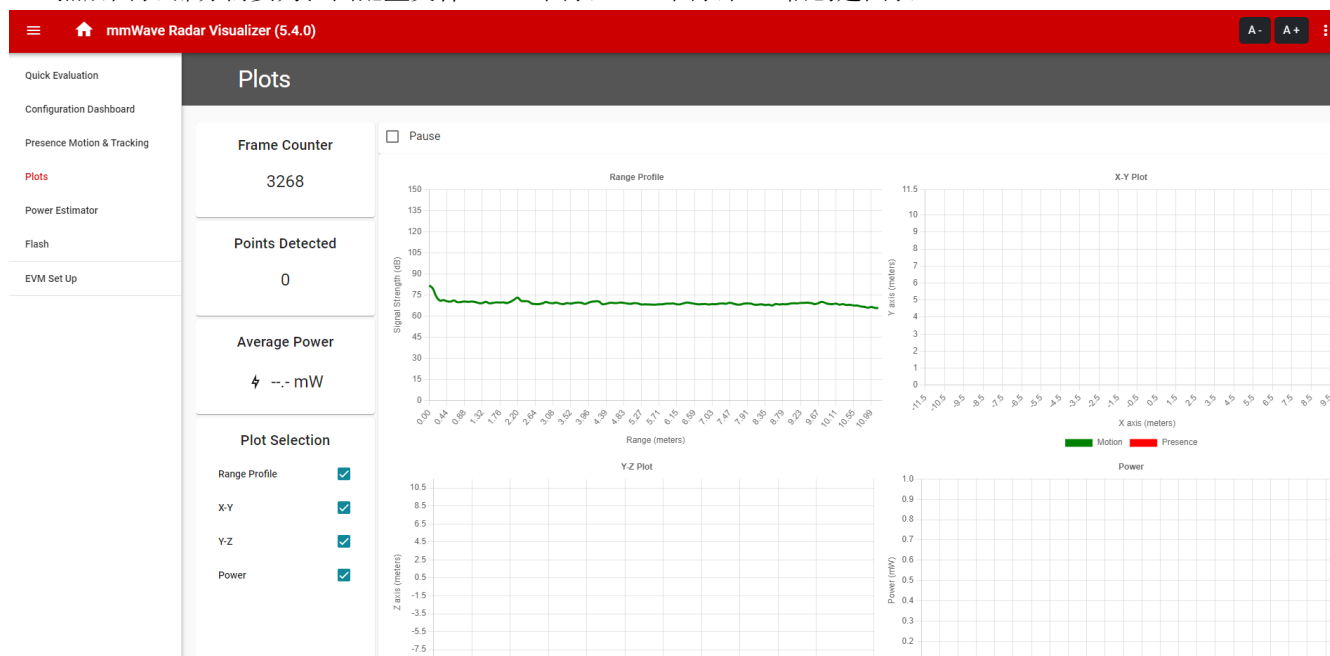
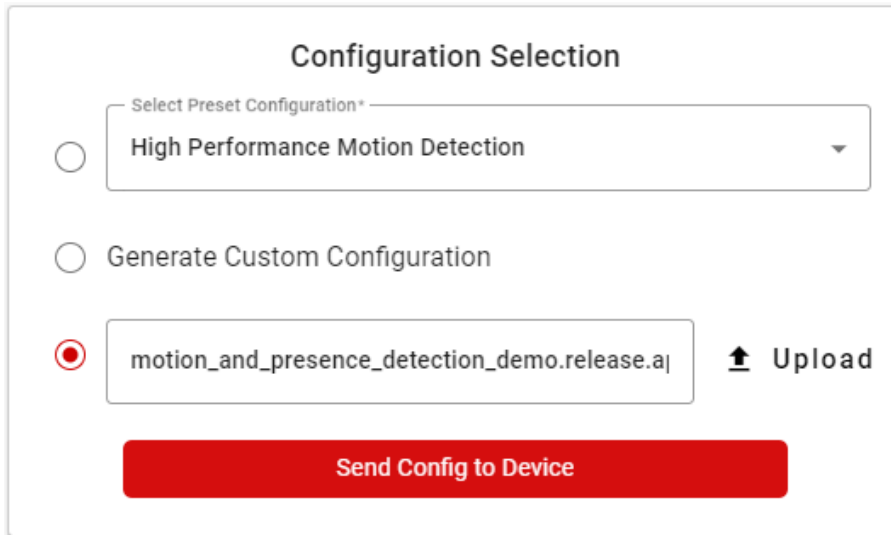


图 3-6. 毫米波雷达观察器图

8. 确保在发送的每个配置之间对板进行下电上电。
9. 作为上传本地配置文件的示例，重复上面的步骤 1-4，然后选择配置选择中的最后一个选项。然后，点击上传并上传 *MotionDetect.cfg* 文件，该文件可通过 `MMWAVE_L_SDK_XX_XX_XX_XX\examples\mmw_demo\motion_and_presence_detection\profiles\xwrl64xx-evm` 找到。点击将配置发送到器件。



The image shows a 'Configuration Selection' dialog box. It contains three radio buttons for configuration selection. The first radio button is selected and is next to a dropdown menu labeled 'High Performance Motion Detection'. The second radio button is next to the text 'Generate Custom Configuration'. The third radio button is selected and is next to a text input field containing 'motion_and_presence_detection_demo.release.a|'. To the right of the input field is an 'Upload' button with an upward arrow icon. Below these options is a large red button labeled 'Send Config to Device'.

图 3-7. 具有本地配置文件的毫米波雷达观察器

运行毫米波工业观察器 GUI

1. 点击 *Industrial_Visualizer.exe* 打开 GUI。GUI 位于以下文件夹中：
radar_toolbox_XX_XX_XX_XX\tools\visualizers\Applications_Visualizer\Industrial_Visualizer。

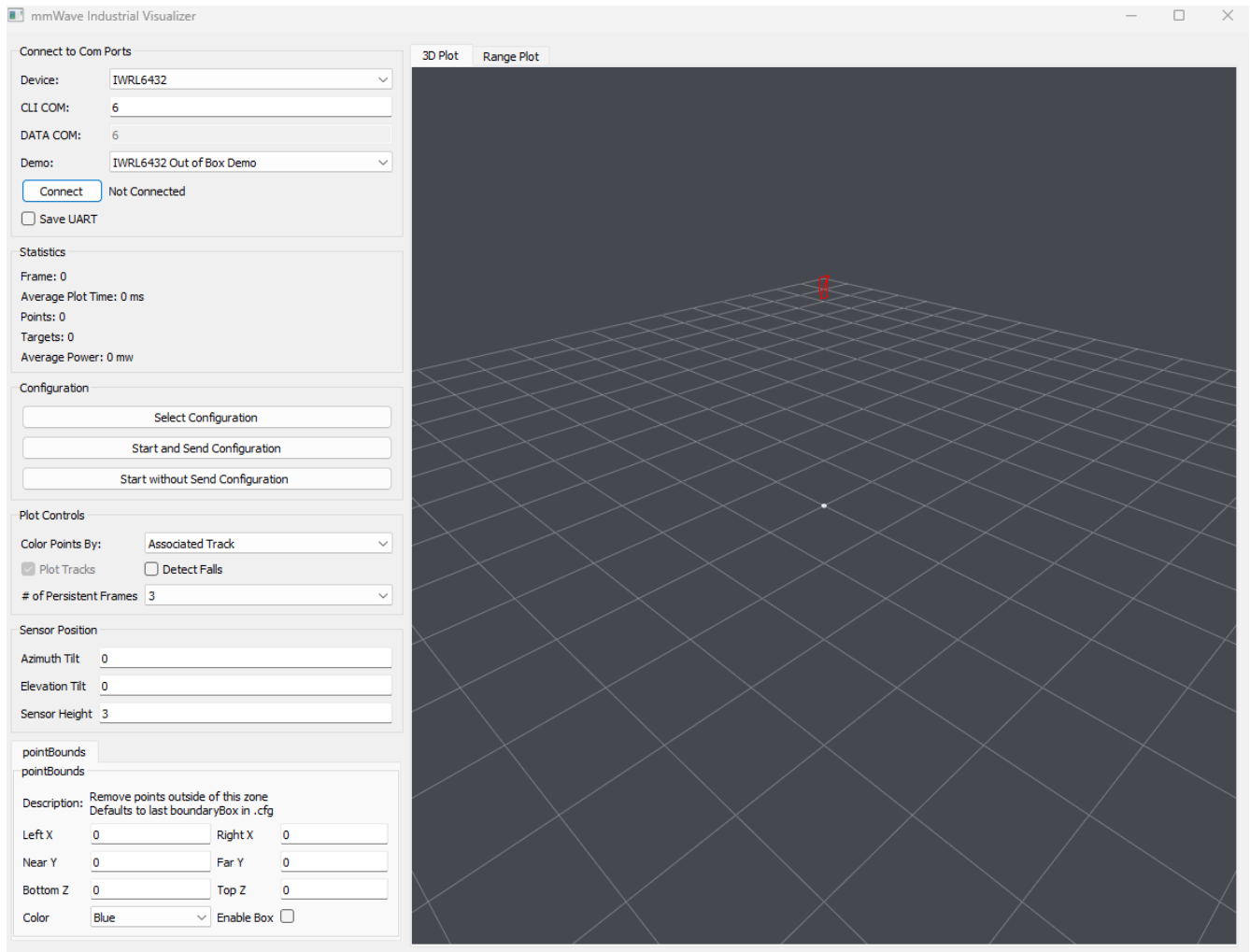


图 3-8. 毫米波工业 3D 观察器 GUI

2. 确保所选的器件为 **IWRL6432**，所选的演示为 **IWRL6432 开箱即用演示**。
3. 对于 **CLI COM**，请插入器件所连接的 **COM** 端口号。用户可以在器件管理器上对此进行检查。如果未安装 [节 2.3](#) 中提到的驱动程序，则不会显示此驱动程序。

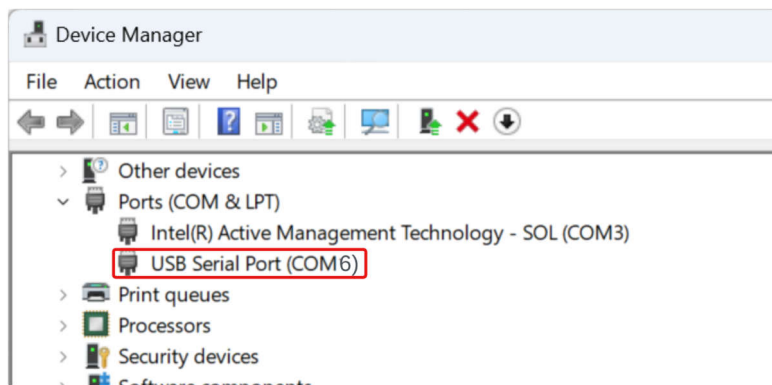


图 3-9. 器件管理器中的 **COM** 端口选择

4. 点击**连接**。如果连接正确，GUI 将显示**已连接**。
5. 打开以下文件夹中的 **Tracking_MidBw.cfg** 文件：
`radar_toolbox_XX_XX_XX_XX\source\ti\examples\People_Tracking\IWRL6432_People_Tracking\chirp_configs\WRL6432BOOST.`
6. 点击**启动和发送配置**。

7. 如果此操作正常，则控制台和 GUI 输出类似于 图 3-10。

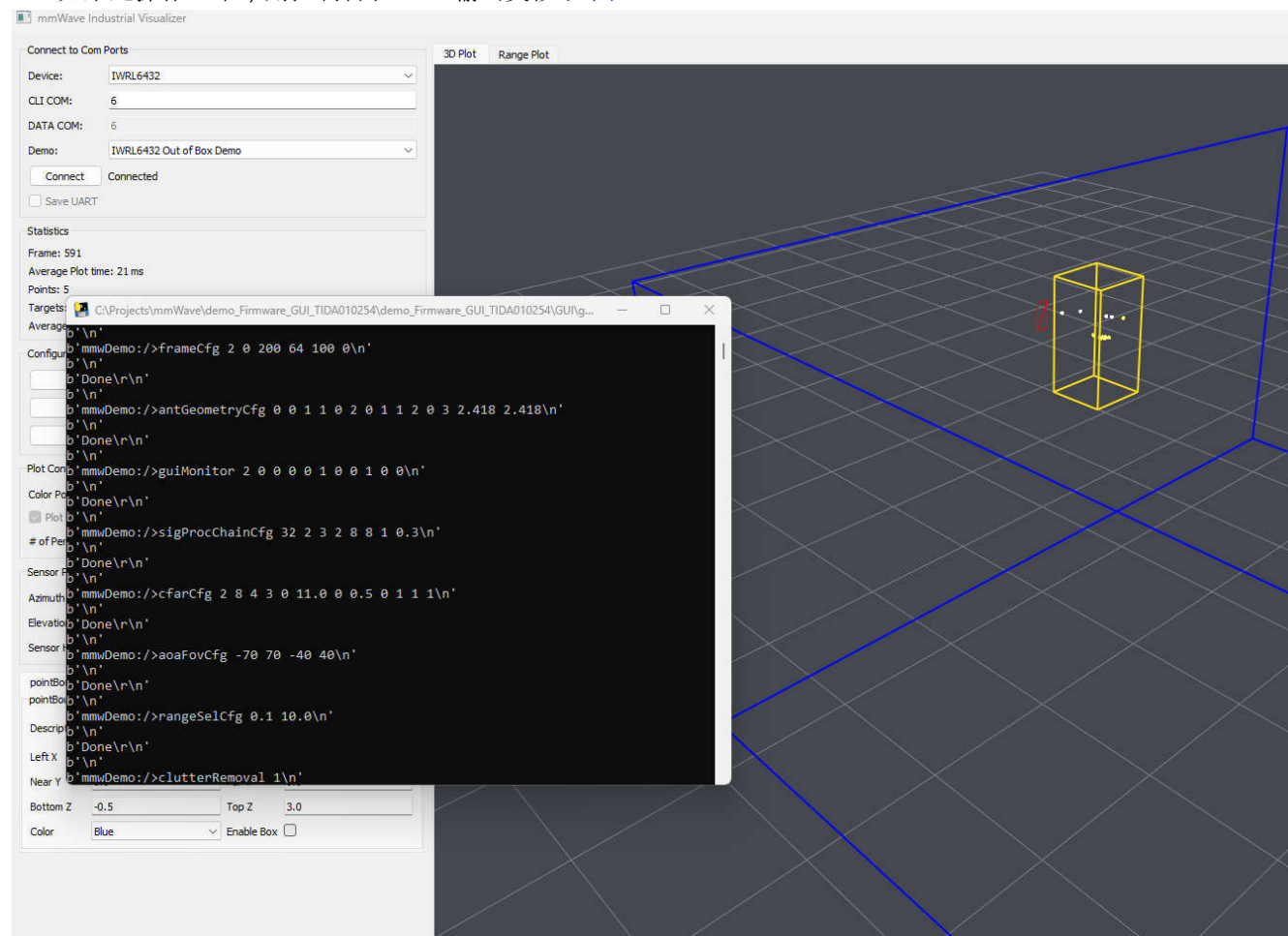


图 3-10. 毫米波工业 3D 观察器输出

3.1 TIDA-010254 参考设计中的 IWRL6432FSP EVM

IWRL6432FSP EVM 旨在与 TI 的 TIDA-010254 参考设计兼容，该工业参考设计演示了如何使用具有低于 1GHz 或 蓝牙® 5.2 无线通信功能的电池供电型 IWRL6432 60GHz 毫米波雷达。此系统设计包含两个模块：雷达模块和无线射频通信模块。这两个模块指定为用于雷达模块的 IWRL6432FSP EVM 和用于无线通信模块的基础板。

此设计已通过锂电池供电的人数统计和跟踪以及运动跟踪应用进行演示（这些应用可使用低于 1GHz 或 蓝牙通信功能将结果发送到远程主机），同时还与现有的 IWRL6432 软件兼容。此参考设计采用 LAUNCHXLCC1352R1 无线微控制器 LaunchPad™，并通过 PC GUI 直观地显示雷达传感数据和检测结果。

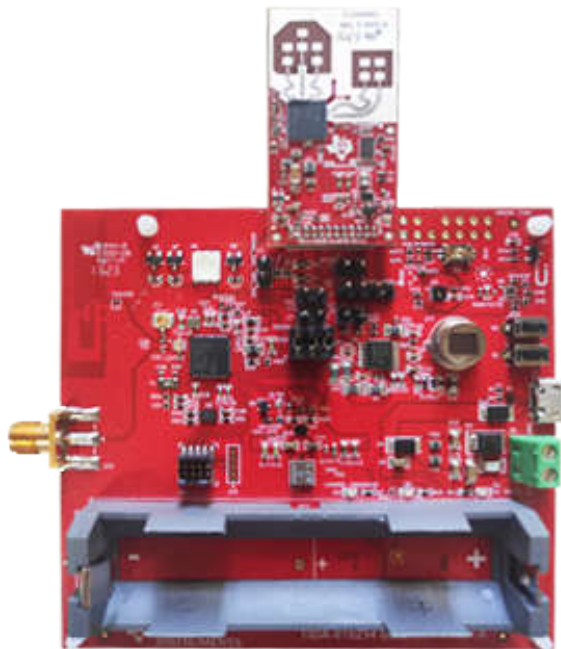


图 3-11. TIDA-010254 参考设计

有关 TIDA-010254 参考设计的更多信息和设计文件，请参阅 [ti.com](#) 上的 [说明页面](#) 和 [TIDA-010254 设计指南](#)。

4 硬件设计文件

4.1 原理图

可通过以下链接下载该参考设计的原理图：[IWRL6432FSPEVM 原理图](#)。也可以在 [IWRL6432FSPEVM 工具页面](#) 上的 *设计文件* 部分下找到此项。

4.2 PCB 布局

可通过以下链接下载该参考设计的 PCB 布局：[IWRL6432FSPEVM PCB 布局](#)可在 [IWRL6432FSPEVM 工具页面](#) 的 *设计文件* 部分下找到。

4.3 物料清单 (BOM)

可以通过以下链接下载该参考设计的物料清单：[IWRL6432FSPEVM 物料清单](#)。也可以在 [IWRL6432FSPEVM 工具页面](#) 上的 *设计文件* 部分下找到此项。

5 其他信息

5.1 商标

LaunchPad™ is a trademark of Texas Instruments.

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

蓝牙® is a registered trademark of Bluetooth SIG.

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [IWRL6432 数据表、产品信息和支持](#), 网页
- 德州仪器 (TI), [IWRL6432 单芯片 57GHz 至 64GHz 工业雷达传感器](#), 数据表
- 德州仪器 (TI), [TIDA-010254 参考设计 | TI.com](#), 网页
- 德州仪器 (TI), [支持低于 1GHz 和 Bluetooth® 5.2 通信功能的电池供电型毫米波雷达传感器](#)
- 德州仪器 (TI), [MMWAVE-L-SDK 软件开发套件 \(SDK\)](#), 网页
- 德州仪器 (TI), [雷达工具箱](#), 网页

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