

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。

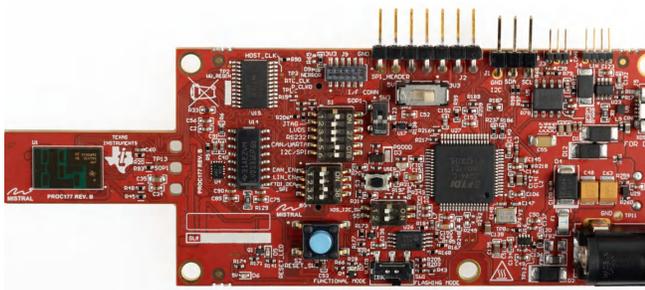
特性

- 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
- 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)

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 包含两个发送器和三个接收器封装天线, 具有宽视野天线。IWRL6432AOP 毫米波传感器是此评估模块的重要部分, 在 57GHz 和 64GHz 之间的 7GHz 带宽下运行。IWRL6432AOP 评估模块专为 IWRL6432AOP 毫米波传感器器件而设计, 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。

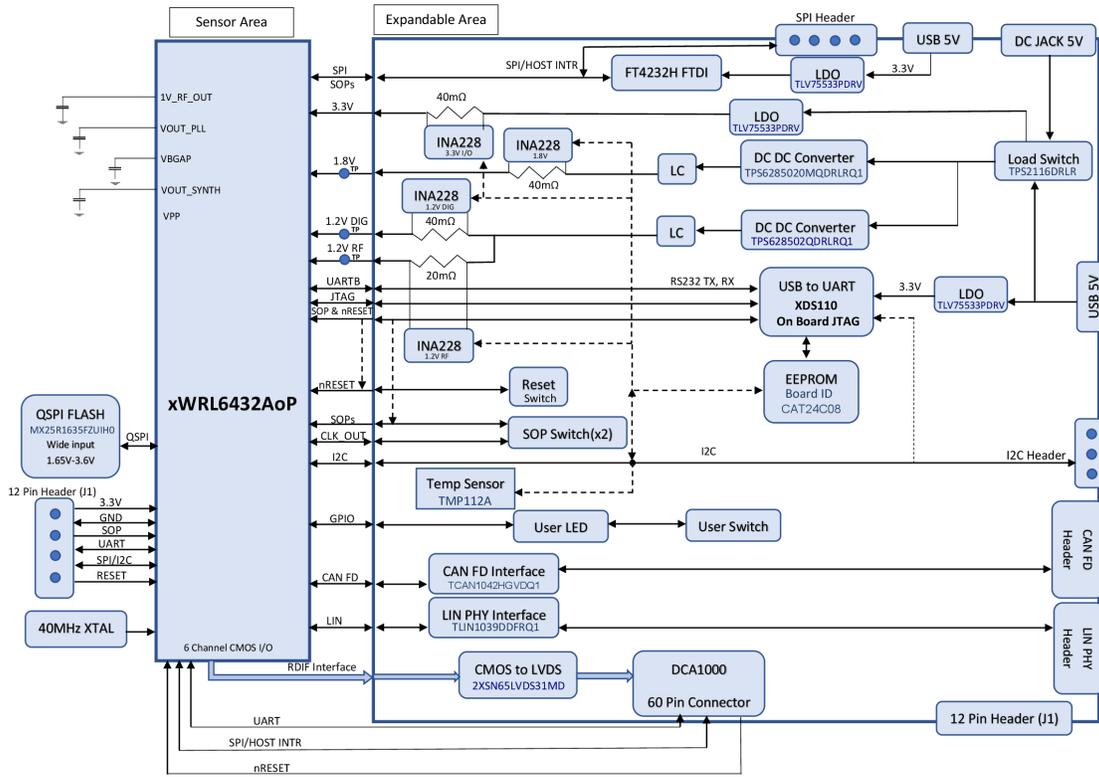


图 1-1. IWRL6432AOPEVM 的方框图

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。

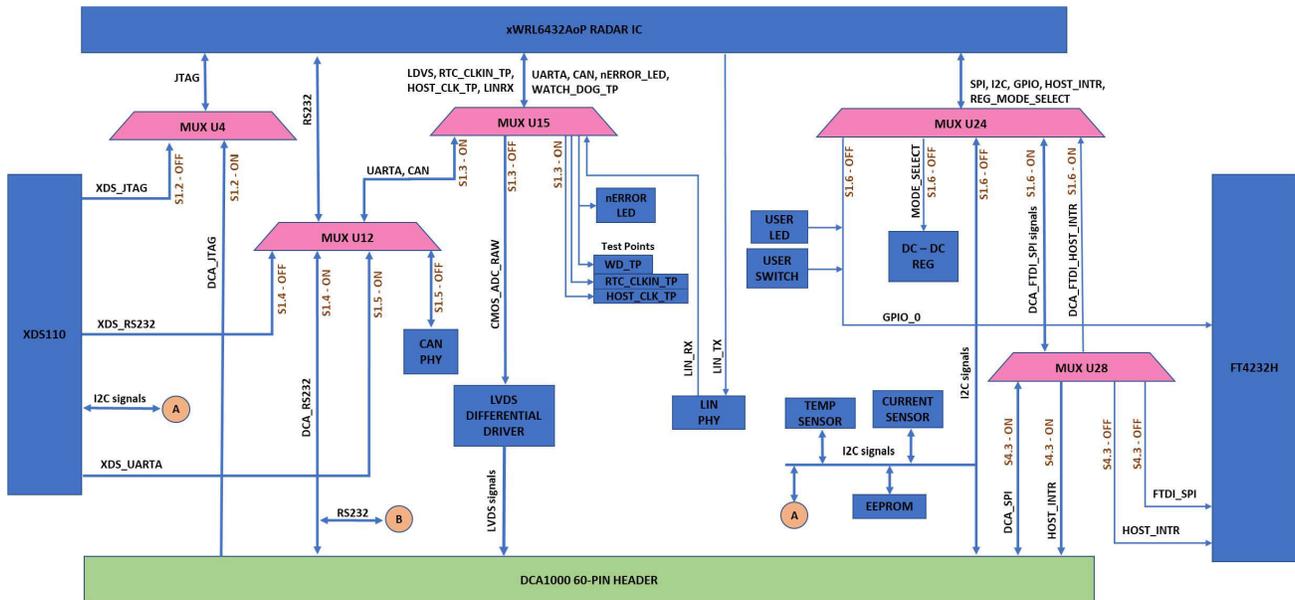


图 1-2. EVM 的多路复用选项

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 64GHz 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) 内不应有任何较高的元件，以避免任何多路径反射。此外，我们还应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。

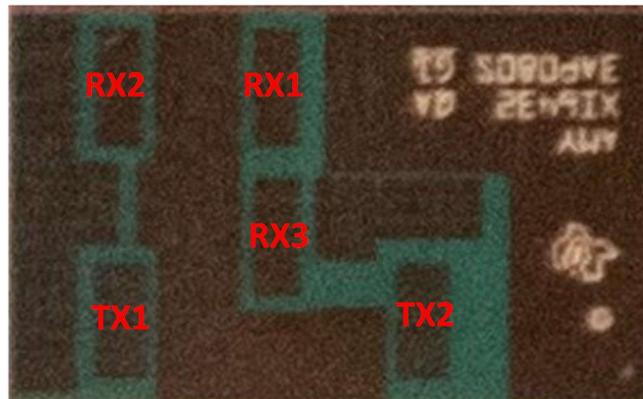


图 1-3. AOP 天线

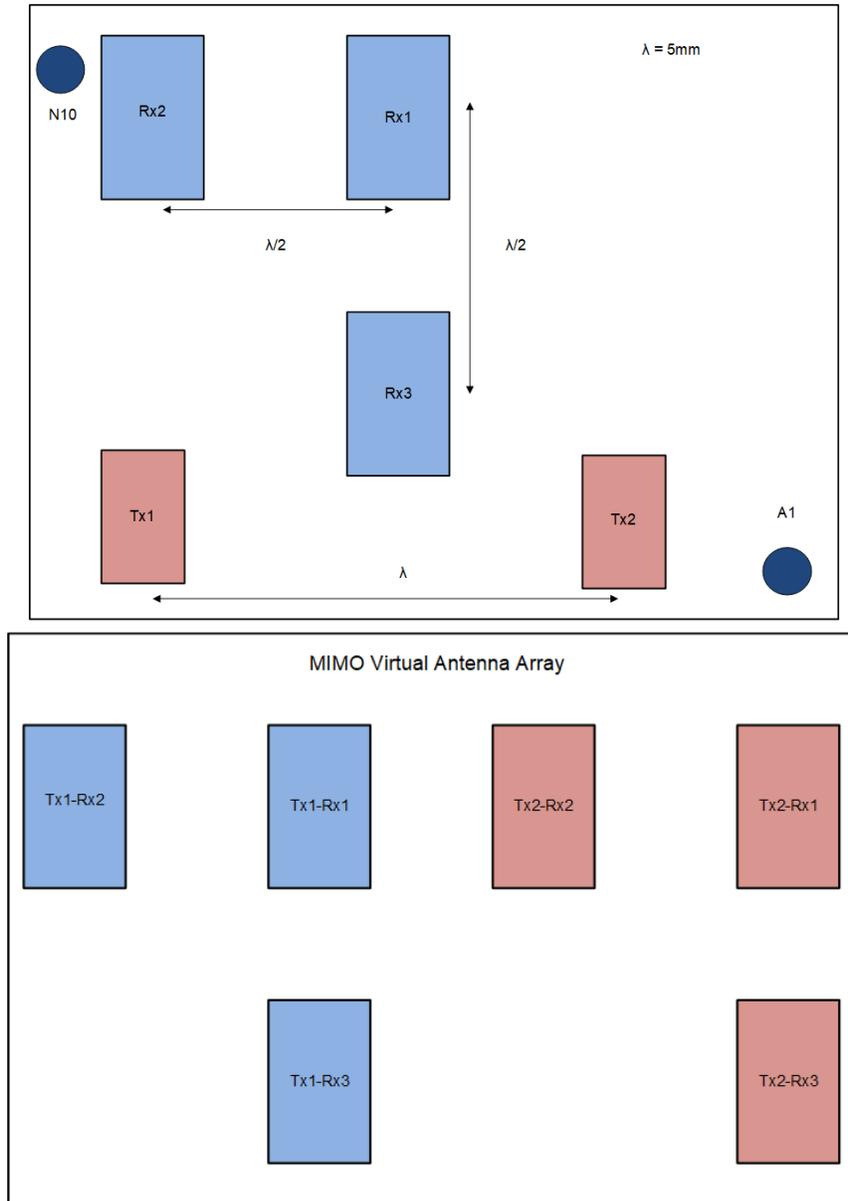


图 1-4. IWRL6432AOP 天线放置 MIMO 阵列

2 硬件

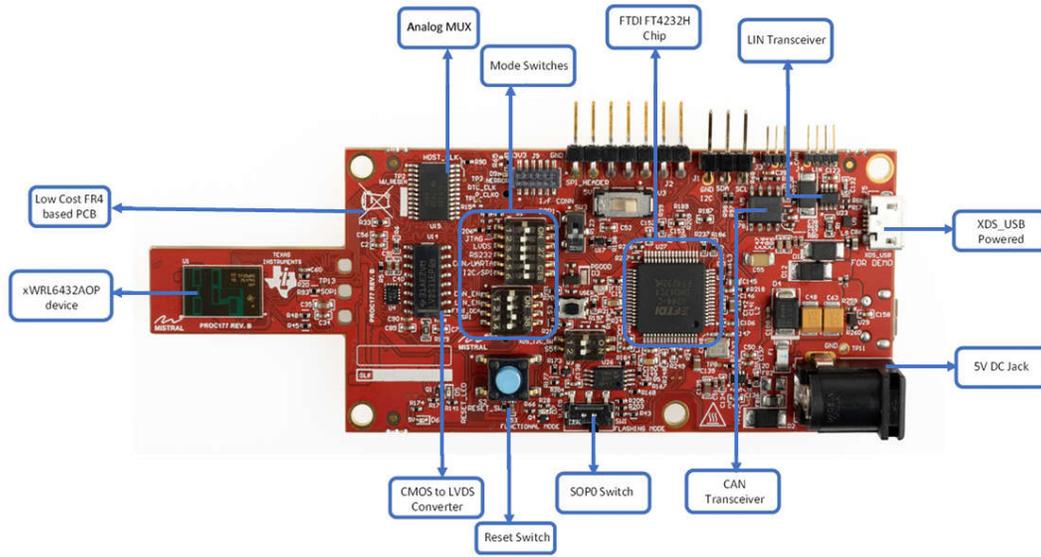


图 2-1. EVM 的显著特性 (顶面)

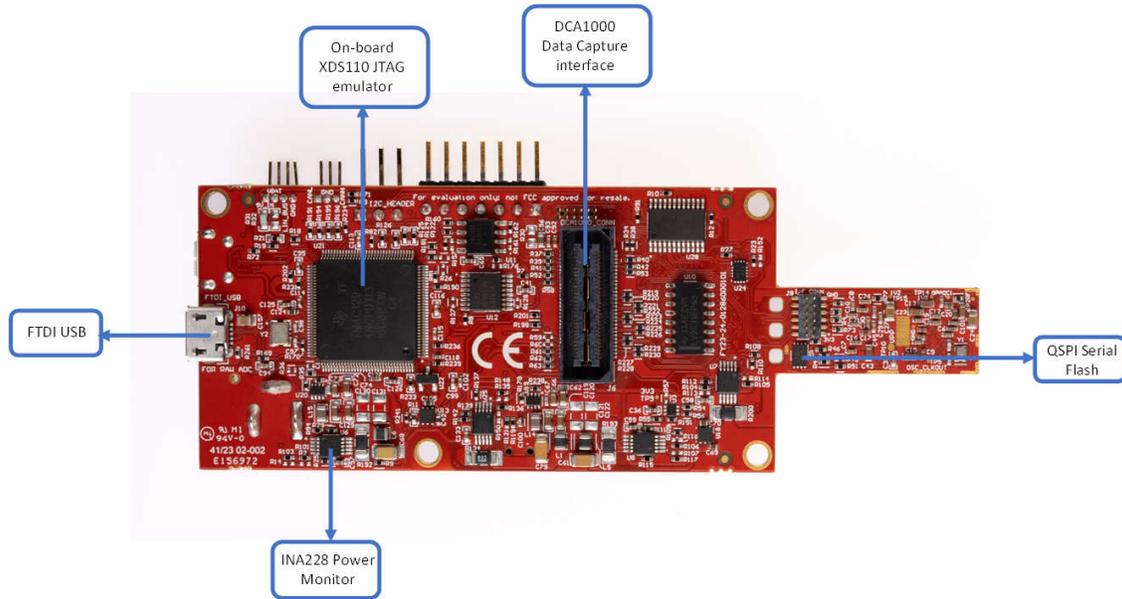


图 2-2. EVM 的显著特性 (底面)

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

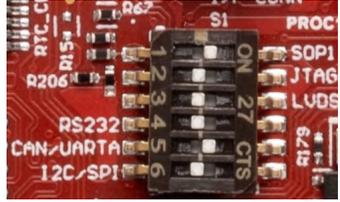
参考位号	使用	说明	图像
SW1	SOP0	在功能模式和刷写模式之间切换	 图 2-3. SW1 开关
S1.1	SOP1	关闭：刷写/功能模式 打开：调试模式	 图 2-4. S1 开关
S1.2	JTAG	关闭：XDS_JTAG 打开：DCA_JTAG	
S1.3	RDIF	关闭：RDIF 打开： LIN_RX、XDS_UARTA/CAN、NERROR_LED、 WATCH_DOG_TP、HOST_CLK_TP	
S1.4	RS232	关闭：XDS_RS232 打开：DCA_RS232	
S1.5	CAN/UARTA	关闭：CAN 打开：XDS_UARTA	
S1.6	I2C/SPI	关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

表 2-2. 开关信息 (续)

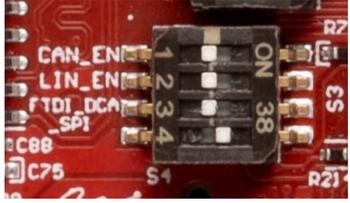
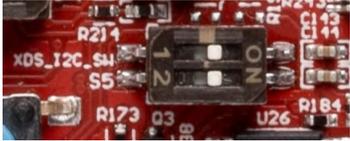
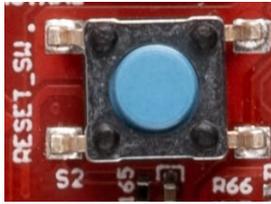
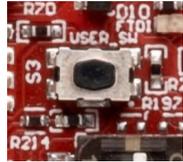
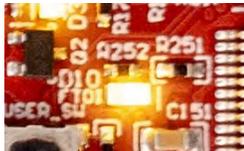
参考位号	使用	说明	图像
S4.1	CAN 使能	关闭：CAN PHY：待机模式禁用 打开：CAN PHY：待机模式启用	 <p>图 2-5. S4 开关</p>
S4.2	LIN 使能	关闭：LIN PHY：使能 打开：LIN PHY：禁用	
S4.3	FTDI/DCA SPI	关闭：FTDI_SPI 打开：DCA_SPI	
S5.1	XDS SDA	关闭：禁用 XDS_SDA 打开：XDS_SDA 启用	 <p>图 2-6. S5 开关</p>
S5.2	XDS SCL	关闭：XDS_SCL 禁用 打开：XDS_SCL 启用	
S2	RESET 开关	反跳开关	 <p>图 2-7. S2 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

参考位号	颜色	使用	说明	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	电源	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	如果毫米波传感器器件存在任何硬件错误，此 LED 将亮起。	 <p>图 2-15. D9</p>
D10	黄色	FTDI	如果 USB 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。

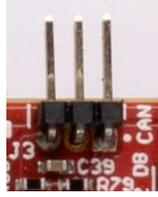


图 2-18. CANFD 连接器

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。

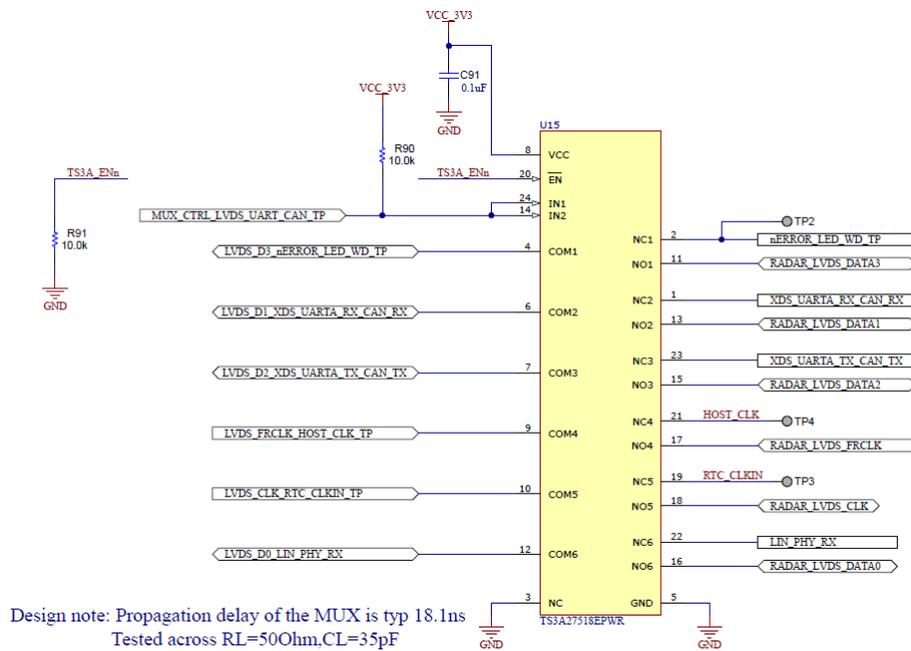


图 2-19. CAN PHY 开关的模拟多路复用器

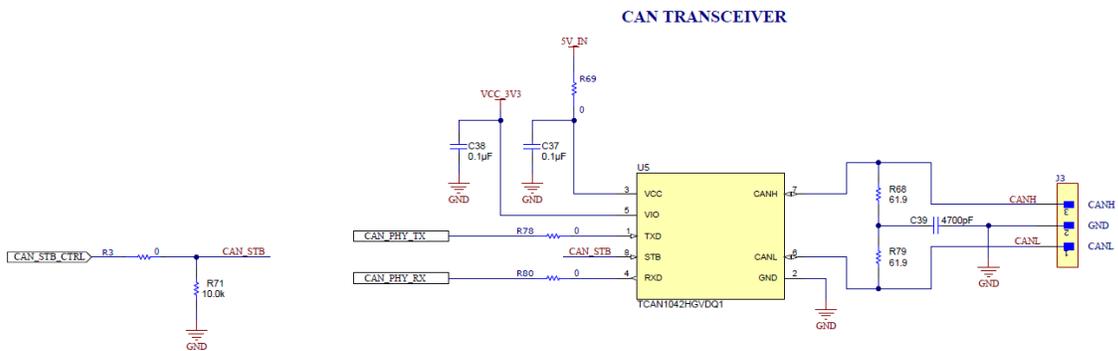


图 2-20. EVM 中使用的 CAN FD PHY

- 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; 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 2-24 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。

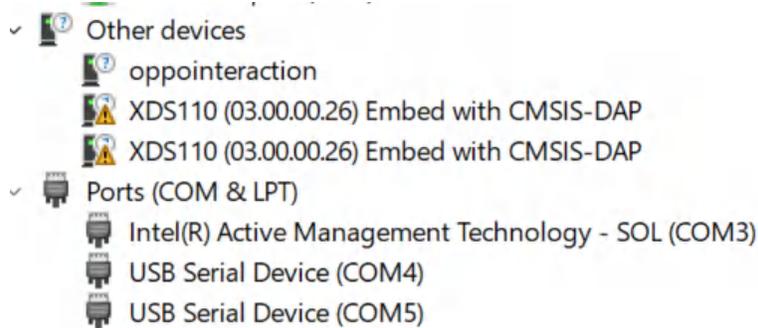


图 2-23. 安装 XDS 驱动程序前的虚拟 COM 端口

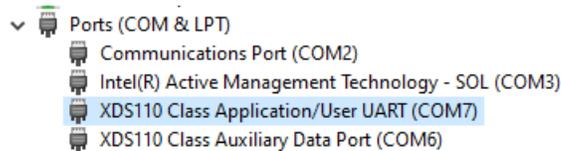


图 2-24. 安装 XDS 驱动程序后的虚拟 COM 端口

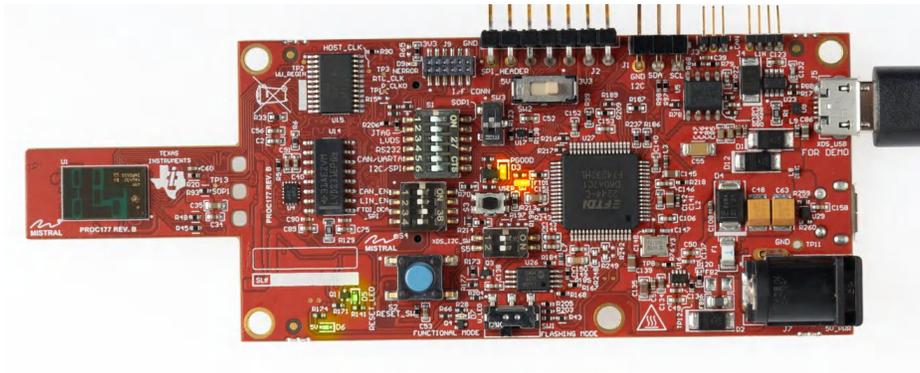


图 2-25. 在功能模式下独立运行的 EVM

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。

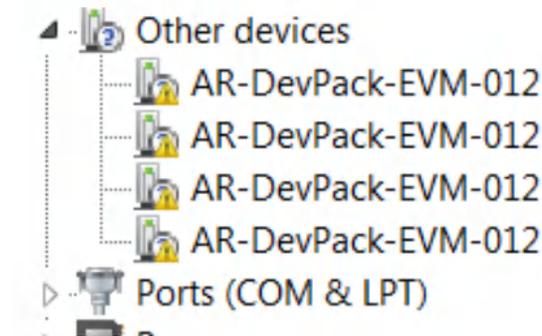


图 2-26. 未安装 FTDI 驱动程序

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。

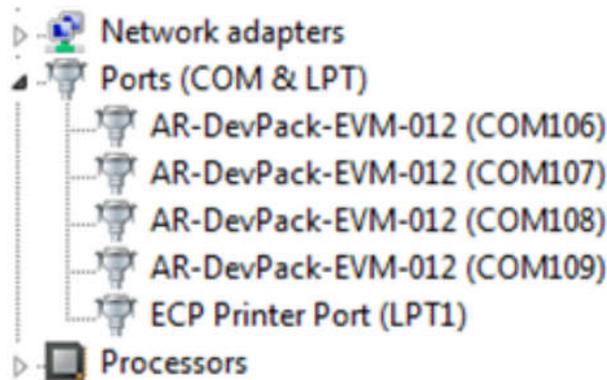


图 2-27. 已安装 FTDI 驱动程序

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。

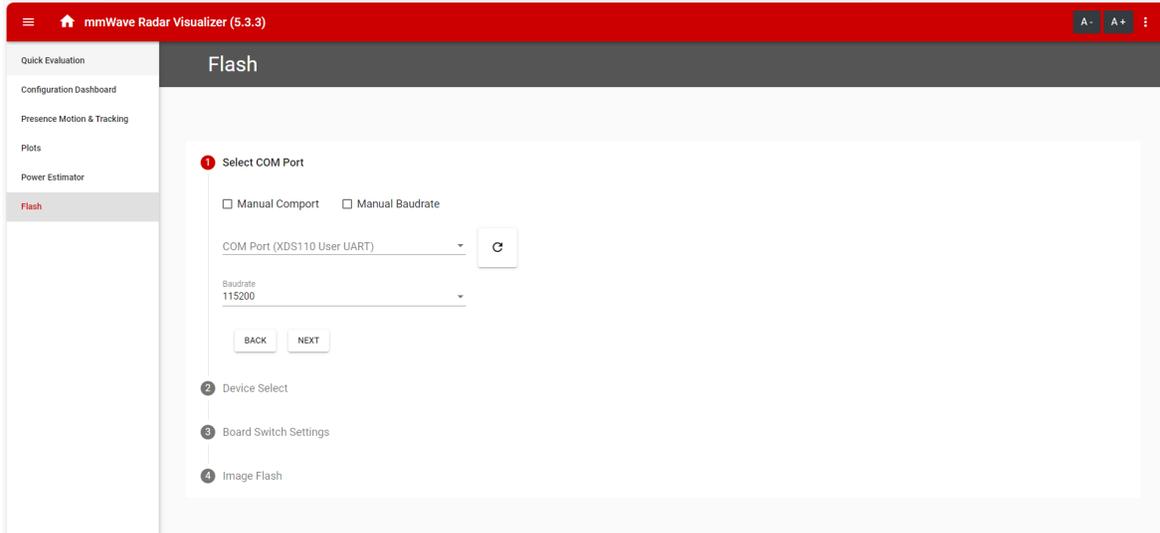


图 3-1. 可视化工具中的“Flash”选项卡

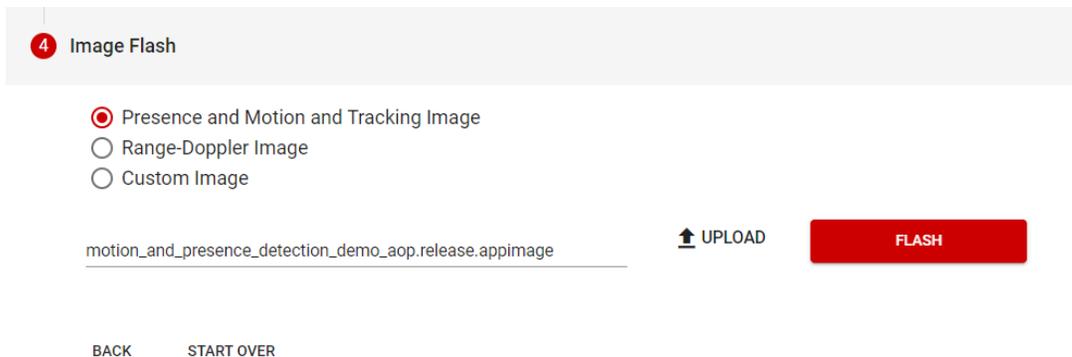


图 3-2. 开箱即用演示二进制应用程序

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，请访问 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。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。

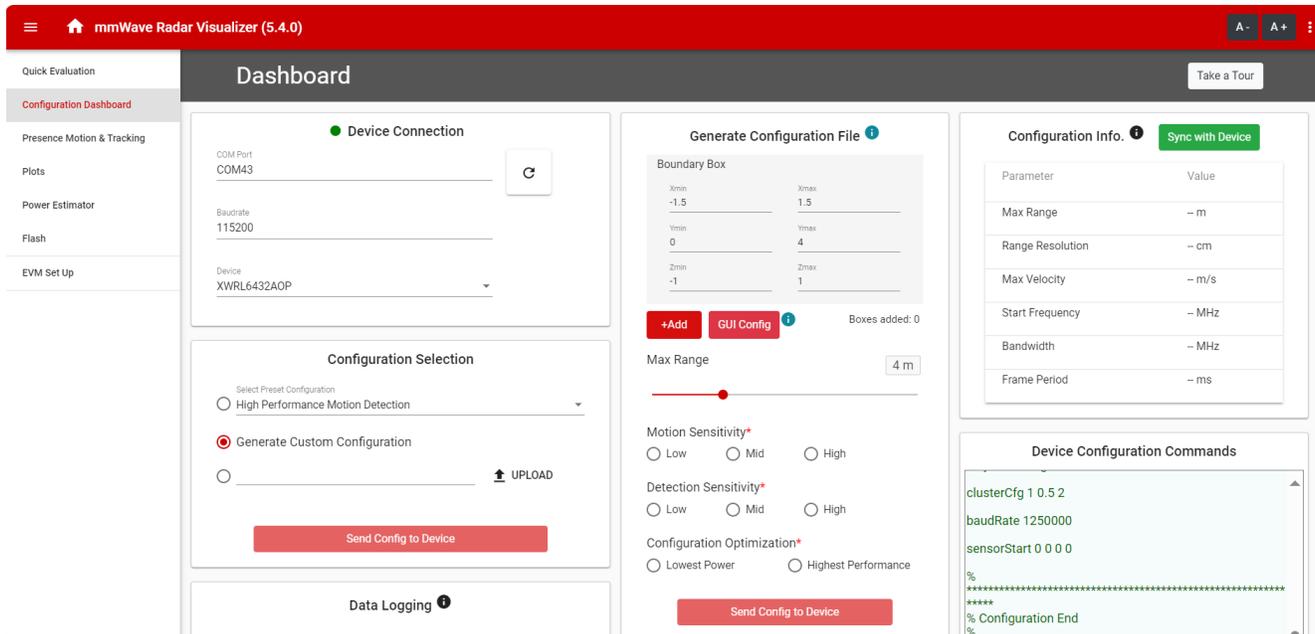


图 3-3. 配置仪表板



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。

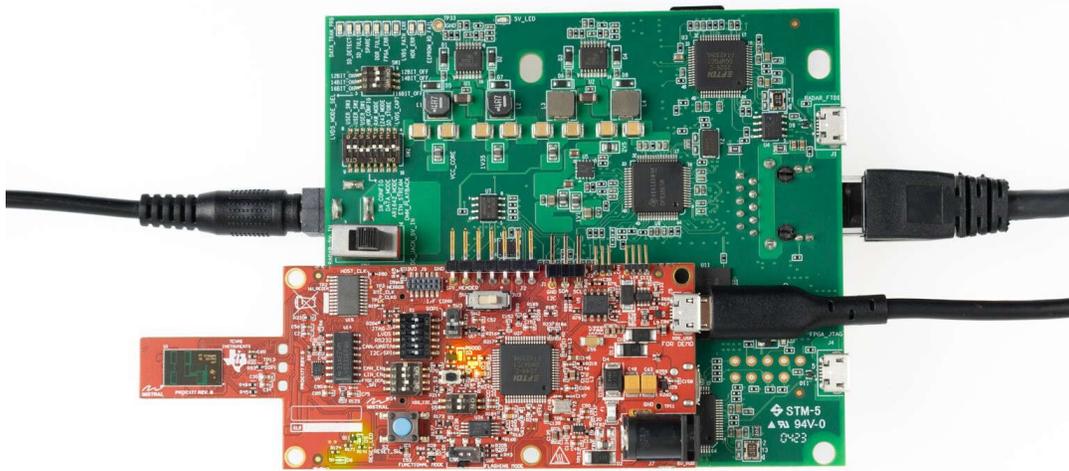


图 3-5. DCA1000EVM 模式 (顶视图)



图 3-6. DCA1000EVM 模式 (侧视图)

请参阅节 2.2.2，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。有关正确搬运的更多信息，请参阅 [SSYA010](#)。

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 其他信息

5.1 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。

6 相关文档

1. [xWRL6432BOOST 用户指南](#)
2. [IWRL6432AOP 数据表和勘误表](#)

7 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。

8 参考资料

1. [DCA1000EVM 数据采集卡用户指南](#)
2. [MMWAVE-L-SDK](#)

9 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 APRIL 1, 2024 to DECEMBER 31, 2024 (from Revision * (April 2024) to Revision A (December 2024))

	Page
• 删除了车内/汽车应用和参考.....	1
• 添加了禁止区域注释.....	4

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