

# 使用 60GHz 封装天线毫米波传感器的车内儿童检测和乘员检测参考设计

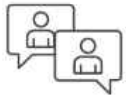


## 说明

本参考设计展示了如何使用 AWR6843AOP，后者是一款具有集成式天线的 60GHz 单芯片毫米波传感器。该传感器还具有集成的 DSP、MCU 和硬件加速器，可进行 FFT 处理。60GHz TI AWR6843 AOP 传感器可以帮助开发人员解决车内传感应用面临的各种问题，包括检测汽车两排座椅之间是否有儿童、安全带警告和入侵者检测等用例。其外形小巧，因此支持在后视镜周围的顶部控制台、顶篷内衬、B/C 柱和座椅等位置放置传感器。借助该器件，一级供应商和汽车制造商可以灵活地规划最终使用案例。

## 资源

<a href="#">TIDEP-01023</a>	设计文件夹
<a href="#">TIDEP-01001</a>	设计文件夹
<a href="#">AWR6843AOPEVM</a>	工具文件夹
<a href="#">AWR6843AOP</a>	产品文件夹



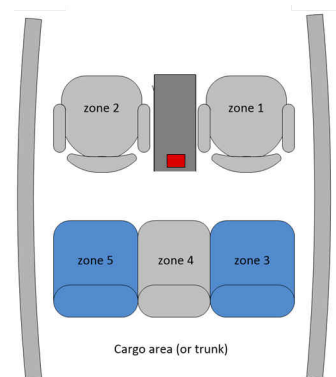
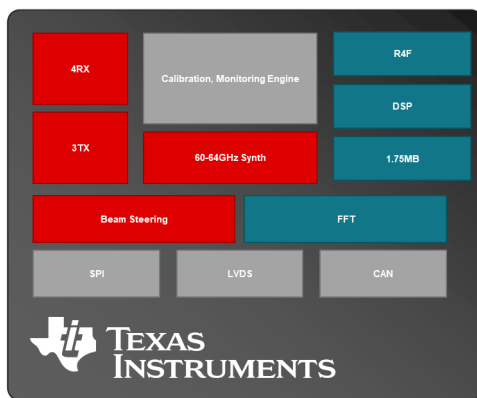
咨询我们的 TI E2E™ 支持专家

## 特性

- 使用 AWR6843AOP 进行多功能检测 ( 车内儿童检测、座椅占用检测和入侵检测 ) 的演示硬件和软件
- 车顶安装，能够在车内两排座椅之间进行检测，方位角和仰角视场均约为 120 度 ( 请参阅 [TIDEP-01001](#)，以了解侧装检测替代方法 )
- 使用集成的 HWA、DSP 和 R4F 进行板载 AWR6843 的点云检测信号处理

## 应用

- 车辆乘员检测传感器
- 驾驶员生命体征监测
- 手势识别



## 1 系统说明

当今的车辆需要有关车内乘员检测的可靠而稳定的信息。智能安全气囊部署系统、空调控制，以及检测是否有儿童和残疾人留在车内，这些都依赖于此类信息。TIDEP-01023 为使用 TI 的 AWR6843AOP 传感器创建车辆乘员检测应用提供了参考。TI 的 AWR6843AOP 传感器基于 60GHz 毫米波射频互补金属氧化物半导体 (RF-CMOS) 技术。TI 的毫米波传感器将 60GHz 至 64GHz 毫米波雷达前端与 ARM® 微控制器 (MCU) 和 TI DSP 内核集于一身，旨在实现单芯片系统。

该参考设计演示了 AWR6843AOP 在车辆乘员检测应用中的适用性。该设计实现了宽方位角和仰角视场 ( $\pm 60^\circ$ ) 以及近距离 (3m) 传感器配置，可以检测多个关注区域内的各种生命形态，并能够定位区域内乘员的特征。该参考设计在 TI EVM 模块上实现了使用 AWR6843AOP 器件生成方位角-距离和仰角-距离热图、检测和决策的算法。此外，还提供了所需的硬件、原理图和基础软件列表，便于快速开始开发车辆乘员检测产品。该设计还描述了示例用例以及在开发该应用时的设计原则、实现细节和所做的工程方面的权衡，提供了针对复制设计的概括性说明。

**表 1-1. 主要性能规格**

性能参数	配置
器件	AWR6843AOP
视场	水平 120°，垂直 120°
最大距离	2.7 m
距离分辨率	5.3 cm
最大速度	1.7m/s
速度分辨率	1.5cm/s

## 2 系统概述

### 2.1 方框图

#### 2.1.1 硬件方框图

TIDEP-01000 在 IWR6843 ISK EVM 上实现。请参阅图 2-1。该 EVM 通过通用异步收发器 (UART) 连接到主机 PC 以实现可视化。

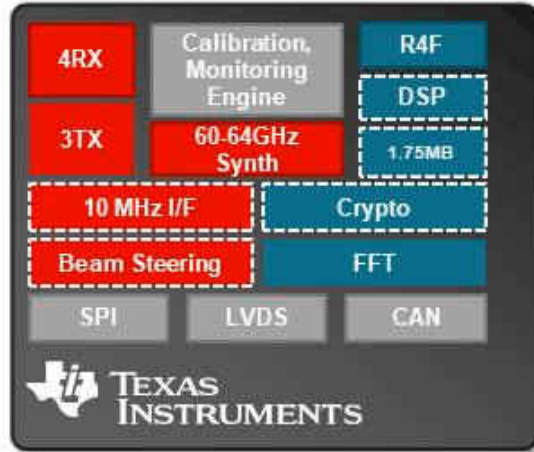


图 2-1. 硬件方框图

#### 2.1.2 软件方框图

##### 2.1.2.1 毫米波 SDK 软件方框图

毫米波软件开发套件 (SDK) 支持使用 AWR6843AOP SOC 和 EVM 来开发毫米波传感器应用。SDK 提供了基础组件，让最终用户可以专注于其应用。此外，SDK 提供了几个演示应用，作为将 SDK 集成到最终用户毫米波应用的指南。此参考设计是与 SDK 软件包分开安装的单独软件包，属于方框图中的应用部分。

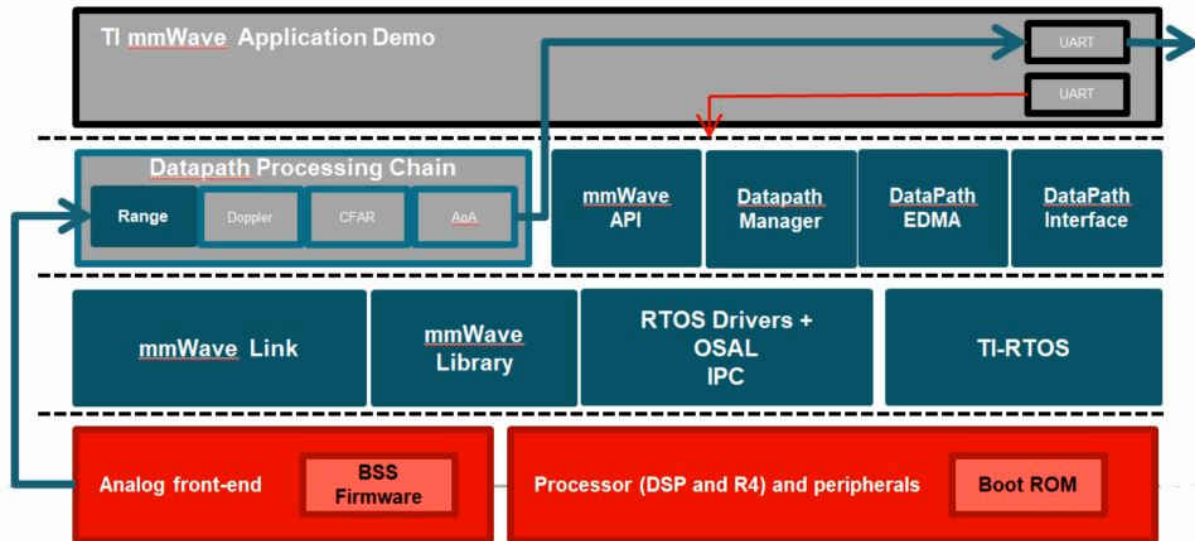


图 2-2. 毫米波 SDK 软件方框图

### 2.1.2.2 应用软件方框图

如图 2-3 中所示，AWR6843AOP 上应用演示的实现由在 C674x DSP 上运行的信号链以及在 ARM® Cortex®-R4F 处理器上运行的跟踪模块组成。

从本质上讲，该演示会执行两项操作：

1. 使用雷达数据生成点云，并且每个点均包含距离、方位角、仰角和信噪比 (SNR)
2. 根据定义的区域位置，从点云查找并确定座椅占用状态。

#### 处理概要：

- 距离处理：
  - 针对每根天线，执行 1D 窗口化和 1D 快速傅里叶变换 (FFT)
  - 距离处理与帧的有效线性调频脉冲时间交错。
  - 在 HWA 和 Cortex R4F 上实现
- Capon 波束形成 (BF)：
  - 静态干扰消除
  - 执行协方差矩阵生成、角谱生成和集成
  - 输出距离方位热图
  - 在 c674 DSP 上实现
- CFAR 检测算法：
  - 二次恒虚警率
  - 距离域中 CFAR-CASO 的第一次最小单元平均，经过角度域中 CFAR-CASO 的第二次最小单元平均确认，以找到检测点。
  - 在 c674 DSP 上实现
- 仰角波束形成
  - 再次针对在距离-方位角热图中检测到的每个点应用 Capon BF 算法
  - 生成一维仰角谱并以最强的信号作为检测到的角度
  - 在 c674 DSP 上实现
- 区域占用决策：
  - 在点云上运行
  - 将点云映射到车辆中的区域定义
  - 对于每个区域，将根据检测点数量、区域中这些检测点的质量以及之前的占用状态，更新占用状态决策。
  - 作为可视化工具的一部分在 PC 上实现

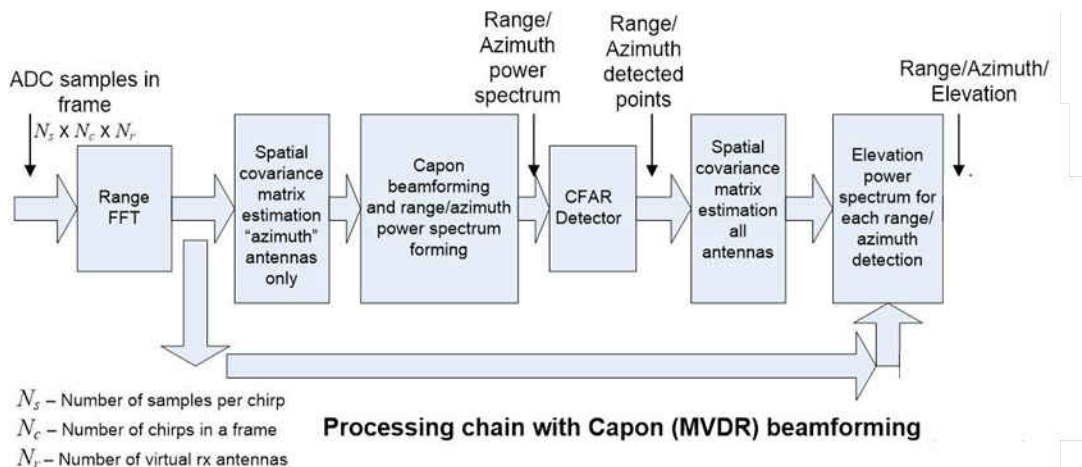


图 2-3. 应用方框图

## 2.2 主要产品

### 2.2.1 AWR6843AOP

AWR6843AOP 是一款集成式单芯片调频连续波 (FMCW) 传感器，工作频段为 60GHz 至 64GHz。该传感器采用 TI 的低功耗 45nm RFCMOS 工艺构建，并且在超小封装中实现了出色的集成度。AWR6843AOP 是适用于车内感应领域内的低功耗、自监控、超精确雷达系统的理想解决方案。

封装天线技术具有以下优势：

- 小巧的外形：PCB 上的天线会占用几乎约 30% 的布板空间。天线集成在封装中，可使传感器比传统传感器尺寸减小约 30%。这有助于轻松实现车辆集成。
- 更短的设计周期：开发人员无需花时间对天线参数进行仿真和表征。
- 更低的 PCB 成本：可选择基于 FR4 的低成本 PCB ( 而非基于 Rogers 材料的昂贵 PCB ) 进行设计。这样可以节省成本。

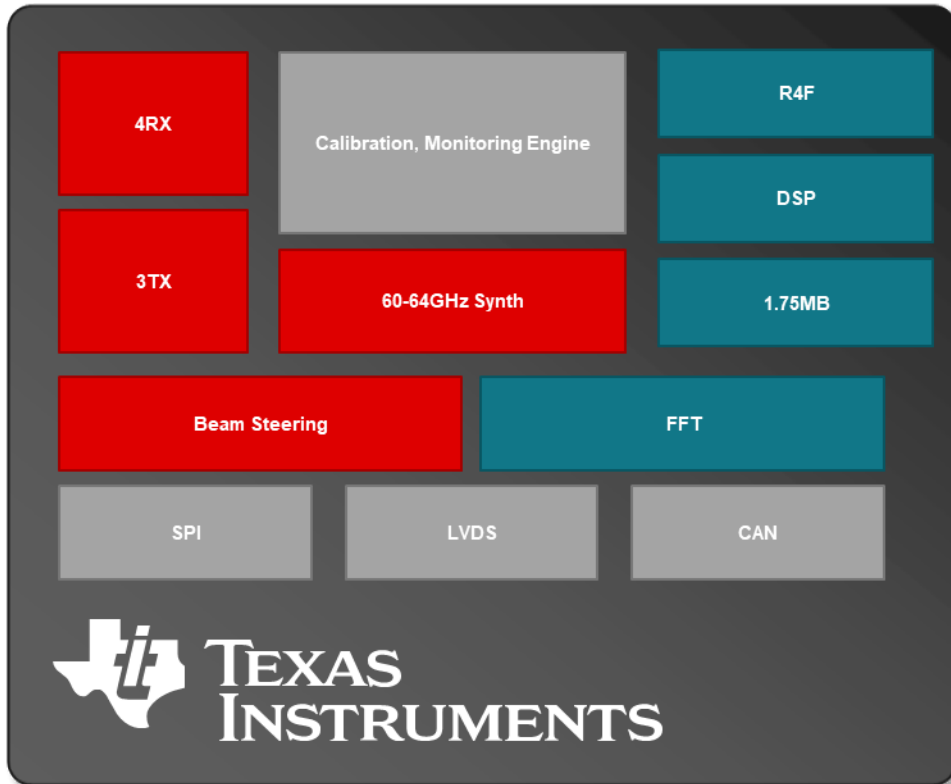


图 2-4. IWR6843 方框图

AWR6843AOP 具有以下特性：

- FMCW 收发器
  - 集成式 PLL、发送器、接收器、基带和 A2D
  - 60GHz 至 64GHz 的覆盖范围，具有 4GHz 的可用带宽
  - 四个接收通道
  - 三个发送通道
  - 基于分数 N PLL 的超精确线性调频脉冲 ( 时序 ) 引擎
  - TX 功率
    - 12dBm
  - RX 噪声系数
    - 12dB ( 60 至 64 GHz )
  - 1MHz 时的相位噪声
    - -92dBc/Hz ( 60 至 64 GHz )

- 内置校准和自检 ( 监控 )
  - 基于 ARM Cortex-R4F 的无线电控制系统
  - 内置固件 (ROM)
  - 针对频率和温度进行自校准的系统
- 用于 FMCW 信号处理的 C674x DSP
  - 片上存储器 : 1.75MB
- 用于物体检测和接口控制的 Cortex-R4F MCU
  - 支持自主模式 ( 从 QSPI 闪存加载用户应用 )
- 集成式外设
  - 具有 ECC 的内部存储器
  - 多达六个 ADC 通道
  - 多达两个 SPI 通道
  - 多达两个 UART
  - CAN 接口
  - I<sup>2</sup>C
  - GPIO
  - 用于原始 ADC 数据和调试仪表的双通道 LVDS 接口

### 2.2.2 毫米波 SDK

毫米波 SDK 是毫米波工程的基础软件组件，并包含以下这些更小的组件：

- 驱动器
- OSAL
- mmWaveLink
- mmWaveLib
- mmWave API
- 数据路径管理器
- BSS 固件
- 电路板设置和闪存工具包

如需更多信息，请参阅毫米波 SDK 用户指南。

## 2.3 系统设计原理

### 2.3.1 用例几何形状和传感器注意事项

AWR6843AOP 是一款基于雷达的传感器，将快速 FMCW 雷达前端与集成式 ARM R4F MCU 和 TI C674x DSP 相集成，用于高级信号处理。系统的主要性能参数受到以下方面的影响：发射信号的配置以及 RF 收发器的配置和性能、天线阵列的设计、可用内存和处理能力。

下面列出了相关的关键性能参数并附有简要说明：

- 最大距离 - 可检测到乘员的最大距离
- 距离分辨率 - 雷达区分两个物体所需的最小距离
- 最大速度 - 可检测的最大不模糊速度。如果物体的移动速度超过此值，测得的速度可能不正确
- 速度分辨率 - 雷达区分两个物体所需的最小速度差

为车辆乘员检测用例设计帧和线性调频脉冲配置时，请先考虑增加最大距离和速度上的距离分辨率和速度分辨率；物体之间的距离较短，因此各个定义的区域应保持相对静止。表 2-1 列出了车内传感应用中具有良好距离和多普勒分辨率以及存储器的示例线性调频脉冲配置。

表 2-1. 示例线性调频脉冲设计的性能参数

主要输入参数	
起始频率 (GHz)	60
最大距离 $R_{max}$ (m)	2.72
距离分辨率 (cm)	5.3
最大速度 (m/s)	1.7
速度分辨率 (m/s)	0.0154
空闲时间 ( $\mu$ s)	205
ADC 有效开始时间 ( $\mu$ s)	11
周期 (ms)	200
有效扫描带宽 (MHz)	2822
斜坡斜率 (MHz/ $\mu$ s)	97
采样频率 (MSPS)	2.2
每个线性调频脉冲的采样点数	64
斜坡结束时间 ( $\mu$ s)	41
线性调频脉冲循环数	220
活动帧时间 (ms)	162

### 2.3.2 低阶处理

这里在 AWR6843AOP EVM 上实现了车内顶篷感应的一个处理链示例。

处理链在 DSP 和 Cortex-R4F 上一同实现。表 2-2 列出了处理链中使用的若干物理存储器资源。

表 2-2. 存储器配置

段名称	配置的大小 (KB)	使用的存储器 (KB)	说明
L1D SRAM	16	16	第一层数据静态 RAM 是 DSP 的最快数据访问存储器，用于大多数适合本节内容的时间关键型 DSP 处理数据。
L1D 缓存	16	16	第一层数据缓存对访问配置为可缓存的任何其他段的数据进行缓存。LL2、L3 和 HSRAM 配置为可缓存。
L1P SRAM	28	28	第一层程序静态 RAM 是 DSP 的最快程序访问 RAM，用于大多数适合本节所述内容的时间关键型 DSP 程序。
L1P 缓存	4	4	第一层缓存对访问配置为可缓存的任何其他段的程序进行缓存。LL2、L3 和 HSRAM 配置为可缓存。
L2	256	2328	本地第二层存储器的访问延迟低于第三层，并且仅由 DSP 可见。该存储器用于信号处理链的大部分程序和数据。

表 2-2. 存储器配置 (continued)

段名称	配置的大小 (KB)	使用的存储器 (KB)	说明
L3	768	744	用于 DSP 访问的更高延迟存储器主要存储雷达立方体和距离方位角热图。它还用于存储无需高速执行的系统代码。
HSRAM	32	20	共享存储器缓冲区用于存储速度较慢的非运行时代码。

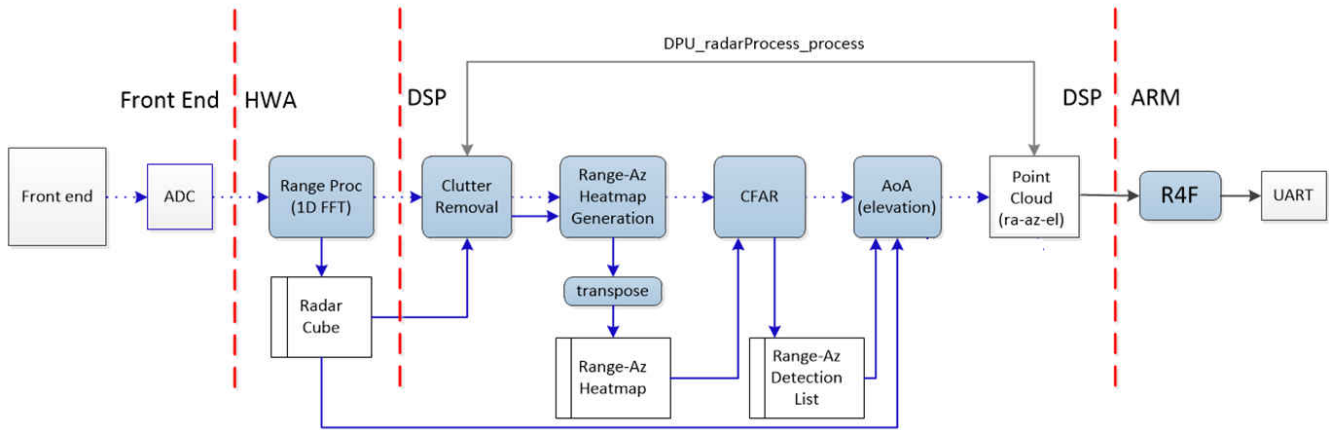


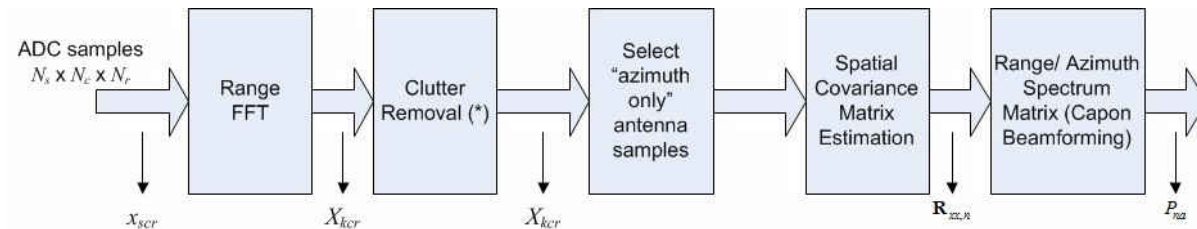
图 2-5. 处理链流：检测跟踪可视化

如图 2-5 中所示，信号处理链中车顶感应示例的实现由以下模块组成，这些模块在 DSP 和 Cortex R4F 上实现：在以下部分中，我们会将这个�过程拆分成以下多个更小的模块：

1. 利用 Capon BF 通过距离方位角热图实现的距离 FFT
2. 利用 CFAR 和高度估算值进行的物体检测

#### 利用 Capon BF 通过距离方位角热图实现的距离 FFT

- 如方框图中所示，原始数据由 1-D FFT 进行处理（距离处理），然后会对结果应用静态干扰消除。接着使用 Capon 波束形成技术来生成距离-方位角热图。下表对这个过程进行了详细说明。



$N_s$  - Number of samples per chirp  
 $N_c$  - Number of chirps  
 $N_r$  - Number of virtual receive antennas  
 $N_{rad}$  - Number of virtual azimuth antennas

图 2-6. 通过距离-方位角热图实现的距离 FFT

#### 距离处理

- 对于每根天线，采用 EDMA 将样本从 ADC 输出缓冲器移动到由 CortexR 控制的 FFT 硬件加速器 (HWA)，并执行 16 位定点 1D 窗口化和 16 位定点 1D FFT。EDMA 用于将输出从 HWA 本地存储器移动到第三层 (L3) 存储器中的雷达立方体存储空间。距离处理与帧的有效线性调频脉冲时间交错。所有其他处理在每个帧中发生，除非另有说明，否则在有效线性调频脉冲时间和帧结束之间的空闲时间期间执行。

#### 静态干扰消除



- 在帧的有效线性调频脉冲时间结束后，帧间处理便可以开始，并首先进行静态干扰消除。1D FFT 数据会针对单个虚拟 Rx 天线的所有线性调频脉冲取平均值。然后从虚拟 Rx 天线的每个有效线性调频脉冲中减去该平均值。这样可以从信号中消除静态信息，从而仅保留从移动物体返回的信号。具体公式为：

$$X_{nr} = \frac{1}{N_c} \sum_{c=1}^{N_c} X_{ncr} \quad (1)$$

$$X_{ncr} = X_{ncr} - X_{nr}$$

- 其中， $N_c$  = 线性调频脉冲的数量； $N_r$  = 接收天线的数量； $X_{nr}$  = 所有线性调频脉冲中单个接收天线的平均样本数； $X_{ncr}$  = 来自接收天线的单个线性调频脉冲样本的数量

### Capon 波束形成

- Capon BF 算法可以拆分为两个部分：1) 空间协方差矩阵计算以及 2) 距离-方位角热图生成。最终输出为距离-方位角热图及波束权重。该结果会传递至 CFAR 算法。
- 空间协方差矩阵的计算方式如下：
  - 首先，空间协方差矩阵可以估算为帧内线性调频脉冲平均值 ( $R_{xx,n}$ )，其中对于 ISK 为 8x8，而对于 ODS 则为 4x4：

$$R_{xx,n} = \frac{1}{N_c} \sum_{c=1}^{N_c} X_{nc} X_{nc}^H \quad (2)$$

$$X_{nc} = \left[ X_{nc1}, \dots, X_{ncN_r} \right]^T$$

- 其次，会对 R 矩阵施加对角加载，以确保稳定性

$$R_{xx,n} = R_{xx,n} + \alpha \frac{\text{tr}(R_{xx,n})}{N_r} I_{N_r} \quad (3)$$

### 距离-方位角热图生成

- 首先，距离-方位角热图  $P_{na}$  可以使用以下各个公式计算得出
- 下标表示方位筐中的值。

$$P_{na} = \frac{1}{a_a^H R_{xx,n}^{-1} a_a} \quad (4)$$

$$a_a = \left[ 1, e^{j\mu_a}, \dots, e^{j(N_r-1)\mu_a} \right]^T$$

$$\mu_a = 2\pi \frac{d}{\lambda} \sin(\theta_a)$$

- 在 AOP 天线方向图中，有两组天线可用于生成距离-方位角热图。本应用中按如下所示结合利用两组天线来得到最终的距离-方位角热图。其中， $P_{na1}$  表示使用公式通过第一组方位角天线矩阵生成的热图，而  $P_{na2}$  表示通过第二组方位角天线矩阵生成的热图。

$$P_{na} = P_{na1}^2 + P_{na2}^2 \quad (5)$$

### 利用 CFAR 和高度估算值进行的物体检测

- 利用在上述步骤中生成的热图，使用二次 CFAR 算法来生成距离方位角谱中的检测点。对于每个检测点，会应用 Capon 来生成一维仰角谱，后者用于确定检测点的仰角

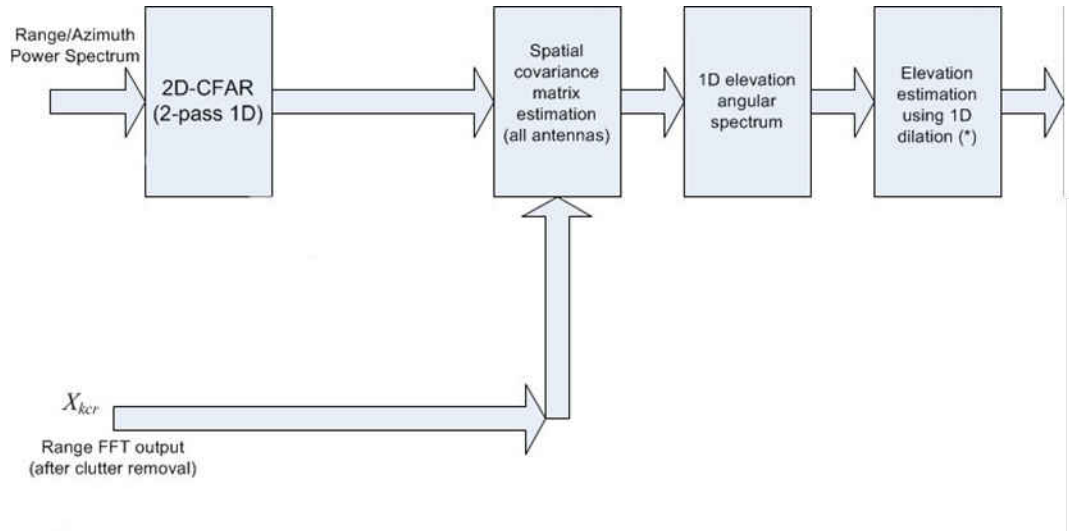


图 2-7. CFAR 和高度估算

### 对象检测

- 在距离方位角热图上使用二次 CFAR 算法来利用 CFAR 最小方法执行物体检测。第一次算法执行根据角度 bin 以及距离域来完成。角度域中的第二次算法执行用于确认来自第一次算法执行的检测结果。输出检测点列表储存在 L2 存储器中。

### 利用 Capon BF 估算高度

- 以每个检测点的方位角执行完整的二维 12 天线 Capon 波束形成。此过程按照可生成距离-方位角热图的步骤来实现。
  - 生成空间协方差矩阵
  - 生成一维仰角谱 (与热图类似)
- 然后, 会执行单个峰值搜索来查找每个点的仰角。这一步不会生成新的检测点。
- 空间协方差矩阵与之前类似, 其中输入基于检测

$$R_{xx,m} = \frac{1}{N_c} \sum_{c=1}^{N_c} X_{kc} X_{kc}^H \quad (6)$$

$$k = r_{det,m}$$

- 其中, 对角加载矩阵如下:

$$R_{xx,m} = R_{xx,m} + \alpha_2 \frac{\text{tr}(R_{xx,m})}{N_r} I_{N_r} \quad (7)$$

- 一维仰角谱如下所示

$$P_m = \frac{1}{a_m^H R_{xx,m}^{-1} a_m} \quad (8)$$

$$a_m = a(\mu_m, v_m) = a(\mu_m) \otimes a(v_m)$$

$$a(\mu_m) = \left[ 1, e^{j\mu_m}, \dots, e^{j(N_r-1)\mu_m} \right]^T$$

$$a(v_m) = \left[ 1, e^{jv_m}, \dots, e^{j(N_r-1)v_m} \right]^T$$

上述所有处理 (距离处理除外) 都发生在帧间时间内。DSP 完成帧处理后, 系统将结果写入 Cortex-R4F 的共享存储器 (L3/HSRAM), 以用作跟踪器的输入。

区域占用检测

- 此算法实现了本地处理并用于处理来自 DSP 的点云数据。它利用点云中每个点的距离、方位角、高度和 SNR，输出每个定义区域的占位决策。

表 2-3 列出了用于衡量 DSP 上所运行信号处理链的整体 MIPS 消耗的基准数据结果。剩余时间假定总帧时间为 50ms。

**表 2-3. MIPS 使用概要**

参数	已用时间 (ms)	加载 ( 假设帧时间为 200ms )
活动帧时间	158.76	79.4%
剩余帧间时间	41.24	20.6%
距离-方位角热图生成	2.18	1.09%
二次 CFAR	0.30	0.15%
高度估算	2.76	1.38%
区域分配 ( 目前未在 DSP 上运行 )	2.0 ( 估计 )	1%
占用状态机 ( 目前未在 DSP 上运行 )	1.0 ( 估计 )	0.5%
总活动帧间时间	7.24	3.62%
总时间	36.235	18.11%

### 2.3.3 高阶处理详细信息

#### 2.3.3.1 DPM 模型

该器件上的数据路由由数据路径管理器 (DPM) 负责。DPM 负责协调 R4F 和 DSP 上的处理工作。组跟踪器 (gtrack) 会在 Cortex R4F 上以单独的任务运行。Gtrack 封装在 DPU 中，因此可通过 DPM 进行初始化和配置。在运行时，gtrack 会在单独的任务中运行。此任务会在信标上挂起，而信标会在从 DSP 收到并储存点云时释放。这样一来，Cortex R4F 便可以在 UART 上发送数据或通过 HWA 处理 ADC 数据，而跟踪器会在前一帧的点云上运行。下文将 mss 中的主任务称为邮箱任务。

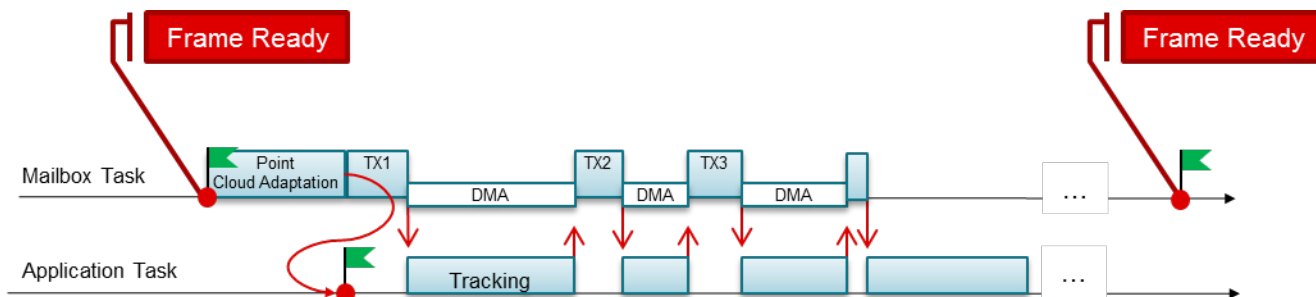


图 2-8. 高阶处理任务模型

#### 2.3.3.2 占位检测状态机

占位检测状态机是检查每个区域内的检测情况并对每帧作出“是”或“否”占位决策的处理过程。图 2-9 显示了每帧调用期间算法执行的步骤。

- 进入条件
  - 具有较大平均 SNR 的少量检测
  - - 或 -
  - 具有较小平均 SNR 的大量检测
- 保持条件
  - num 检测高于 SNR 阈值要求的情况
- 忘记条件
  - 超过不符合保持条件的帧数
- 过载条件
  - 高能级 ( 上车、下车或有人调整座椅 ) 这会导致所有区域状态被冻结，直到过载消除。

所有条件参数和阈值均可通过 CLI 界面进行配置。应用演示和状态机中使用的值不是最终值。建议持续地对状态机进行改进和定制，以根据应用需求对处理过程进行微调。

# Zone State Machine

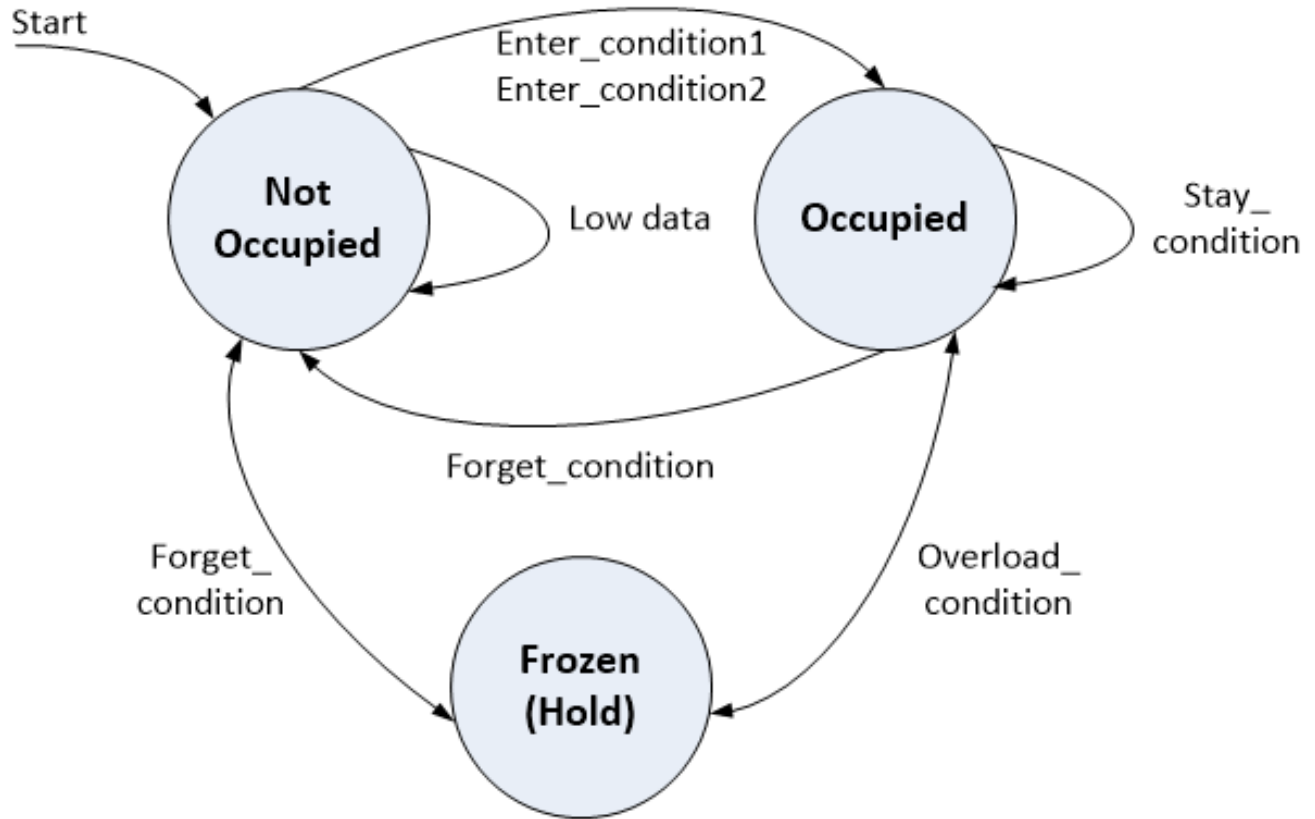


图 2-9. 区域状态机

## 2.3.4 通过 UART 输出

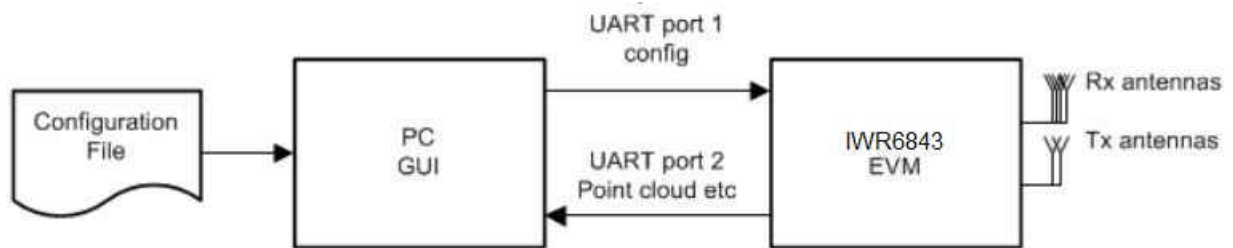


图 2-10. UART 通信

如图 2-10 中所示，示例处理链使用一个 UART 端口来从前端和信号处理链接收输入配置，并使用另一个 UART 端口来向外发送用于显示的处理结果。有关输入配置格式和输出结果格式的信息，请参阅软件包随附的信息。

## 3 硬件、软件、测试要求和测试结果

### 3.1 需要的硬件和软件

#### 3.1.1 硬件

车内感应应用在 AWR6843AOP EVM 上运行并通过 USB 连接到在 PC 上运行的可视化工具。有关该电路板用途的详细信息，请参阅 [AWR6843 评估模块 \(AWR6843ISKM\) 单芯片毫米波感应解决方案](#)。

AWR6843 核心设计包括：

- AWR6843 器件：具有集成式 DSP 的单芯片 60GHz 雷达器件
- 使用低压降线性稳压器 (LDO) 和电源管理集成电路 (PMIC) 直流/直流电源 (TPS7A88、TPS7A8101-Q1 和 LP87524B-Q1) 的电源管理网络

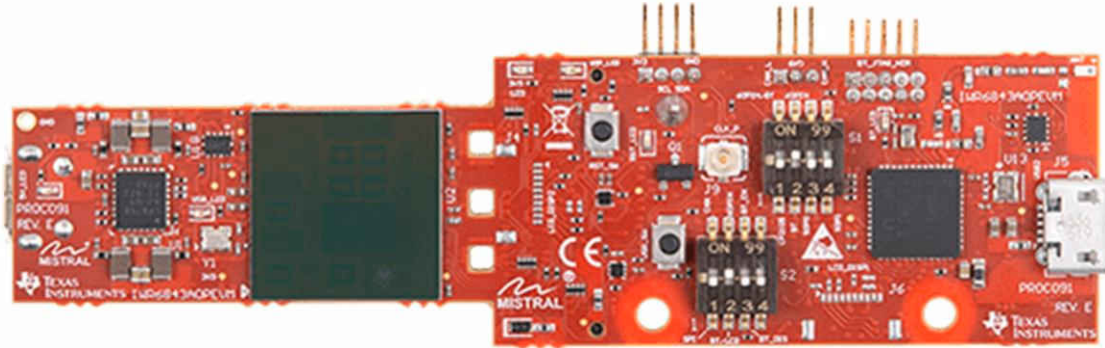


图 3-1. AWR6843 智能毫米波传感器封装天线 (AoP) 评估模块电路板图像

#### 3.1.2 软件

- 毫米波 SDK 可从[毫米波软件开发套件 \(SDK\)](#) 中下载。安装程序还将安装所有必需的工具组件。
- 从 TI Resource Explorer (TI-Rex) 上的 Automotive Toolbox 下载[顶置式车内乘员检测应用](#)软件。
- 有关如何运行预构建的二进制文件以及如何重新构建演示应用，请参阅 TI-Rex 中的用户指南。

## 3.2 测试和结果

本节讨论了车内儿童检测、车辆乘员检测以及入侵检测用例的测试情况。

### 3.2.1 测试设置

**传感器安装位置：**传感器安装在车辆顶篷中间、驾驶员和乘员座位间的中控台上方。

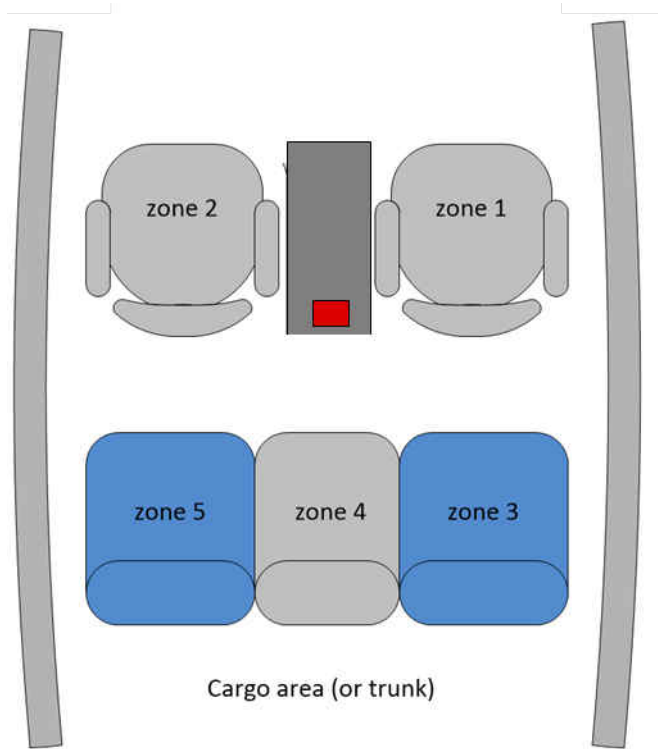


图 3-2. 传感器位置

**区域定义：**基于传感器的安装位置。这里测量了车辆内每个区域（座椅）位置的 XYZ 定义并更新到线性调频脉冲配置文件中。演示项目提供了每个用例的示例线性调频脉冲配置以及受支持的器件。这些文件位于演示的 /**chirp\_configs** 文件夹内。注意：安装位置和车辆几何形状各不相同，因此用户应当测量其测试设置的区域定义并更新到配置文件中。演示用户指南中提供了相关详细信息以及下载的软件。

### 3.2.2 测试结果

#### 车内儿童检测

为了模拟有儿童留在车内，这里在车辆内的各个不同位置放置了能够模拟呼吸的玩具娃娃。所测各个位置对应的结果如下所示：

区域位置	汽车座椅朝向	是否能检测到？
2	面向后方	是
3	面向前方	是
4	面向后方	是
5	面向前方	是
搁脚 3	不适用	是
搁脚 4	不适用	是
搁脚 5	不适用	是

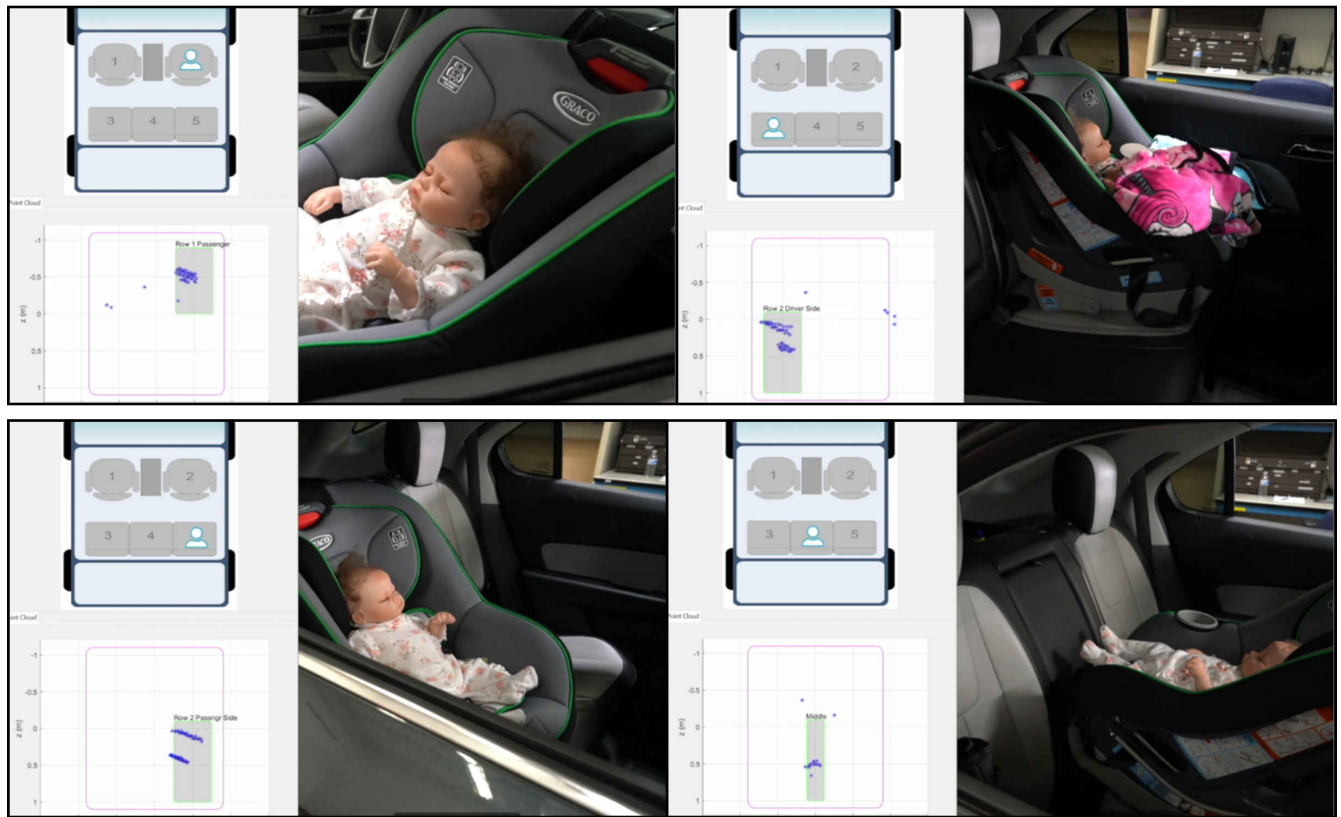


图 3-3. 车内儿童检测



### 座椅占用检测

这里针对 2 人和带有玩具娃娃的 3 人用例进行了测试。

针对车辆内两个不同的位置进行了 **2 名乘员** 测试。所测各个位置对应的结果如下所示：

位置对	是否能检测到？
1 和 2	是
3 和 4	是
1 和 4	是
2 和 3	是

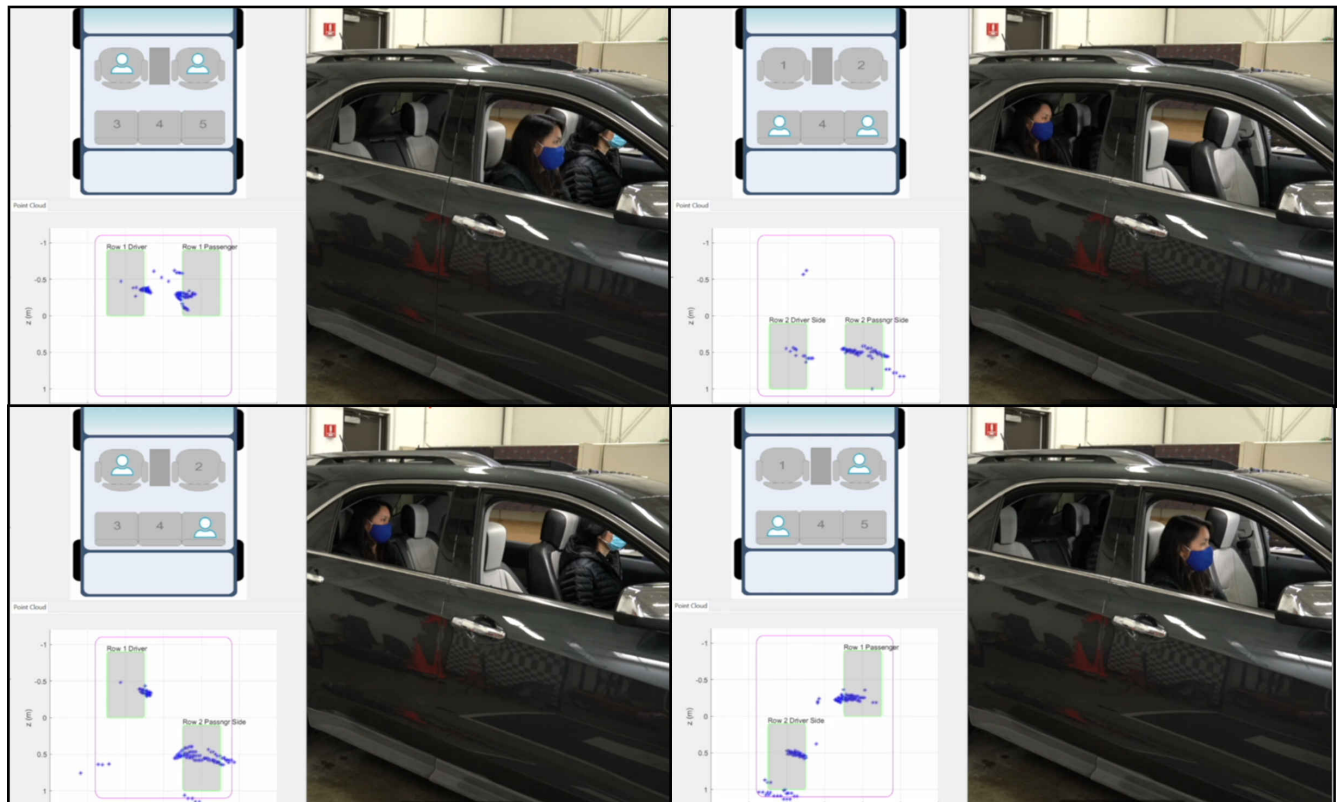


图 3-4. 两名乘员

在每名成人分别上车的情况下进行了**存在玩具娃娃的 3 名乘员**测试。测试结果如下：

动作序列	检测到的区域
A) 区域 3 存在成人且区域 5 存在玩具娃娃	区域 3 和 5
B) 区域 1 坐着另一个人	区域 1、3 和 5
C) 区域 2 坐着另一个人	区域 1、2、3 和 5
D) 区域 2 中的人下车	区域 1、3 和 5
E) 区域 1 中的人下车	区域 3 和 5
F) 区域 3 中的人下车	区域 5



图 3-5. 3 名乘员，存在玩具娃娃

在车内没人或没有儿童而只有书包等非生命物体的情况下进行了**入侵检测**测试。入侵区域定义在车门两侧。以下示例图像显示了入侵检测功能：

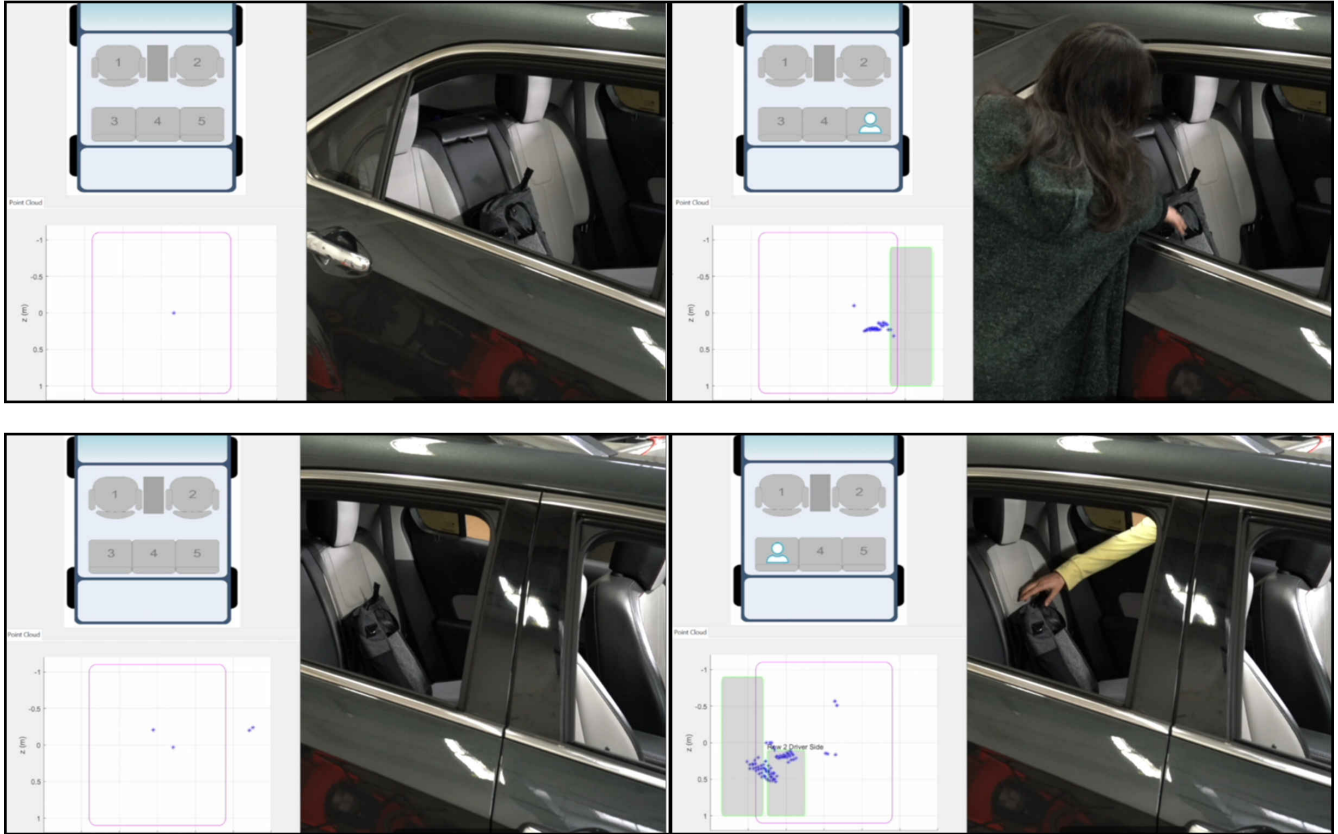


图 3-6. 入侵检测示例

## 4 设计文件

### 4.1 原理图

若要下载原理图，请参阅 [IWR6843](#) 中的设计文件。

### 4.2 物料清单

若要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [IWR6843](#) 中的设计文件。

### 4.3 Altium 工程

若要下载 Altium Designer® 工程文件，请参阅 [IWR6843](#) 中的设计文件。

## 5 软件文件

若要下载软件文件，请参阅 [IWR6843](#) 中的设计文件。

## 6 相关文档

1. 德州仪器 (TI)，[AWR6843AOP 数据表](#)
2. 德州仪器 (TI)，[AWR18xx/16xx/14xx/68xx 技术参考手册](#)
3. 德州仪器 (TI)，[毫米波 SDK](#)、工具文件夹
4. 德州仪器 (TI)，[顶置式车辆乘员检测装置](#)

### 6.1 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

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

Altium Designer® is a registered trademark of Altium LLC.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司