

EVM User's Guide: xWRL1432BOOST-BSD

低功耗 77GHz 毫米波传感器



说明

德州仪器 (TI) 的 AWRL1432BOOST-BSD 和 IWRL1432BOOST-BSD EVM 是适用于 xWRL1432 毫米波系列检测器件的 77GHz 评估板。

xWRL1432BOOST-BSD 支持独立运行以及直接连接到 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 控制器开发软件所需的一切资源。

应用

- 低成本车辆盲点检测 (BSD)
- 微出行系统 (滑板、电动滑板车、悬浮滑板等)
- 用于确保骑手安全的低功耗自行车雷达
- 非公路用车应用

开始使用

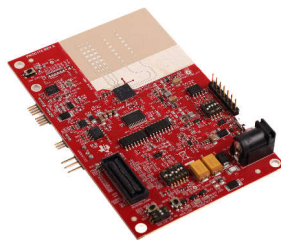
1. 访问 xWRL1432BOOST-BSD EVM 产品页面。
汽车 - [AWRL1432BOOST-BSD](#)。
工业 - [IWRL1432BOOST-BSD](#)。
2. 导航至 [Radar Toolbox](#) 并将工具箱安装到 PC 上。
3. 汽车版本的用户指南位于以下位置：
`radar_toolbox\source\ti\examples\Automotive_ADAS_and_Parking\awrl1432_entry_level_blind_spot_detection\docs`

工业版本的用户指南位于以下位置：

`radar_toolbox\source\ti\examples\Industrial_and_Personal_Electronics\Bike_Radar\docs` 进一步探索 [Radar Toolbox](#) 以获取更多信息、应用程序和资源。

特性

- 高射频性能 RO3003 PCB 基板
- 宽方位角视野天线，适用于盲点检测应用
- 能够检测 130 米以外的车辆
- XDS110 JTAG 接口具有 USB 连接功能，可用于代码开发和调试
- 低功耗分立式直流/直流电源管理
- 用于板载 16Mb QSPI 闪存的板载 QSPI 闪存编程的串行端口
- 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-SPI 和 CAN-FD 收发器
- 为车用器件型号提供板载 LIN PHY 收发器。
- USB 供电的独立运行模式
- EVM 被设计为 Booster Pack，可与其他 LaunchPad EVM 连接



xWRL1432BOOST-BSD EVM

1 评估模块概述

1.1 引言

xWRL1432 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 76GHz 至 81GHz 频段内运行。xWRL1432 专为汽车和工业应用领域的低功耗、自监控、超精确雷达系统而设计。

xWRL1432BOOST-BSD 是一款基于 xWRL1432 器件的易用型 77GHz 毫米波传感器评估模块，配备板载高性能天线，并使用 ROGERS RO3003 基板。该 EVM 可访问点云数据并通过 USB 接口供电。xWRL1432BOOST-BSD 支持直接连接到 DCA1000EVM 开发套件。xWRL1432BOOST-BSD 还具有适用于汽车应用的以 12V 运行的 TCAN4550。该套件配备有毫米波雷达工具箱、演示和软件，其中包括毫米波软件开发套件 (MMWAVE-L-SDK) 和 TI 的 Code Composer Studio。

可以使用附加板来启用其他功能。例如，DCA1000EVM 支持使用传感器的原始 ADC 数据采集功能。板载 XDS110 通过 TI CCS 实现软件开发。

xWRL1432BOOST-BSD 可以与 MCU LaunchPad™ 开发套件生态系统连接。

AWRL1432BOOST-BSD 和 IWRL1432BOOST-BSD 评估模块与开箱即用演示 (OOB 演示) 不兼容，而是在发货时预先刷写了盲点检测演示。这两个演示使用不同的处理链并且不可交换。这些演示的路径可以在入门指南步骤 3 中找到。

1.2 套件内容

xWRL1432BOOST-BSD 套件包括：

- xWRL1432BOOST-BSD 评估板
- Micro USB 电缆
- 快速入门指南

表 1-1. 相关器件文档（续）

EVM 上使用的器件	数据表
SN74LVC1G11D	SN74LVC1G11DSFR
TPS628502-Q1	TPS6285021HQDRLRQ1
TPS6285020-Q1	TPS6285020MQDRLRQ1
LM4040C25Q	LM4040C25QDBZR
TLIN1039-Q1	TLIN1039DDFRQ1
TCAN4550-Q1	TCAN4550RGYRQ1

2 硬件



小心

表面高温。

接触可导致烫伤

请勿触摸。

xWRL1432BOOST-BSD 包含安装在高射频性能 RO3003 PCB 基板上的三个接收器和两个发送器。

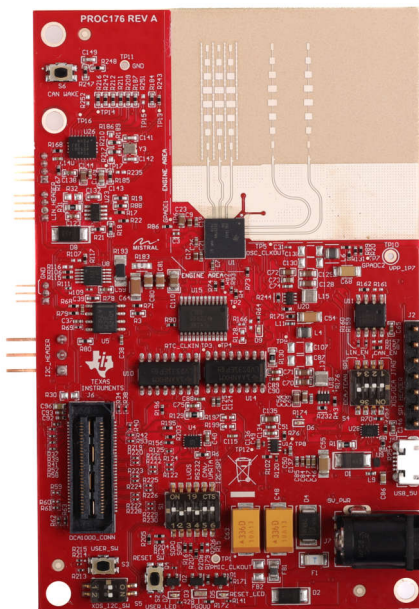


图 2-1. xWRL1432BOOST-BSD (顶视图)



图 2-2. xWRL1432BOOST-BSD (底视图)

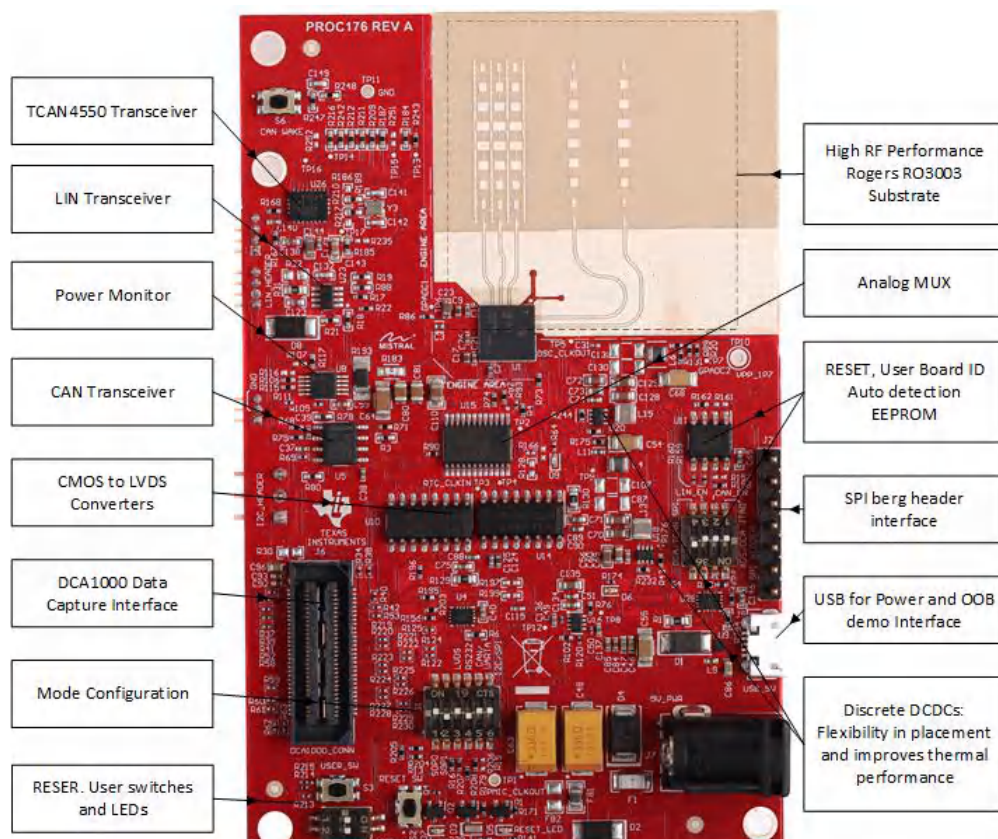


图 2-3. EVM 的显著特性 (顶面)

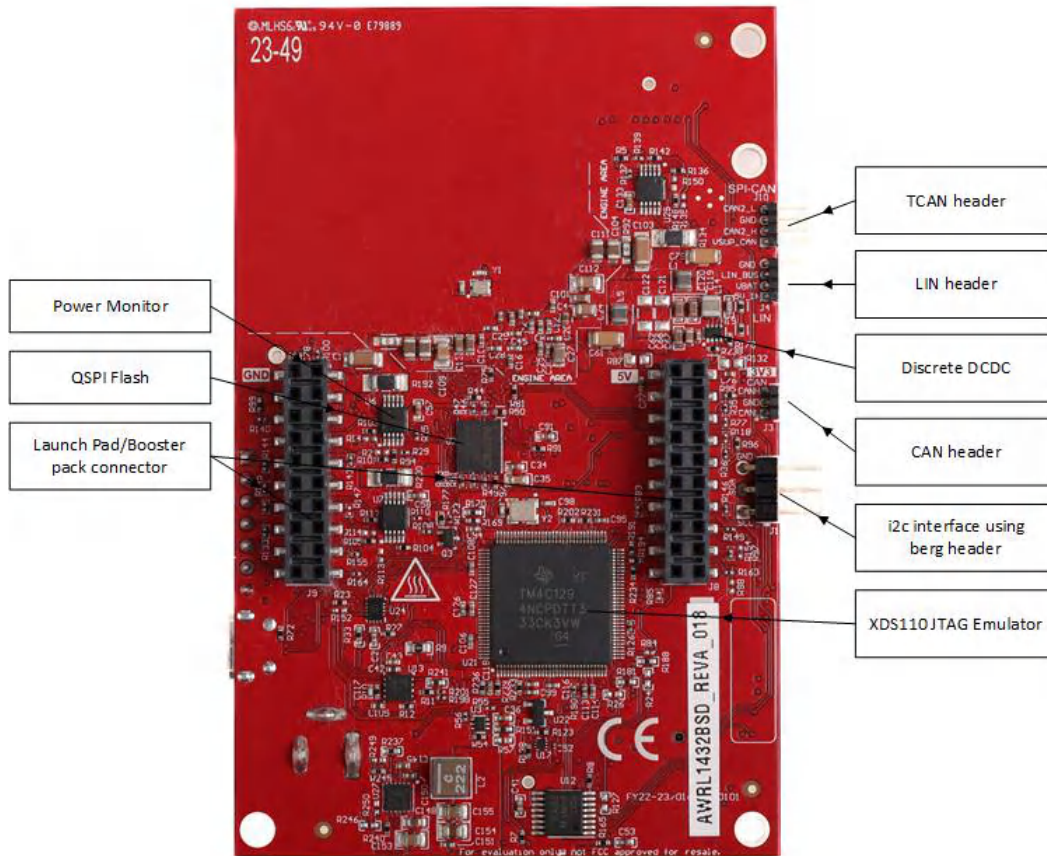


图 2-4. EVM 的显著特性 (底面)

2.1 xWRL1432BOOST-BSD 天线

xWRL1432BOOST-BSD 包括三根接收器天线和两根发送器天线。这些天线设计为高增益串联馈电贴片天线，使用接地共面波导连接到器件。为了在高频下实现出色性能，选择 Rogers RO3003 作为天线的介电基板。图 2-5 展示了天线配置。

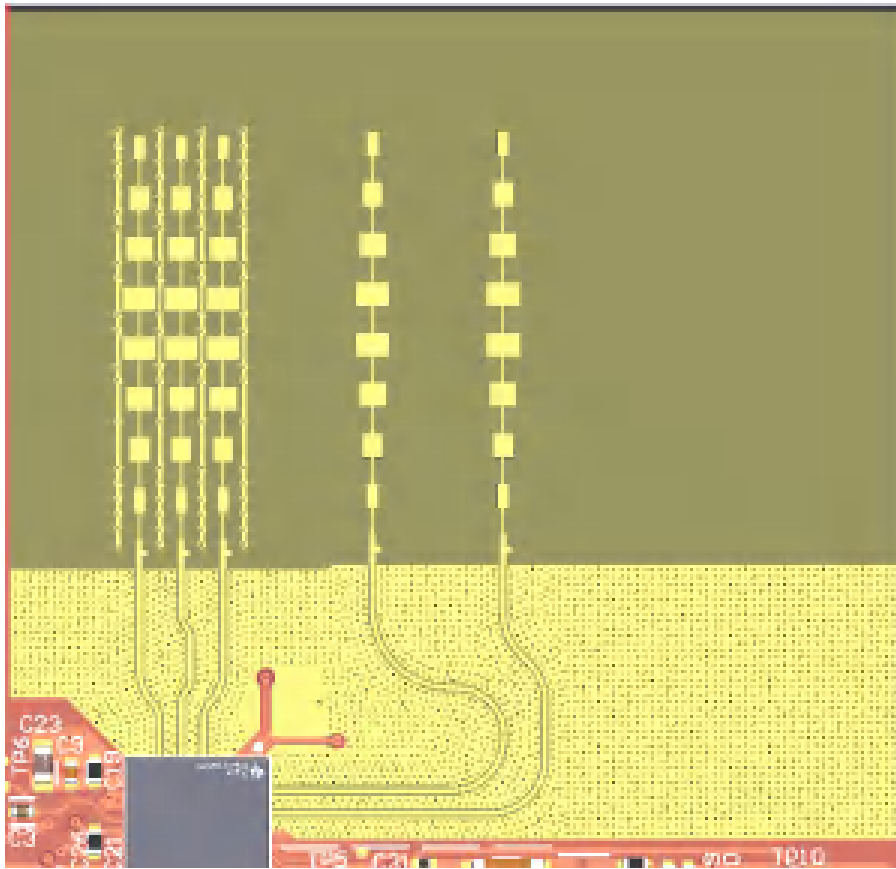


图 2-5. EVM 的 Tx 和 Rx 天线

备注

xWRL1432BOOST-BSD 上的每个串联馈电贴片天线的增益约为 13dBi。三根接收天线位于左侧，两根发送天线位于右侧。

2.1.1 PCB 材料

此 PCB 使用的介电材料为 5mil 厚的 Rogers RO3003，其中天线和传输线路使用轧制铜，而其余层使用 370HR。

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk	Df
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.8mil	1	
1	Top Layer		Signal	1oz	1.6mil		
	Dielectric 1	RO3003	Core		5mil	3	
2	L2_GND1		Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric 2	PCL370HR	Prepreg		5.85mil	3.9	
3	L3_SIG1		Signal	1/2oz	1.2mil		
	Dielectric 3	PCL370HR	Core		10mil	4.25	
4	L4_PWR1		Signal	1/2oz	1.2mil		
	Dielectric 4	PCL370HR	Prepreg		5.65mil	3.9	
5	L5_PWR2		Signal	1/2oz	1.2mil		
	Dielectric 5	PCL370HR	Prepreg		10mil	4.25	
6	L6_SIG2		Signal	1/2oz	1.2mil		
	Dielectric 6	PCL370HR	Core		5.5mil	3.9	
7	L7_GND2		Signal	1/2oz	1.2mil		
	Dielectric 7	PCL370HR	Core		5mil	4.25	
8	Bottom Layer		Signal	1oz	1.6mil		
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.8mil	1	
	Bottom Overlay		Overlay				

2.1.1.1 发送器和接收器虚拟阵列

图 2-6 中所示的发送器和接收器天线位置形成一个包含六个发送器-接收器对的虚拟阵列。这样可以实现更精细的方位角分辨率 (19°)，从而改进物体检测。接收器天线的间距为 D ($\lambda/2$)，发送器天线 Tx1 和 Tx2 在方位角平面中的间距为 $1.5D$ ($3\lambda/2$)。在仰角平面中未放置天线元件。

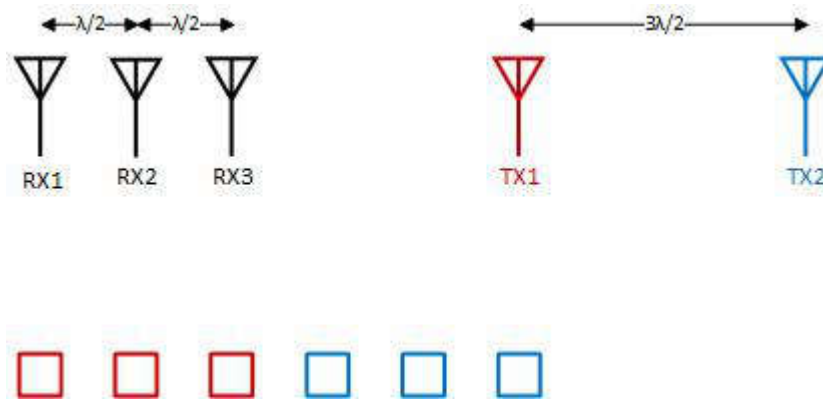


图 2-6. 虚拟天线阵列

图 2-6 展示了随方位角变化的天线辐射图，以及随 TX1 和 TX2 仰角变化的天线辐射图。这两个图展示了 TX1 和 TX2 以及 RX1、RX2 和 RX3 的辐射图。所有测量都是同时针对 Tx 和 Rx 进行的。因此，如果波束宽度为 -6dB，用户必须视轴上看到数字为 -12db (Tx (-6dB) + Rx(-6dB))。

为了可靠地测量方位角平面和仰角平面上的完整虚拟阵列辐射图，在视轴上将一个三面角反射器放置在距离 EVM 约 5m 处。该器件配置有 1.0GHz 线性调频脉冲，然后扫过其方位角和仰角。使用 DCA-1000EVM 采集原始 ADC 数据，并对生成的 ADC 数据进行后处理。经过可视化之后，在图 2-7 中可以看到更精细的方位角分辨率，而与之相比，在图 2-8 中可以看到较低的仰角 FoV。

备注

波长 (λ) 是根据 78.5GHz 的频率计算得到的。根据此频率选择天线放置。

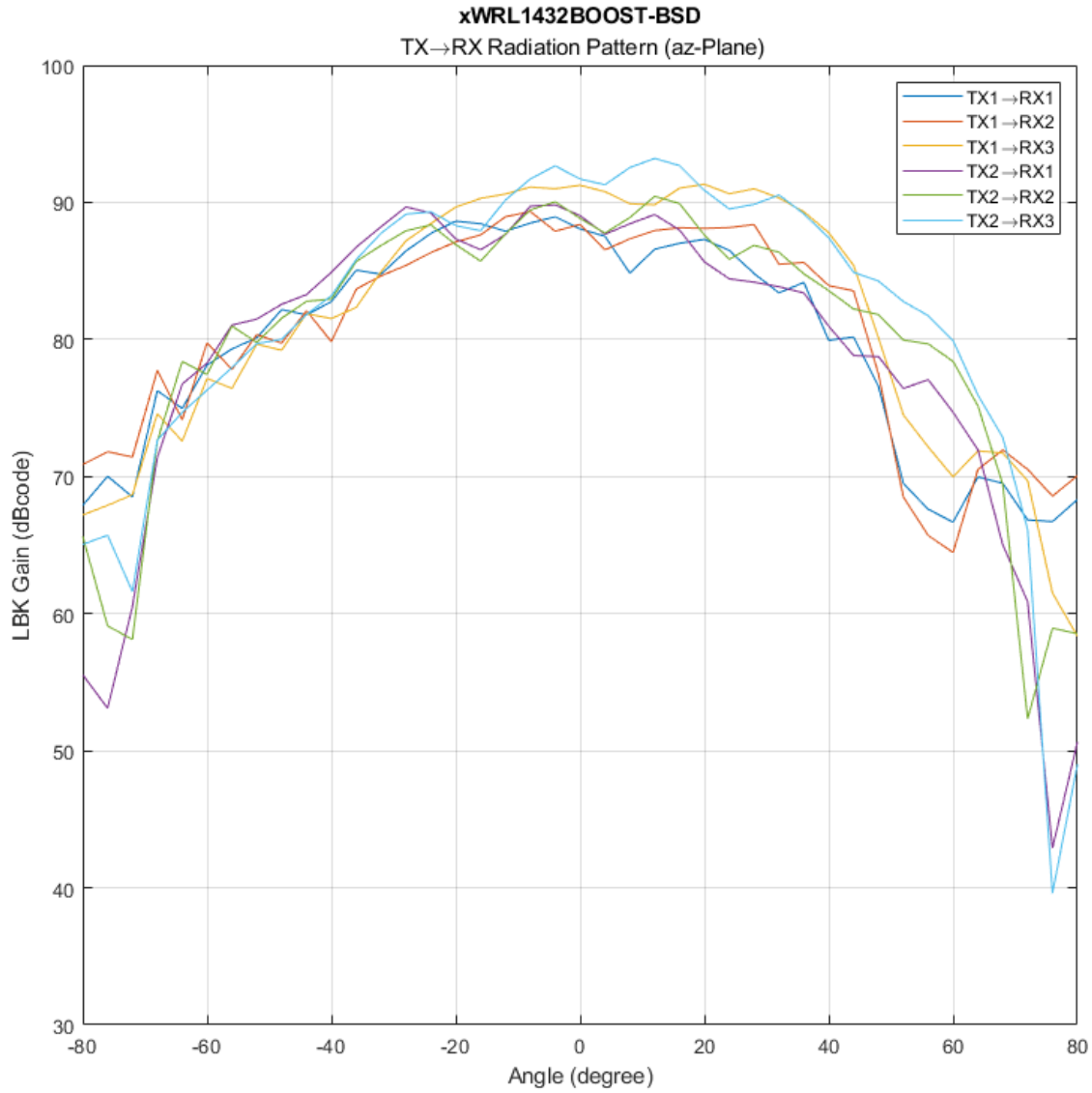


图 2-7. xWRL1432BOOST-BSD EVM 天线方位角辐射图

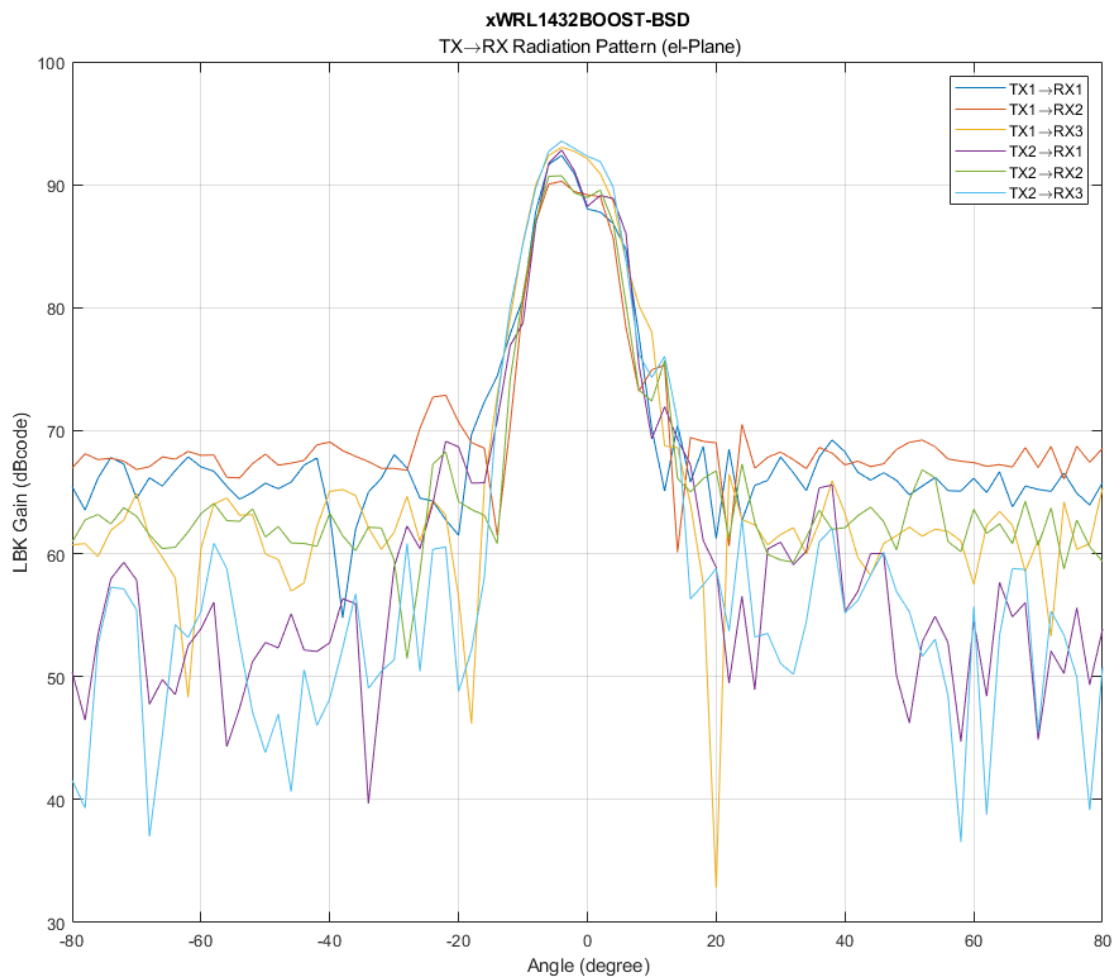


图 2-8. xWRL1432BOOST-BSD EVM 天线仰角辐射图

备注

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。

2.2 EVM 多路复用器方框图

图 2-9 展示了数字信号的不同多路复用选项。xWRL1432 具有引脚限制，且必须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。该 EVM 使用各种模拟多路复用器和滑动开关配置来提供多路信号分离选项。图 2-9 展示了各种多路复用开关位置，支持通过不同的多路复用选项连接到不同的外设。

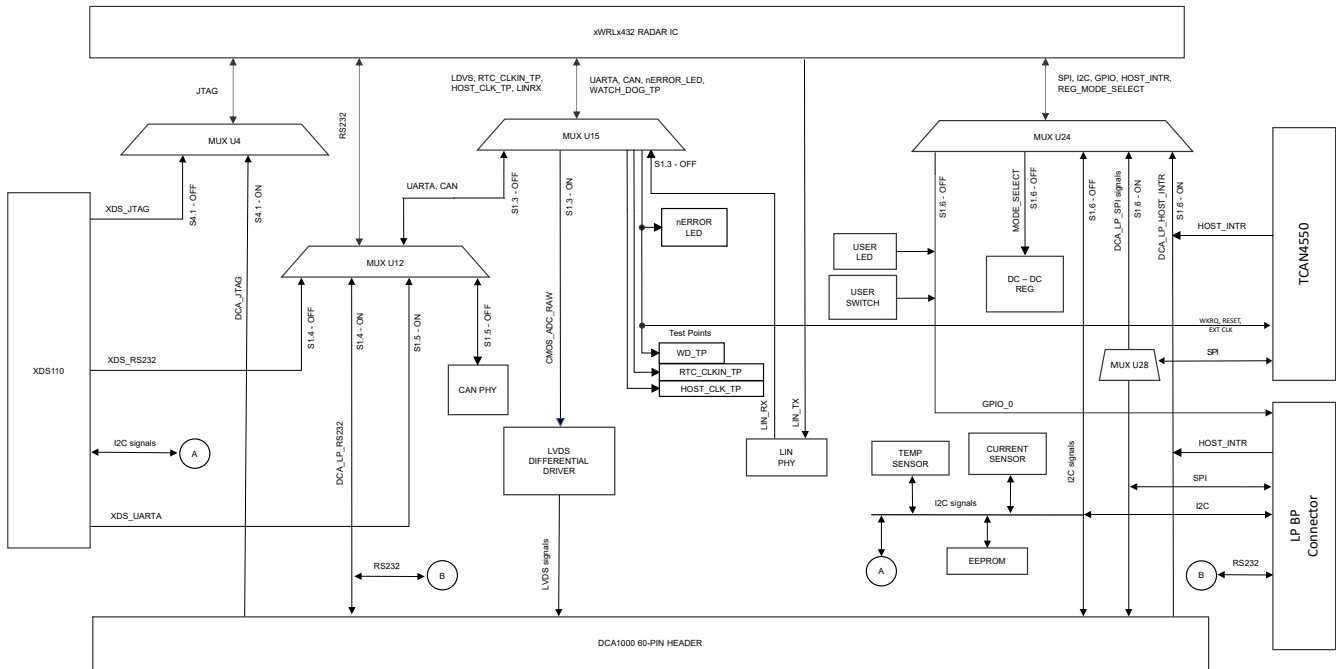


图 2-9. EVM 的多路复用选项

2.3 开关设置

图 2-10 展示了 xWRL1432BOOST-BSD 上开关 (S1 和 S4) 的器件标识符和位置。

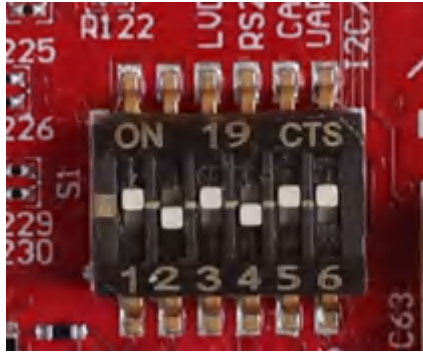


图 2-10. 用于各种模式设置的 S1 开关

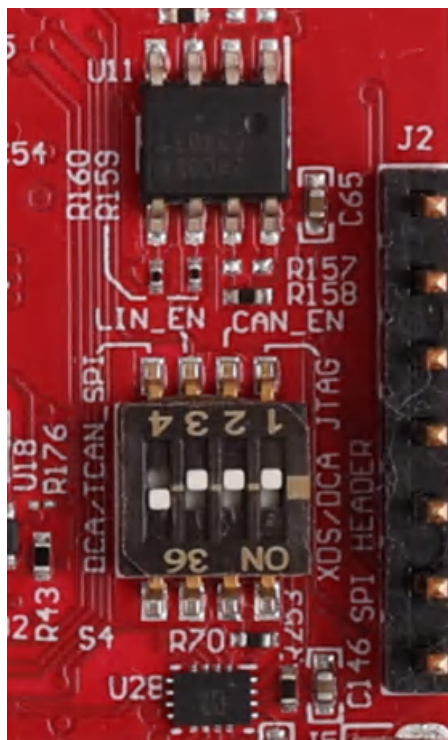


图 2-11. 用于各种模式设置的 S4 开关

图 2-12 为器件提供了不同的引导模式配置。该器件支持应用模式、QSPI 闪存模式 (器件管理模式) 和调试模式。必须先执行下面图 2-12 所示的模式 (SOP) 配置。在 SOP 设置之后，需要发出 nRESET 以注册 SOP 设置。图 2-12 还提供了器件和 EVM 支持的不同工作模式的开关位置。

	OFF	On	Flashing	Functional	Debug Mode (w/ DCA1000)
S1.1			Off	On	On
S1.2			Off	Off	On
S1.3	LVDS	LIN_RX, XDS_UARTA/Can, NERROR_LED, WATCH_DOG_TP, RTC_CLK_IN_TP, HOST_CLK_TPA	Off	Off	Off
S1.4	XDS_RS232	DCA_LP_RS232	Off	Off	Off
S1.5	CAN	XDS_UARTA	On	On	On
S1.6	I2C, REG_MODE, LED_SW_GPIO	SPI	On	On	On
S4.1	XDS_JTAG	DCA_JTAG	Off	Off	Off
S4.2	CAN PHY: Stand by Mode Disable	CAN PHY: Stand by Mode Enable	Off	Off	Off
S4.3	LIN PHY: Enable	LIN PHY: Disable	On	On	On
S4.4	-	-	-	-	-

图 2-12. SOP 和 MUX 开关

2.4 LED

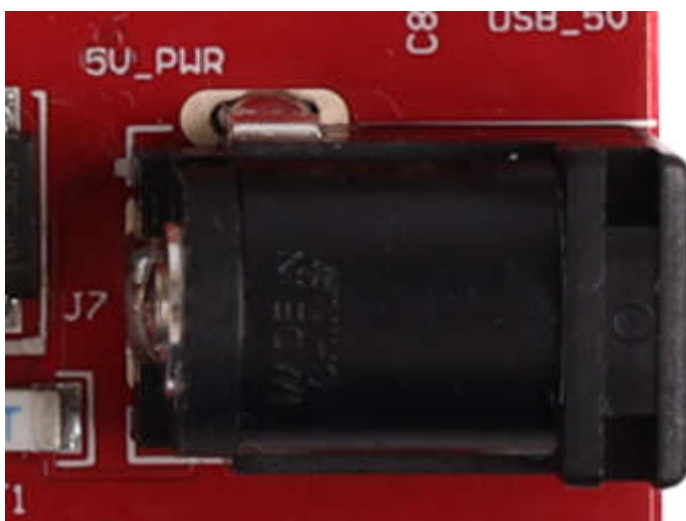
表 2-1 提供了 xWRL1432BOOST-BSD 上的 LED 列表。

表 2-1. LED 清单

LED 参考标识符	说明
D6	5V 电源指示
D5	复位 LED。
D9	NERROR LED 注意：需要通过开关设置来启用此功能。
D7	用户 LED：客户可编程。 注意：需要通过开关设置来启用此功能。
D3	电源正常状态指示

2.5 连接器

支持更大电流：当 EVM 与外部电源适配器搭配使用时，外部电源适配器提供 12V 电源。使用板载 TCAN4550 时，必须连接此电源。对于所有其他用例，不使用这种外部电源选项，而是从 USB 接口获取电源。



备注

向 EVM 提供 12V 电源后，TI 建议按一次 NRST 开关，以确认引导状态可靠。

备注

并非器件的所有数字 IO 引脚（NRESET 除外）都具有失效防护功能。因此需要注意，在器件没有 VIO 电源的情况下，不要从外部驱动数字 IO 引脚。

2.6 USB 连接器

USB 连接器提供 5V 电源输入来为器件供电；此外，PC 接口也在此连接器上引出：

- UART，用于刷写板载串行闪存、通过 mmWave Studio 下载固件以及获取通过 UART 发送的应用数据



图 2-13. USB 连接器 (J5)

2.7 DCA1000 HD 连接器

图 2-14 中所示的 60 引脚 HD 连接器向 DCA1000 提供高速数据和控制信号 (SPI、UART、I2C、NRST、NERROR 和 SOP)。

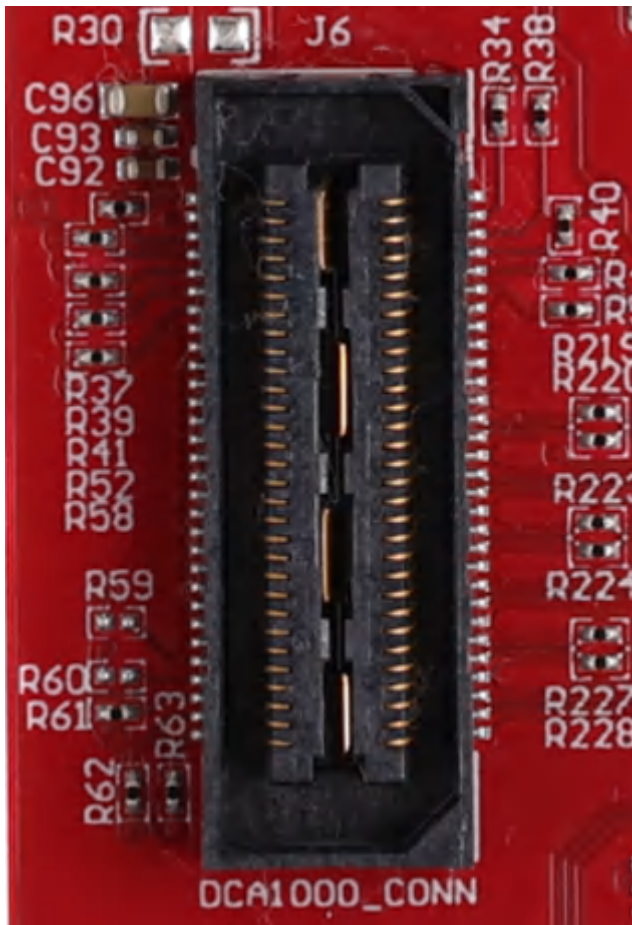


图 2-14. DCA1000 HD 连接器

2.8 用于连接 LaunchPad 的 Booster Pack 连接器

J8/J9 是作为连接选项提供的 Booster Pack 连接器，可实现与其他 TI LaunchPad 生态系统的连接。



图 2-15. Booster Pack 连接器

2.9 SPI-CAN 驱动器

SPI-CAN 驱动器让雷达器件可以使用 SPI 连接与 CAN 总线进行通信。此功能来自 TI 的 TCAN4550 系列 TCAN 驱动器。可通过打开 (关闭) S4.4 来选择此驱动器。这样会将 SPI 连接从 DCA、LP 和 FTDI 路由到 TCAN 总线。可以使用 J10 访问这个 TCAN 总线。可通过按下 S6 来唤醒驱动器。必须将 12V 电源连接到 J7 直流插孔。

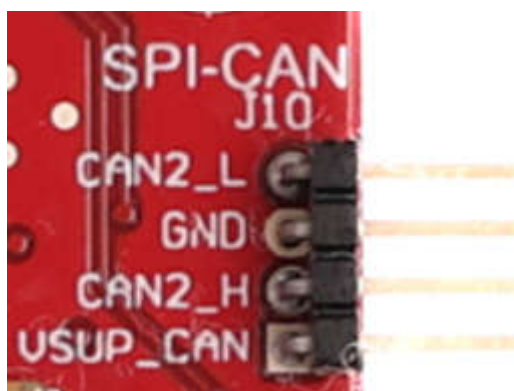


图 2-16. SPI-CAN 连接器

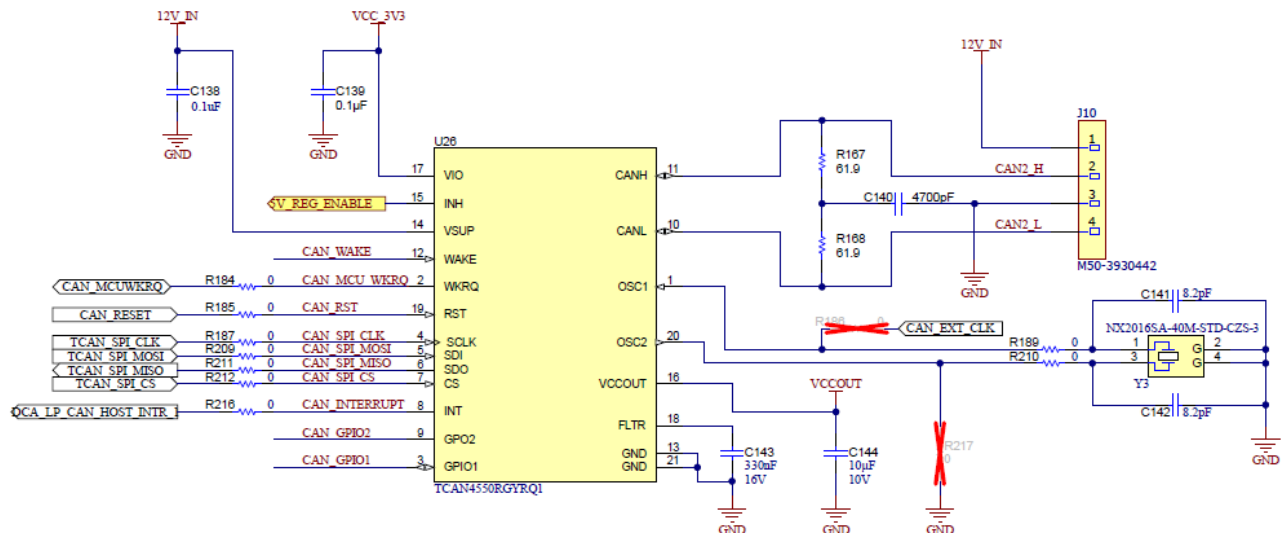


图 2-17. 大批量模拟和逻辑产品 (SPI) - 测量系统分析 (CAN) 接口

2.10 CAN-FD 连接器

通过 CAN 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。这些信号与 SPI 信号多路复用后将连接到 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。

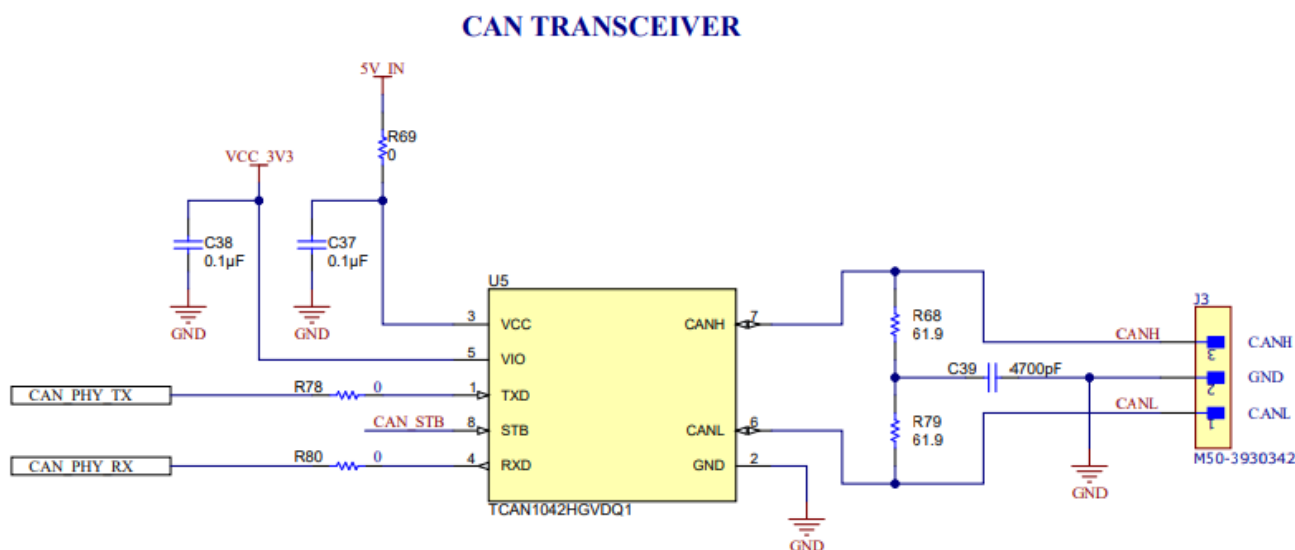


图 2-19. EVM 中使用的 CAN FD PHY

2.11 LIN PHY 连接

图 2-20 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 2-20. LIN 接头和 PHY 接口

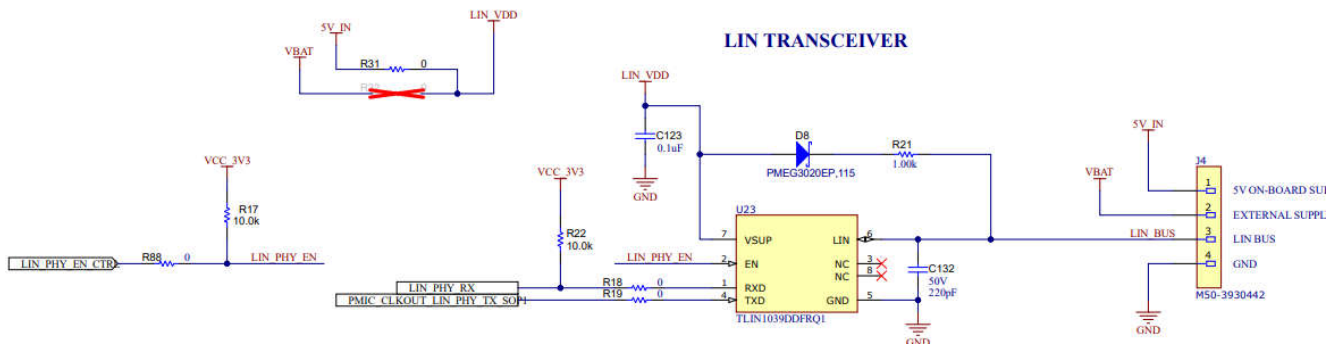


图 2-21. LIN PHY 接口

2.12 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。

2.12.1 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)。请参阅器件原理图以了解 I2C 地址。

2.13 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 2-22 所示)，通过单个 5V USB 连接器供电；还会使用同一 USB 连接器 J5 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 2-22 中所示。

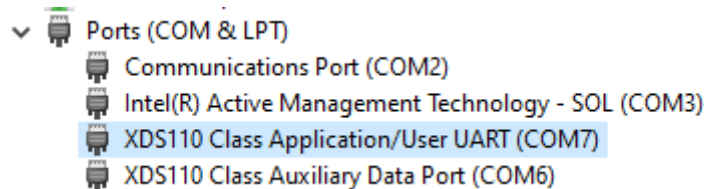


图 2-22. 虚拟 COM 端口

如果 PC 无法识别上述 COM 端口，请安装最新的 EMUpack。

EVM 使用单个 UART 端口向 PC 发送器件配置和处理的数据。

2.14 刷写电路板

1. 确认已成功安装驱动程序并枚举 COM 端口。
2. 将 SOP 配置为刷写模式。
3. 按压复位开关，以确认电路板在正确的模式下启动。
4. 运行可视化工具，使用刷写选项卡，按照说明操作，或使用 Uniflash 工具。
5. 输入刷写接口的应用程序端口号。
6. 将映像加载到串行闪存中。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。

2.15 DCA1000EVM 模式

使用 DCA1000EVM 进行原始数据采集的设置如图 2-23 所示。

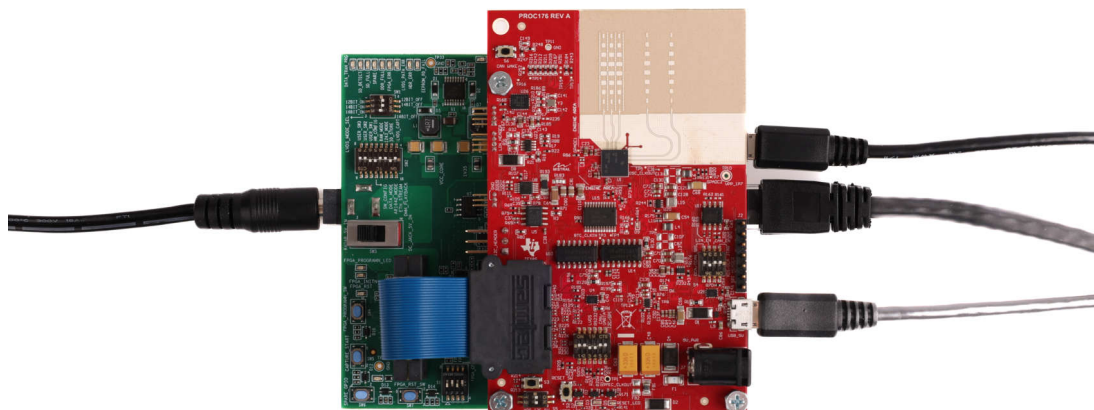


图 2-23. DCA1000EVM 模式 (顶视图)

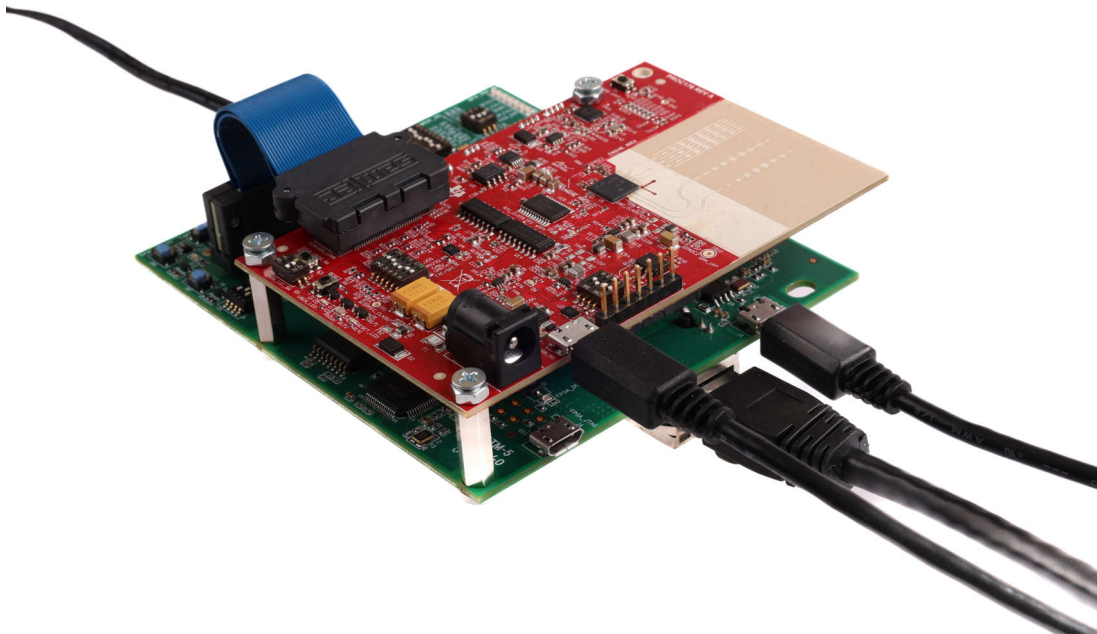


图 2-24. DCA1000EVM 模式 (侧视图)

请参阅本文档开头所示的图 2-12，了解 DCA1000 原始 ADC 采集卡的开关设置。

2.15.1 用于采集原始 ADC 数据的 RDIF 接口

xWRL1432 没有 LVDS I/O，主要是为了降低 SOC 的整体功耗。但是，DCA1000 板需要使用时钟和数据接口上的 LVDS 信号来采集原始 ADC 数据。因此，该板上使用了 CMOS 至 LVDS 转换器，如下所示。数据采集接口使用 RDIF (雷达数据接口) 在毫米波器件和 DCA1000 采集卡之间传输数据。无需为此对 DCA1000 采集卡进行任何更改，但需要为此使用新的低功耗 mmWave Studio。低功耗 mmWaveStudio 可以解读 RDIF 接口并提供原始 ADC 数据可视化平台，以便进一步处理信号。

DIFFERENTIAL LVDS DRIVER

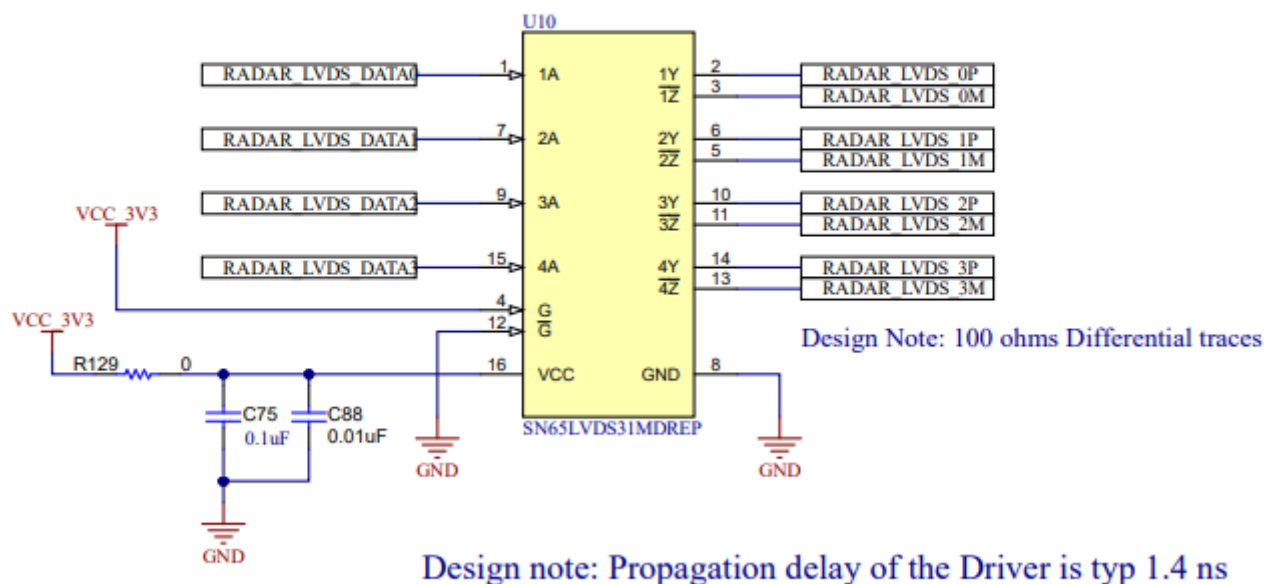


图 2-25. DCA1000 数据线 CMOS/LVDS 转换

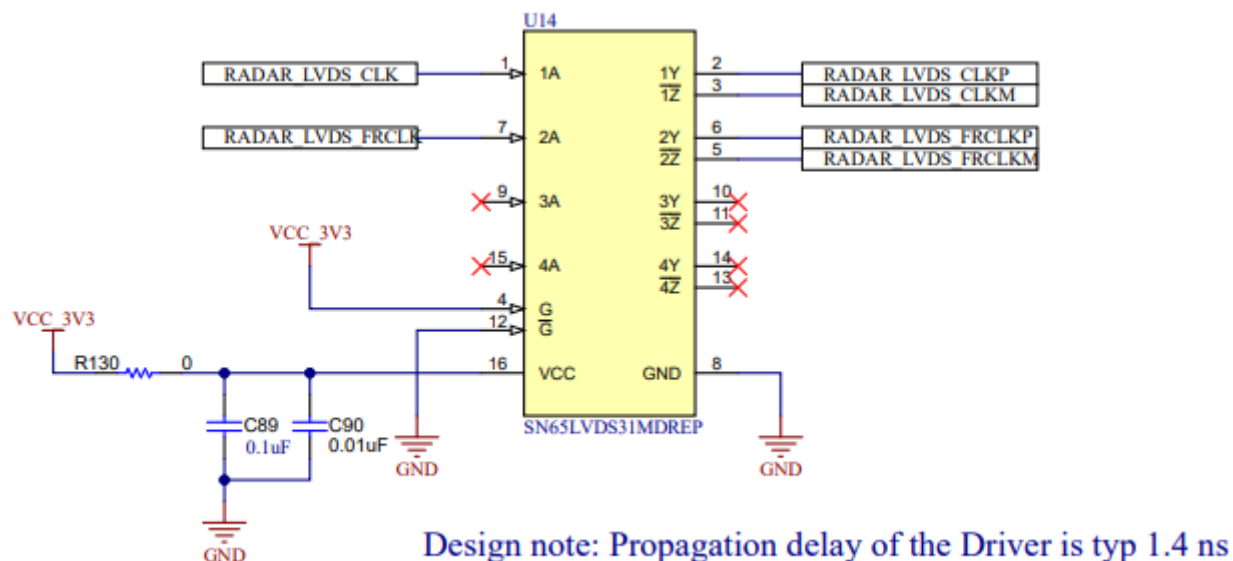


图 2-26. DCA1000 时钟和控制线 CMOS/LVDS 转换

2.16 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 [SSYA010](#)。

2.16.1 PCB 贮存和搬运建议

PCB 的浸银表面可提供更佳的高频性能，但在开放的环境中易于氧化。这种氧化会使天线区域周围的表面变黑，但毫米波雷达性能会完好无损。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。

2.16.2 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 12V/2A 或更高功率的适配器。

3 软件

3.1 软件、开发工具和示例代码

为了能够在 xWRL1432 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、示例软件、软件驱动程序和用于调试的仿真包等。

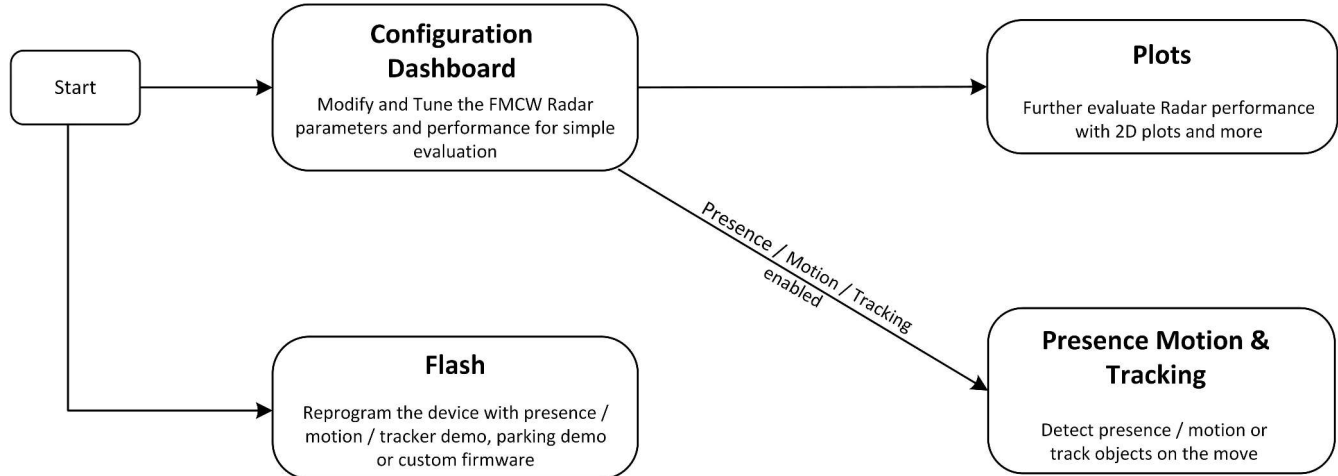
有关更多信息，请参阅毫米波低功耗 SDK 用户指南 ([MMWAVE-L-SDK](#))。

有关 IWRL1432、雷达理论和 TI 毫米波雷达传感器的其他演示、文档和知识，请参阅 [TI Radar Toolbox](#)。

按照以下步骤使用 EVM 运行演示可视化工具。

3.1.1 xWRL1432 演示可视化入门

图 3-1. 演示可视化入门



本节中提供了两个可以使用的适用可视化工具：一个用于后向自行车雷达 (Applications Visualizer)，另一个用于低成本 ADAS BSD 雷达。在 [TI Radar Toolbox](#) 中可找到这两个可视化工具。

ADAS BSD Visualizer 位置：

`Radar_toolbox\source\examples\ADAS\awrl1432_entry_level_blind_spot_detection\gui\src`

Applications Visualizer 位置：`Radar_toolbox\tools\visualizers\Applications_Visualizer\Industrial_Visualizer`

按照以下步骤，将 EVM 与提供的 BSD 演示配合使用：

- 第 1 步：将 SOP 开关设置为功能模式 (请参阅图 2-12)
- 第 2 步：通过 USB 将 EVM 连接到 PC。
- 第 3 步：按下 nRESET (S2)
- 第 4 步：配置器件。
 1. 使用上述路径导航到 BSD Visualizer 并启动它
 2. 点击 “Live Display”
 3. 输入 -1 并点击 “OK”，以便允许连续发出线性调频脉冲
 4. 输入 CLI COM 端口和 DATA COM 端口 (可以在设备管理器中看到这些端口)
 5. 点击 “Load Configuration”，然后点击 “Done”。
- 第 5 步：使用提供的 MATLAB 图查看雷达数据

按照以下步骤将 EVM 与提供的工业演示配合使用：

- 第 1 步：将 SOP 开关设置为功能模式 (请参阅图 2-12)
- 第 2 步：通过 USB 将 EVM 连接到 PC。
- 第 3 步：按下 nRESET (S2)

- 第 4 步：配置器件。
 1. 使用上述路径导航到 **Instustrial Visualizer** 并启动它
 2. 选择 **CLI COM** 端口和 **DATA COM** 端口 (可以在设备管理器中看到这些端口)
 3. 在 “**Demo**” 中选择 “**Bike Radar**”
 4. 点击 “**Select Configuration**”，然后导航至所需的配置文件
 5. 点击 “**Start and Send Configuration**”。
- 第 5 步：使用 “**3D Plot**” 和 “**Range Plot**” 查看原始数据

按照以下步骤将该器件与另一个演示配合使用：

- 第 1 步：下载并安装 [UniFlash](#)
- 第 2 步：运行 UniFlash
- 第 3 步：将 **SOP** 开关设置为刷写模式 (请参阅图 2-12)
- 第 4 步：通过 **USB** 将 **EVM** 连接到 **PC**。
- 第 5 步：按下 **nRESET (S2)**
- 第 6 步：选择并安装另一个演示。
 1. 在器件列表中找到并选择 **IWRL1432**，然后点击 “**Start**”
 2. 对于 “**Meta Image 1**”，请点击 “**Browse**”，然后搜索并选择所需的二进制文件
 - a. 您可能需要将查找的文件类型更改为 “**All files**”
 3. 在 “**Quick Settings**” 下，将 **COM** 端口设置为两个 **EVM COM** 端口中的较小端口
 4. 点击 “**Load Image**”
- 刷写后，将 **SOP** 开关更改为功能模式 (请参阅图 2-12)。您的 **EVM** 现在可以使用了。

4 硬件设计文件

4.1 原理图、PCB 布局和物料清单 (BOM)

在 [SWRR184](#) 上可以找到 xWRL1432BOOST-BSD EVM 原理图、PCB 布局和物料清单 (BOM)。

4.2 EVM 设计数据库

在 [SWRR183](#) 上可以找到包含 Altium 工程源文件的 xWRL1432BOOST EVM 设计数据库。

5 其他信息

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 参考资料

- 1. [DCA1000EVM 数据采集卡用户指南](#)
- 2. [MMWAVE-L-SDK](#)
- 3. [Radar Toolbox](#)
- 4. [TI 自行车骑手安全演示](#)
- 5. [适用于电动自行车和踏板车安全应用的毫米波雷达](#)
- 6. [UniFlash](#)

6.1 TI E2E 社区

请在 e2e.ti.com 上搜索论坛。如果您找不到问题的答案，可以将问题发布到社区！

修订历史记录

Changes from JULY 1, 2024 to DECEMBER 31, 2024 (from Revision * (July 2024) to Revision A (December 2024))		Page
• 更新了毫米波软件开发套件.....		2
• 将“Radar Studio”更改为“mmWave Studio”		15
• 添加了“SPI-CAN 驱动器”部分.....		18

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