

Design Guide: TIDEP-01034

采用毫米波雷达的入门级盲点检测参考设计

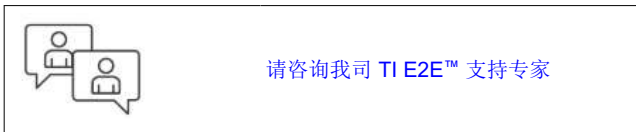


说明

本参考设计使用 [AWRL1432BOOST-BSD](#) 评估模块，为角雷达应用满足入门级盲点监测 (BSD) 要求奠定了基础。本设计可帮助用户在长达 120m 的距离内估算和跟踪物体的位置（在方位平面中）和速度。

资源

TIDEP-01034	设计文件夹
AWRL1432	产品文件夹
MMWAVE-L-SDK	产品文件夹
TCAN4550-Q1	产品文件夹

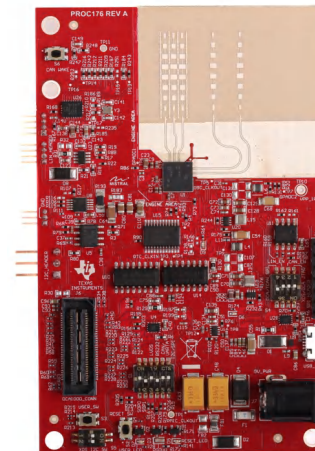
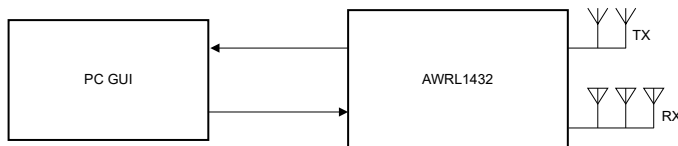


特性

- 使汽车制造商能够使用单芯片雷达传感器满足入门级盲点检测 (BSD) 要求
- 检测并跟踪最远 120 米处速度为 ± 144 千米/小时 (kmph) 的物体（如汽车和卡车）
- 天线方位角视场为 $\pm 60^\circ$ ，且方位角分辨率约为 20°
- 展示以下 AWRL1432 功能：
 - 数据压缩
 - 基于中国剩余定理实现最大速度扩展
 - 2D 跟踪
- 改进客户开发周期（例如硬件重新设计和软件开发工作）

应用

- 中等距离和短距离雷达



1 系统说明

车辆中的高级驾驶辅助系统 (ADAS) 除了使相对单调的驾驶行为更安全、更容易之外，还提供了生活质量和安全方面的优势。BSD 是一项主要安全功能，它可以观察汽车后角的区域，并提醒驾驶员在相邻车道上从后面驶来的车辆。该功能通过检测驾驶员在侧视镜中看不到的障碍物并在变道时防止碰撞，从而提高安全性。BSD 使用各种传感器来检测环境中的障碍物，并随着时间的推移跟踪位置和速度。

1.1 为什么使用雷达？

调频连续波 (FMCW) 雷达可以精确测量障碍物和其他车辆的距离和相对速度；因此，雷达非常适用于自动车辆应用（例如车道变换辅助 (LCA) 和后侧向来车警示 (RCTA)）以及汽车安全应用（自动制动和防撞）。雷达相对于摄像头以及基于光探测和测距 (LIDAR) 的系统的一个重要优势是：雷达相对不受雨、尘和烟等环境条件的影响。由于 FMCW 雷达传输特定信号（称为线性调频脉冲）并处理反射，因此 FMCW 雷达可以在完全黑暗以及明亮日光下工作（雷达不受眩光影响）。与超声波相比，雷达通常具有更远的距离和更快的信号传输时间。

1.2 TI 角雷达设计

TIDEP-01034 是一款入门级应用，其中 AWRL1432 器件配置用于角雷达应用以跟踪 120m 距离内的物体。

1.3 主要系统规格

此参考设计基于毫米波低功耗软件开发套件 (MMWAVE-L-SDK) 中的毫米波演示 (mmwave_demo) 处理链。该参考设计演示使用 BPM-MIMO 方案，包含雷达立方体压缩、最大速度扩展、动态干扰消除和组跟踪器等其他功能。

表 1-1. 主要系统规格

参数	规格	详细信息
最大距离 (m)	120	这是线性调频脉冲配置支持的最大距离，如 表 2-1 所示。给定物体的最大可检测距离取决于物体的雷达横截面 (RCS)
距离分辨率 (m)	0.94	这是通过 表 2-1 中所示的线性调频脉冲配置可以区分的两个单独目标的最小距离差。基于 4GHz 带宽，AWRL1432 的理论可实现分辨率为 3.75cm。
最大速度 (kmph)	±144	这是采用中国剩余定理在交替帧上获得扩展的最大速度。
速度分辨率 (kmph)	1.13	该参数表示雷达传感器区分处于相同距离但以不同速度移动的两个或多个物体的能力。
方位角分辨率 (度)	20	这是基于虚拟阵列孔径的原生方位角分辨率

2 系统概述

2.1 方框图

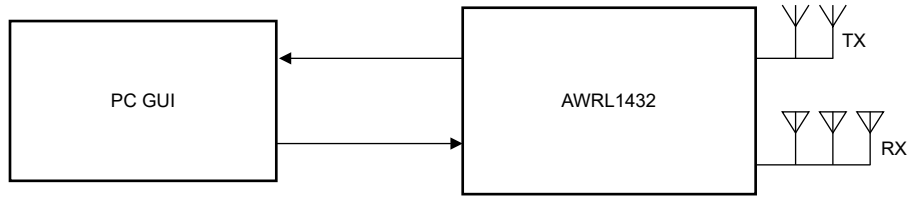


图 2-1. 入门级盲点检测系统方框图

2.2 设计注意事项

当今的入门级 BSD 传感器通常需要一个雷达传感器来检测和跟踪在距离传感器最多 120m 处以 130kmph 的速度移动的车辆。为了满足这些要求，AWRL1432BOOST-BSD 使用了额外增益为 13dB 的高增益天线，从而将最大检测距离增加到 120m。此外，该演示实现了帧重新配置，用于在射频前端运行交替的“慢速”帧和“快速”帧。这种交替模式可实现最大速度扩展特性，以检测高达 $\pm 144\text{kmph}$ 的速度。

目前，一些汽车架构需要为每个 BSD 传感器提供两个 CAN-FD 接口，以便彼此通信以及与中央 ECU 通信。AWRL1432BOOST-BSD 包括一个集成式 CAN-FD 收发器 (TCAN4550-Q1)，可作为需要第二个 CAN-FD 的系统设计的参考。TCAN4550-Q1 通过 SPI 在 CAN 总线和 AWRL1432 之间提供了一个接口。

2.3 主要产品

2.3.1 AWRL1432 单芯片雷达解决方案

TI 的 AWRL1432 是一款能够在 76GHz 至 81GHz 频带中运行且采用 FMCW 雷达技术的集成式单芯片低功耗 77GHz 毫米波传感器。该器件分为四个主电源域，并根据用例要求对每个状态进行单独控制：

- 射频/模拟子系统
- 前端控制器子系统 (FECSS)
- 应用子系统 (APPSS)
- 硬件加速器 (HWA)

此外，AWRL1432 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。该器件包含两个发送器和三个接收器，并带有分数 N 锁相环，可实现高精度和线性调频脉冲合成。基于实际的基带架构，该器件支持 5MHz 的中频带宽。Arm® M4F® 内核、TI 雷达硬件加速器 (HWA 1.2) 和 1MB 片上 RAM 的存在可实现定制算法开发。

2.3.2 AWRL1432BOOST-BSD 评估模块

该 AWRL1432BOOST-BSD EVM 具有以下特性：

- AWRL1432 雷达器件
- 板载天线 (两个发送器和三个接收器)
- XDS110 JTAG 接口具有 USB 连接功能，可用于代码开发和调试
- 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
- 板载 SPI 转 CAN-FD 转换器 (TCAN4550-Q1)
- 板载 LIN PHY 收发器
- EVM 被设计为 Booster Pack，可与其他 LaunchPad EVM 连接
- 板载 16Mbit QSPI 闪存
- 为电路板供电的 12V 电源插孔

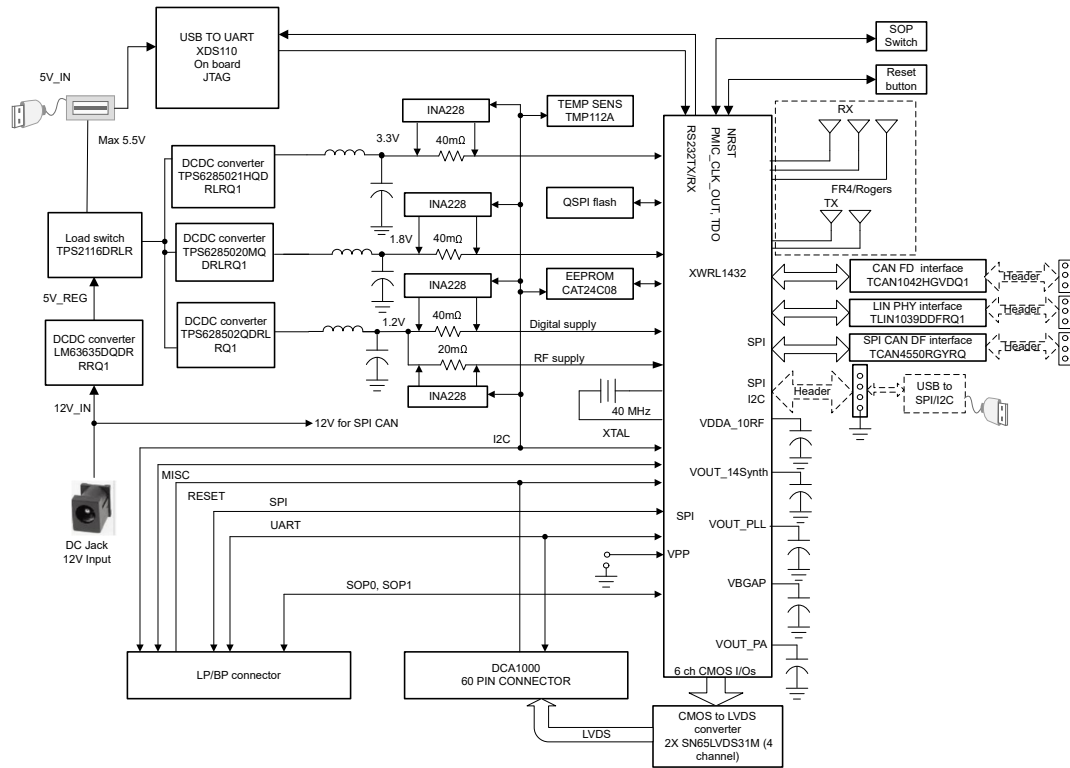


图 2-2. AWRL1432BOOST-BSD 方框图

有关硬件的更多详细信息，请参阅 [EVM 用户指南：xWRL1432BOOST-BSD](#)。原理图和设计数据库可在以下文档中找到：[xWRL1432BOOST-BSD 设计数据库文件](#)和 [xWRL1432BOOST-BSD 原理图、组装和 BOM 文件](#)。

2.3.3 TCAN4550-Q1 集成式 CAN-FD 控制器和收发器

TCAN4550-Q1 是带有集成式 CAN FD 收发器的 CAN FD 控制器，支持高达 8Mbps 的数据速率。此 CAN FD 控制器符合 ISO11898-1:2015 高速控制器局域网 (CAN) 数据链路层的规范，并满足 ISO11898 - 2:2016 高速 CAN 规范的物理层要求。

TCAN4550-Q1 通过串行外设接口 (SPI) 在 CAN 总线和系统处理器之间提供了一个接口，同时支持经典 CAN 和 CAN FD，从而为不支持 CAN FD 的处理器实现端口扩展或 CAN 支持。该器件提供 CAN FD 收发器功能：传输到总线的差分传输能力和从总线接收的差分接收能力。

为了保证器件和 CAN 总线的稳健耐用性，TCAN4550-Q1 包括很多保护特性。这些特性包括失效防护模式、内部显性状态超时、宽总线工作范围和超时看门狗，等等。

2.4 系统设计原理

2.4.1 天线配置

TIDEP-01034 使用三个接收器和两个发送器，请参阅 图 2-3。

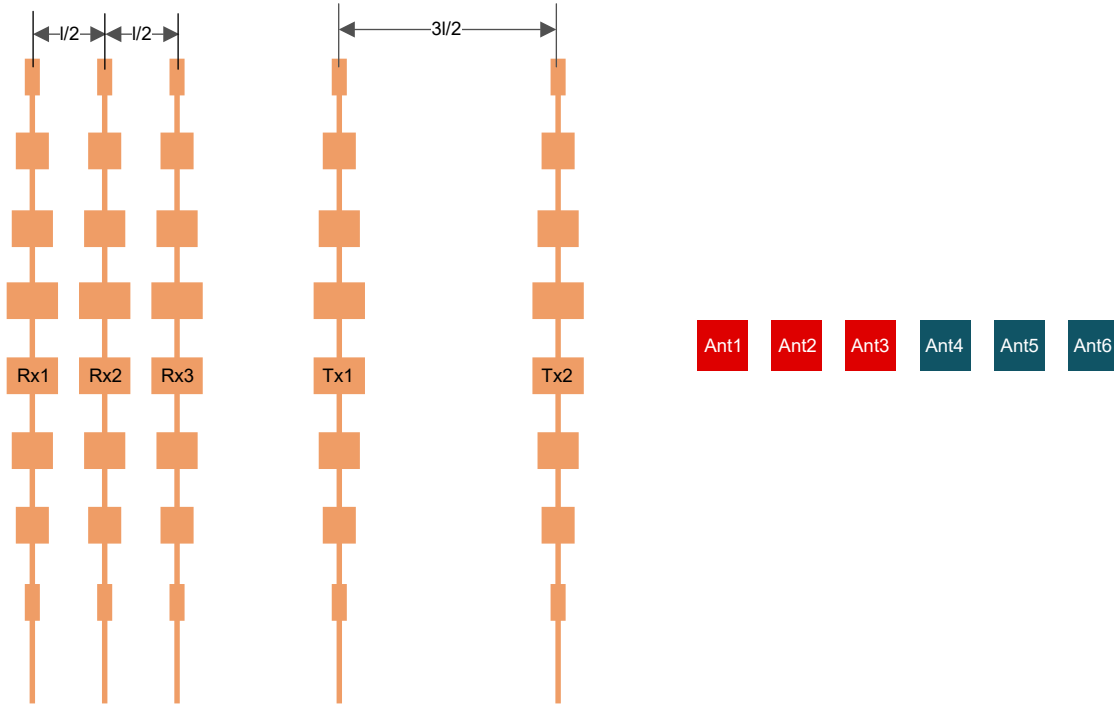


图 2-3. 天线配置

2.4.2 线性调频脉冲配置和系统性能

为了实现特定的入门级 BSD 用例以及 AWRL1432 的最大检测距离 120m 和内存可用性，使用了表 2-1 中的线性调频脉冲配置。帧重新配置用于该应用，其中射频前端在运行时期在交替的“慢速”帧和“快速”帧之间进行重新配置，以启用最大速度扩展特性。

表 2-1. 线性调频脉冲配置

参数	配置
空闲时间 (μs)	12.1 (慢速)、6.9 (快速)
ADC 开始时间 (μs)	2.96
斜坡结束时间 (μs)	23.4
ADC 样本数	256
频率斜率 ($\text{MHz}/\mu\text{s}$)	6.7
MIMO	BPM, 2 TX 图形
每条曲线的线性调频脉冲数	256
有效线性调频脉冲时间 (μs)	35.5 (慢速)、30.3 (快速)
带宽 (MHz)	237.9 (慢速)、203.0 (快速)
帧长度 (ms)	50

表 2-2. 系统性能参数

参数	规格
距离分辨率 (m)	0.94
最大距离 (m)	120
最大速度 (kmph)	144

备注

表 2-1 和表 2-2 中的配置和参数基于当前应用版本(profile_120m_40mpsec_bsdevm_16tracks.cfg)，但不受器件限制。

2.4.3 数据路径

图 2-4 中的方框图展示了入门级 BSD 应用的处理数据路径。

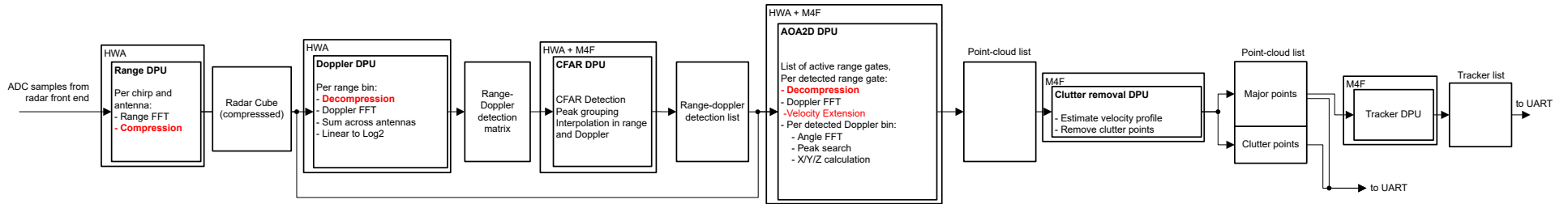


图 2-4. BSD 处理数据路径流程

2.4.4 线性调频脉冲时序

图 2-5 展示了系统中的线性调频脉冲时序和后续处理。

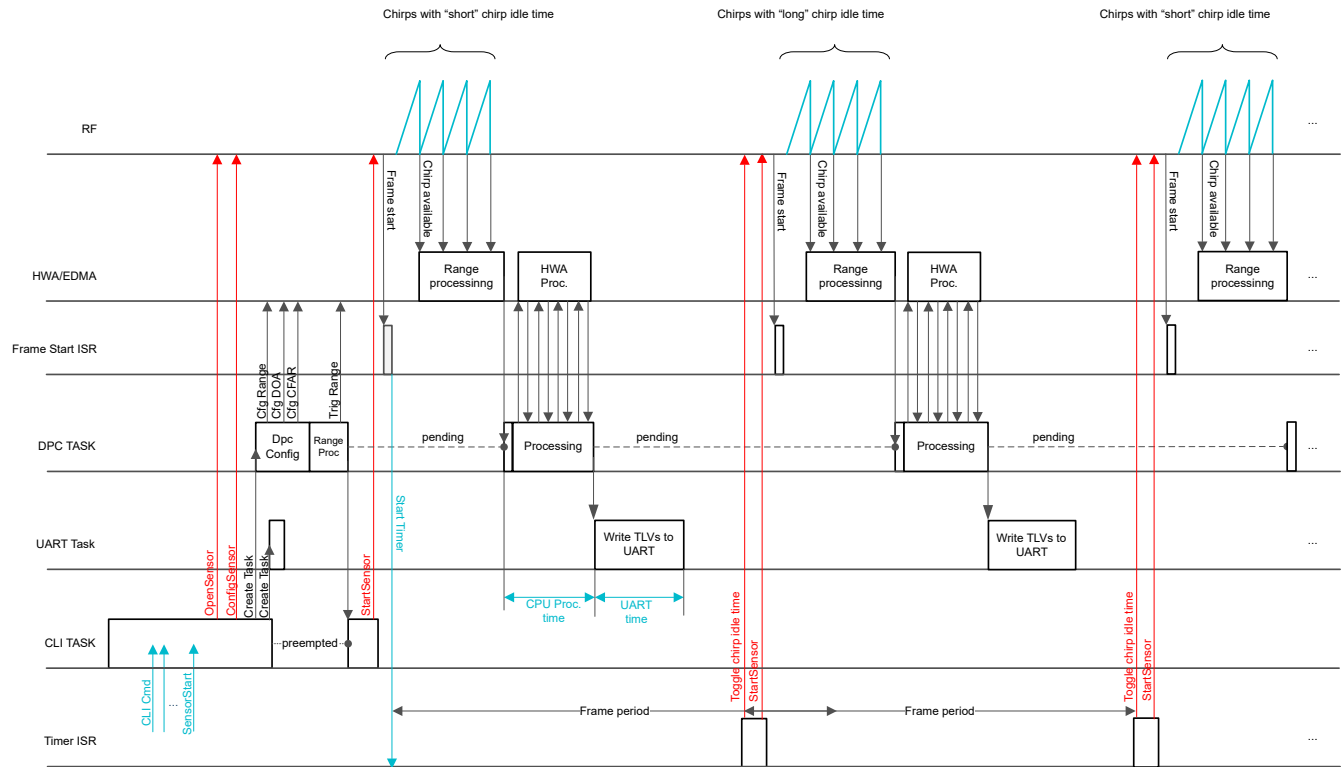


图 2-5. 线性调频脉冲时序序列

通过使用 BPM-MIMO 方案，在雷达前端进行线性调频脉冲采集。由于实现了 BSD 演示中的最大速度扩展特性（其依赖于帧与帧之间不同的线性调频脉冲持续时间），因此线性调频脉冲持续时间（“短”和“长”）会随每一帧重新配置。

从线性调频脉冲采集到点云和跟踪器输出，数据路径处理的核心分为以下数据处理单元 (DPU)：

- 距离 DPU
- 多普勒 DPU
- CFAR DPU
- 2D 到达角 (AoA2D) DPU
- 干扰消除 DPU
- 组跟踪器 DPU

采集发生时，距离 DPU 在采集过程中并行对每个天线和线性调频脉冲执行 1D FFT，压缩输出，并将输出作为压缩雷达立方体存储在内存中。

接下来，多普勒 DPU 解压雷达立方体（一次一个距离区间），并且对于每个区间，通过执行多普勒 FFT 来计算速度信息。将各个距离区间的所有虚拟天线的多普勒 FFT 幅度相加，形成一个距离多普勒检测矩阵。这是在硬件加速器 (HWA) 中完成的。

在此之后，CFAR DPU 计算并交叉检查距离和多普勒维度的检测点。然后，AoA2D DPU 执行最大速度扩展算法，将检测点的速度扩展到奈奎斯特限制之外，并生成笛卡尔格式的点云列表。这些 DPU 同时利用 HWA 和 M4F 来实现这一目标。

最后，干扰消除 DPU 删除识别为静态路边干扰的检测点，组跟踪器 DPU 根据点云数据执行物体跟踪。最终的点云列表和跟踪器列表均通过 UART 传输。

有关应用流程和处理的更多详细信息，请参阅 [毫米波低功耗软件开发套件 \(MMWAVE-L-SDK\)](#)。

2.4.5 内存分配

备注

可以在映射文件中找到 BSD 演示存储器使用。

创建了两个内存堆，一个在本地内核存储器中，另一个在共享 L3 存储器中，占用 APPSS 的 256KB 共享内存和 HWASS 的 160KB 共享内存。共享内存的使用取决于配置。在启动时，在接收到 CLI 命令并完成配置后，将在控制台上打印出这两个堆的内存使用。从本地内核存储器为组跟踪算法分配缓冲区。

此 SDK 版本提供的 CLI 配置文件 profile_120m_40mpsec_bsdevm_16tracks.cfg 的内存堆使用情况如表 2-3 所示。

表 2-3. CLI 配置的内存堆使用

内存堆阵列	使用	大小 (位)	已用	免费
共享 L3 存储器	雷达立方体、检测矩阵	425984	263056	162928
本地内核存储器	处理链数据	23552	10384	13168
本地存储器缓冲区	跟踪器	49152	19968	29184

2.4.6 帧重新配置

在启动期间，BSD 演示处理链的时序图和前两帧的时序图如图 2-5 所示。BSD 演示处理链与典型的 SDK 处理链在帧触发方式上不同。在典型的 SDK OOB 演示处理链中，射频前端设置为无限的帧编号序列，并且射频根据给定的帧周期来驱动帧。相反，在该处理链中，仅针对一个帧配置射频前端，RTOS 计时器设置为给定的帧速率。

在 RTOS 计时器 ISR 执行时，射频前端会被重新配置并初始化，以每次运行一帧。因此，每隔一个帧，线性调频脉冲空闲时间就会切换，导致“慢速”帧和“快速”帧交替出现。这种交替表示最大速度扩展特性运行所需的行为。

2.4.7 Vmax 扩展

根据传递给器件的配置参数，器件能够检测范围为 $-V_{max}$ 至 $+V_{max}$ 的速度，其中 V_{max} 由以下公式定义：

$$V_{max} = \frac{\lambda}{4(T_{IdleTime} + T_{RampEndTime})N_{TxAnt}} \quad (1)$$

其中 $T_{IdleTime}$ 是线性调频脉冲空闲时间， $T_{RampEndTime}$ 是线性调频脉冲斜坡结束时间， N_{TxAnt} 是发送器天线数。 $T_{IdleTime}$ 和 $T_{RampEndTime}$ 均可在配置曲线中定义。

要实现更高的 V_{max} ，必须减小 $T_{IdleTime}$ 和 $T_{RampEndTime}$ 。然而，雷达前端定义了一个物理限值，如果低于该限值，则不能减小 $T_{IdleTime}$ 和 $T_{RampEndTime}$ 。检测到的超过此 V_{max} 的任何速度都将周期性重复，即模糊速度，因为我们不再能够辨识实际值。为了克服这一问题并提高 V_{max} ，采用了中国剩余定理。

中国剩余定理应用在连续的帧上，这些帧具有交替的空闲时间，因此形成了交替变化的 V_{max} 。对于每个检测到的点，设置了 N_H 个假设，其中 N_H 是奇数。对于每个假设，使用当前帧速度分辨率

$$\Delta v_{CurrFrm} \quad (2)$$

和检测到的点的多普勒指数 d_{ind_p} 计算出实际速度为：

$$v(i) = \Delta v_{CurrFrm} \times d_{ind_p} + k \times 2V_{maxCurrFrm}, \quad k = i - \left\lfloor \frac{N_H}{2} \right\rfloor, \quad i = 0, 1, \dots, N_H - 1 \quad (3)$$

其中 i 是假设指数。

然后，使用前一帧多普勒分辨率

$$\Delta v_{\text{PrevFrm}} \quad (4)$$

将每个假设的速度映射（折叠）到前一帧检测矩阵以获得多普勒指数位置：

$$d_{\text{ind}}(i) = \text{round}\left(\frac{v(i)}{\Delta v_{\text{PrevFrm}}}\right) \bmod N_{\text{DopFFT}}, \quad i = 0, 1, \dots, N_H - 1 \quad (5)$$

此外，根据预测的距离迁移来校正每个假设的距离指数：

$$r_{\text{ind}}(i) = \text{round}\left(r_{\text{ind}_p} - v(i) \times T_{\text{frame}}\right), \quad i = 0, 1, \dots, N_H - 1 \quad (6)$$

其中， r_{ind_p} 是检测到的点的距离指数， T_{frame} 是帧周期。

由于这些运算的存在，创建了一前一帧检测矩阵中的 N_H 点，每个点都定义为距离-多普勒指数对：

$$\{r_{\text{ind}}(i), d_{\text{ind}}(i)\}, \quad i = 0, 1, \dots, N_H - 1 \quad (7)$$

然后，对于每个假设，都会在前一帧检测矩阵 D_{prev} 中的邻近点（矩形区域）搜索，以找到局部最大峰值。搜索在一个矩形区域进行

$$(2D_s + 1) \times (2R_s + 1) \quad (8)$$

其中 D_s 和 R_s 由配置指定。

根据哪个假设具有最大的 $p_{\text{max}}(i)$ ，选择相应的获胜假设：

$$p_{\text{max}}(i) = \max_{v_{\text{ind}} = v_{\text{ind}}(i) - D_s}^{v_{\text{ind}}(i) + D_s} \max_{r_{\text{ind}} = r_{\text{ind}}(i) - R_s}^{r_{\text{ind}}(i) + R_s} D_{\text{prev}}(v_{\text{ind}}, r_{\text{ind}}), \quad i = 0, 1, \dots, N_H - 1 \quad (9)$$

最后，根据获胜假设来选择实际目标速度 v_{actual} ：

$$v_{\text{actual}} = v(m), \quad m = \underset{i=0}{\text{argmax}}^{N_H-1} (p_{\text{max}}(i)) \quad (10)$$

此过程的总结见图 2-6。

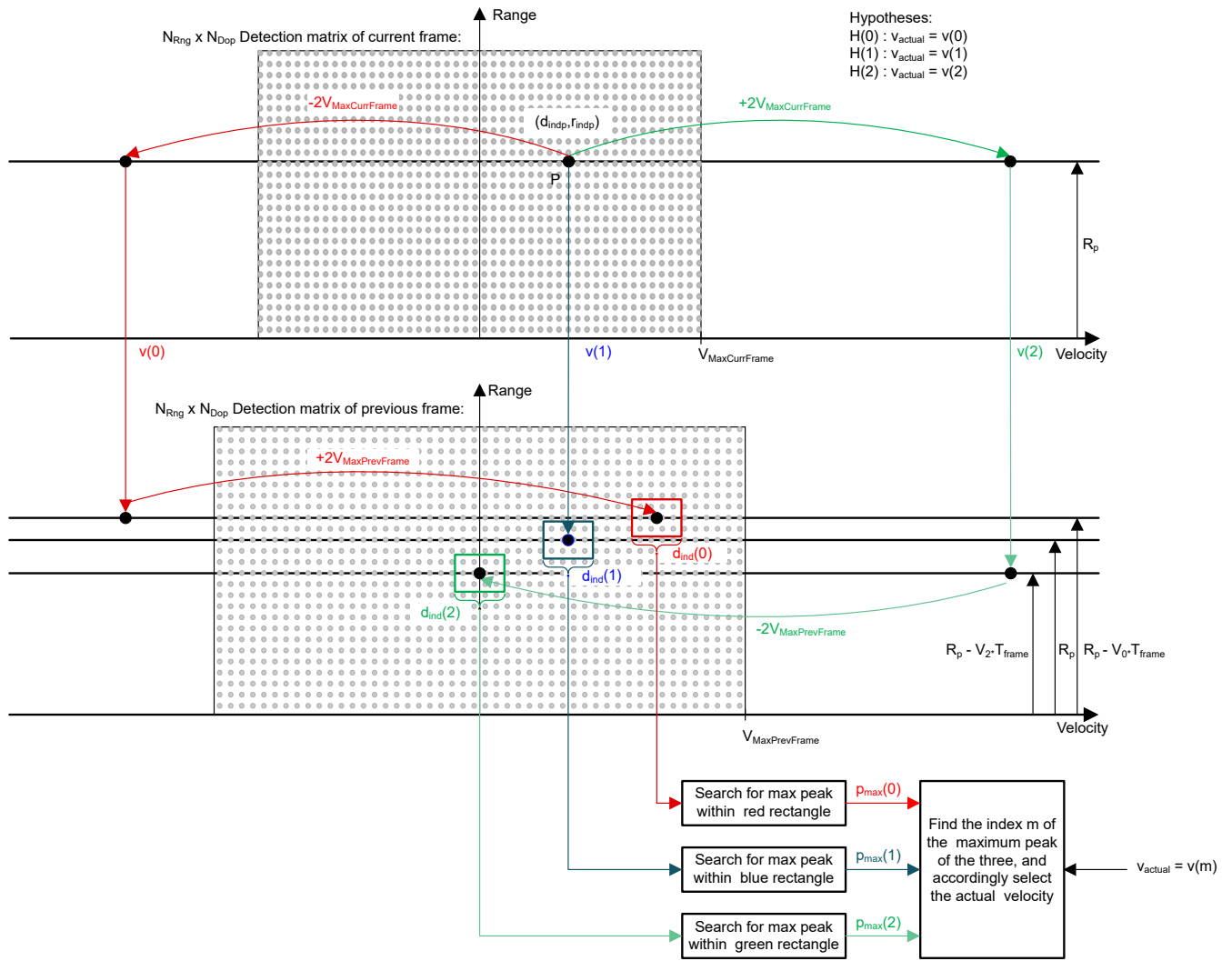


图 2-6. 最大速度扩展处理

2.4.8 组跟踪器

在现实世界中，雷达目标（汽车、行人等）作为一组多反射点呈现给跟踪处理层。这些检测点形成一组具有距离、角度、SNR 和径向速度的相关测量值。组跟踪器基于恒定加速运动模型，以 2D 形式在一段时间内跟踪一组点（也称为组）。图 2-7 展示了组跟踪器算法的主要功能块。以白色显示的子块是经典的扩展卡尔曼滤波器 (EKF) 运算。以橙色显示的子块是为支持多点分组而添加的。

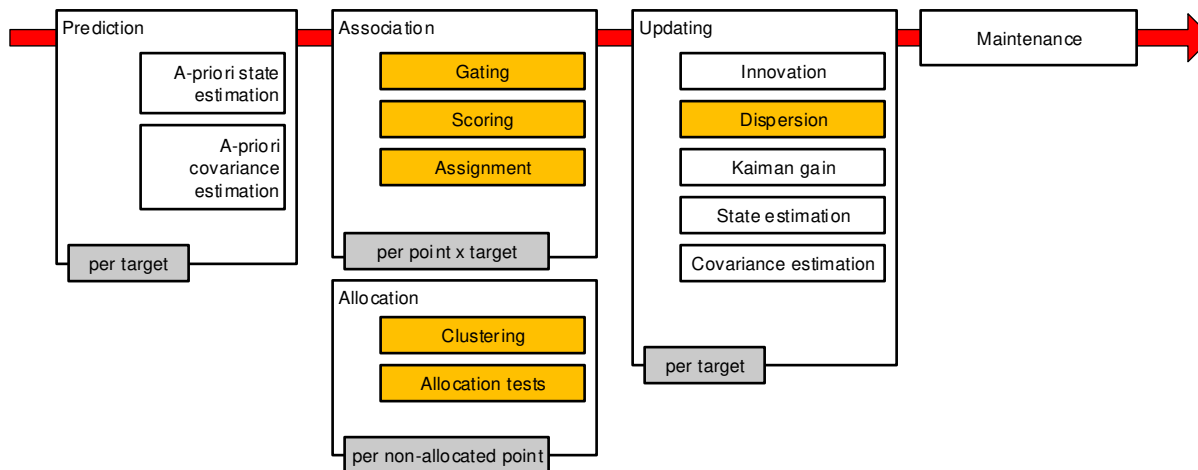


图 2-7. 组跟踪器方框图

可以根据测试结果或根据场景要求来调整这些参数集。

表 2-4. GTrack 参数集

场景	参数集	CLI 命令	说明
1	景物参数	appSceneryParams	这些定义了跟踪器运行的物理空间的尺寸。这些还指定了雷达传感器的方向和位置。跟踪器不会使用这些边界框之外的任何测量点。
2	门限参数	appGatingParams	这些确定了跟踪物体的最大体积和速度，并用于将测量点与已经存在的轨迹相关联。在这些参数设定的限制之外检测到的点不包括在组成跟踪物体的点集中。
3	分配参数	appAllocParams	这些用于检测场景中的新轨迹或人员。当检测到的点与现有的轨迹没有关联时，将使用分配参数对这些剩余点进行聚类，并确定该聚类是否符合人员或目标的要求。
4	状态参数	appStateParams	状态转换参数决定跟踪实例的状态。任何跟踪实例都可以处于以下三种状态之一：空闲、检测或激活。
5	最大加速度参数 最大点数 最大轨迹数	gtrack	最大加速度参数决定横向、纵向和垂直方向的最大加速度。

2.4.9 动态干扰消除

动态干扰消除是 BSD 演示处理链中的一项可选特性，旨在消除来自固定路边物体和道路的反射，称为“动态干扰”。动态干扰的一个常见特性是，在径向速度-方位角坐标系中，所有静止点都沿着正弦曲线（称为“速度曲线”）定位。速度曲线（如图 2-8 所示）可表示为

$$V_r(\theta) = V_s \cos(\theta + \alpha) \quad (11)$$

其中 V_s 表示传感器的速度， α 表示传感器安装角度。

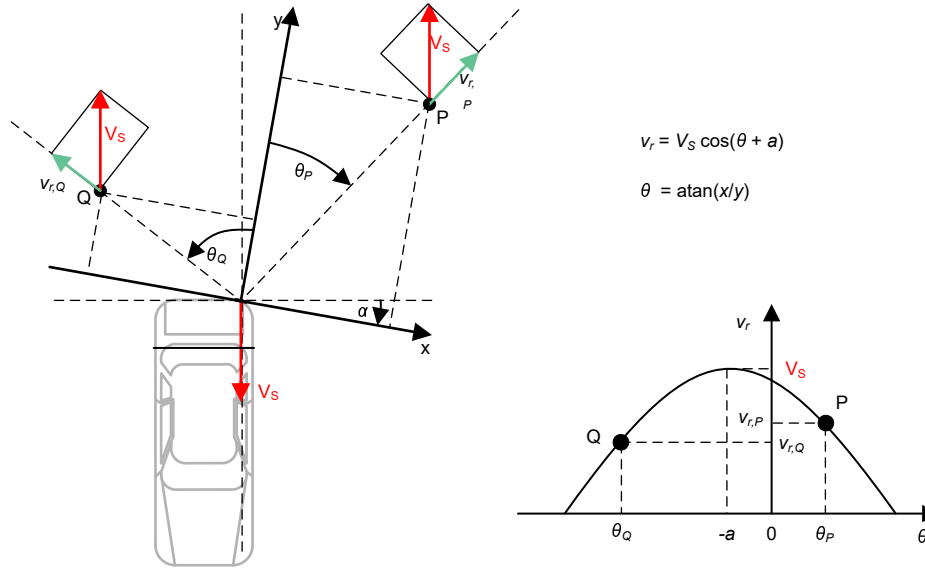


图 2-8. 动态干扰的速度曲线

通过从近距离检测到的点估算 V_s 和 α ，动态干扰消除算法能够过滤与 BSD 应用相关的其他点的动态干扰。

在 BSD 演示中，干扰消除由 AoA2D DPU 和组跟踪器 DPU 之间的动态干扰消除 DPU 执行，如图 2-4 所示。在 AoA2D DPU 之后，从点云列表中移除静止点，将剩余的点（主要点）提供给跟踪器 DPU。可以选择保存干扰点并将其附加到点云列表中，并且在处理结束时可以与主要点一起发送到 GUI 可视化工具。



图 2-9. 动态干扰消除实现

BSD 演示中实现的干扰消除如 图 2-8 所示。图的底部展示了面向安装在移动车辆后部的传感器的场景。中间部分展示了与 $x-y$ 平面中场景对应的点云，而顶部展示了径向速度-方位角平面中的同一点云。红色矩形中以红色突出显示的近距离点主要表示来自路面的反射。黄色、绿色和紫色矩形内的点对应于来自三辆车的反射。其余点表示来自其他静止物体的反射。在速度-方位平面中，属于静止物体的点在跟随速度曲线的狭窄范围内清晰排列。有了 V_s 和 α ，这些点可以很容易地过滤掉。

备注

目前，BSD 演示基于从车辆后方附近路面反射的检测点来估计速度曲线。该算法在假设附近路面几乎始终存在反射的情况下运行。然而，为了提高可靠性，可以从其他传感器获得更可靠的估计，例如车辆里程表或其他更靠近地面的传感器，例如用于“脚踢开启”特性的传感器。

2.4.10 CAN-FD 收发器

AWRL1432BOOST-BSD 包括一个集成式 CAN-FD 收发器 (TCAN4550-Q1)，作为需要第二个 CAN-FD (除了 AWRL1432 上的集成式 CAN-FD 接口) 的系统设计的参考。TCAN4550-Q1 通过 SPI 在 CAN 总线和 AWRL1432 之间提供一个接口，同时支持经典 CAN 和 CAN-FD。

- TCAN4550-Q1 SPI 信号引脚连接到 AWRL1432 的集成式 SPIA 接口。
- TCAN4550-Q1 器件复位引脚 (RST) 连接到 AWRL1432 的 GPIO 6，用于将器件复位为默认设置并使器件进入待机状态。
- TCAN4550-Q1 唤醒请求引脚 (nWKRQ) 连接到 AWRL1432 的 GPIO 4，为不使用 INH 引脚控制电压电平的稳压器提供使能信号。这在演示中未使用，因为 INH 引脚提供电压以启用外部高压稳压器。
- TCAN4550-Q1 中断引脚 (nINT) 连接到 AWRL1432 的 GPIO 5，用于发送所有中断请求。
- TCAN4550-Q1 WAKE 引脚连接到用户按钮 (S6)，用于高压器件本地唤醒 (LWU)，以将器件转换为待机模式。

由于 TCAN4550-Q1 提供了 2K 字节的 MRAM，可以根据系统需求完全配置 TX/RX 缓冲器/FIFO，从而实现第二个 CAN-FD 功能，不会增加 AWRL1432 存储器的任何开销。

TCAN4550-Q1 配置为 BSD 演示的 [表 2-3](#) 中所示的时序参数。

表 2-5. CAN-FD 时序参数

	比特率 (kbit/s)	采样点 (%)	预分频器	TSE G1	TSE G2	SJW	Tq (ns)	Nq
标称值	500	80	2	31	8	8	50	40
数据	2000	75	1	14	5	5	25	20

有关 TCAN4550-Q1 特性的更多详细信息，请参阅 [TCAN4550-Q1 数据表](#)。

有关 SPI 转 CAN-FD 驱动程序代码的更多详细信息，请参阅 [TCAN45xx 软件用户指南](#)。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 所需的硬件和软件

AWRL1432BOOST-BSD 是一款适用于 AWRL1432 的易用型评估板，适用于入门级 BSD 应用。

演示在 AWRL1432BOOST-BSD 上运行并连接到一个可视化工具，该工具在通过 USB 连接到 EVM 的 PC 上运行。有关使用此电路板的详细信息，请参阅 [EVM 用户指南：xWRL1432BOOST-BSD](#)。入门级 BSD 设计是使用毫米波低功耗软件开发套件 (MMWAVE-L-SDK) 构建的应用。演示二进制文件可以在 TI Resource Explorer 的 [雷达工具箱](#) 中找到。演示软件版本说明中提供了用于构建此代码的 MMWAVE-L-SDK 版本。

3.1.1 硬件

AWRL1432BOOST-BSD 核心设计包括：

- AWRL1432 器件：具有集成式 Arm-Cortex M4F 和 HWA 的单芯片低功耗 77GHz 雷达器件
- 低功耗分立式直流/直流电源管理
- EVM 还托管一个器件，帮助进行借助 PC 并通过 USB 链路进行的板载仿真和 UART 仿真。

3.1.2 软件和 GUI

相关软件托管在 TI Resource Explorer [雷达工具箱](#) 上。

用于演示的 MATLAB GUI 在软件包中提供，并显示以下图，如 [图 3-1](#) 所示：

- X-Y 散点图：显示点云的位置、轨迹
- 多普勒距离图：显示点云和轨迹的多普勒距离坐标

加载时，GUI 为用户提供选项以记录测试捕获、显示测试捕获或回放录制的测试捕获。GUI 允许用户通过 UART (UART 端口基于器件管理器设置进行配置) 连接演示，并加载配置文件以启动测试捕获。

3.2 测试设置

利用 TI Resource Explorer 上 [雷达工具箱](#) 中提供的示例项目来测试 AWRL1432 角雷达功能的性能。测试时使用安装在三脚架上的 AWRL1432BOOST-BSD。

3.3 测试结果

图 3-1 和 图 3-2 中的结果与中型轿车和摩托车的最大检测距离相对应。

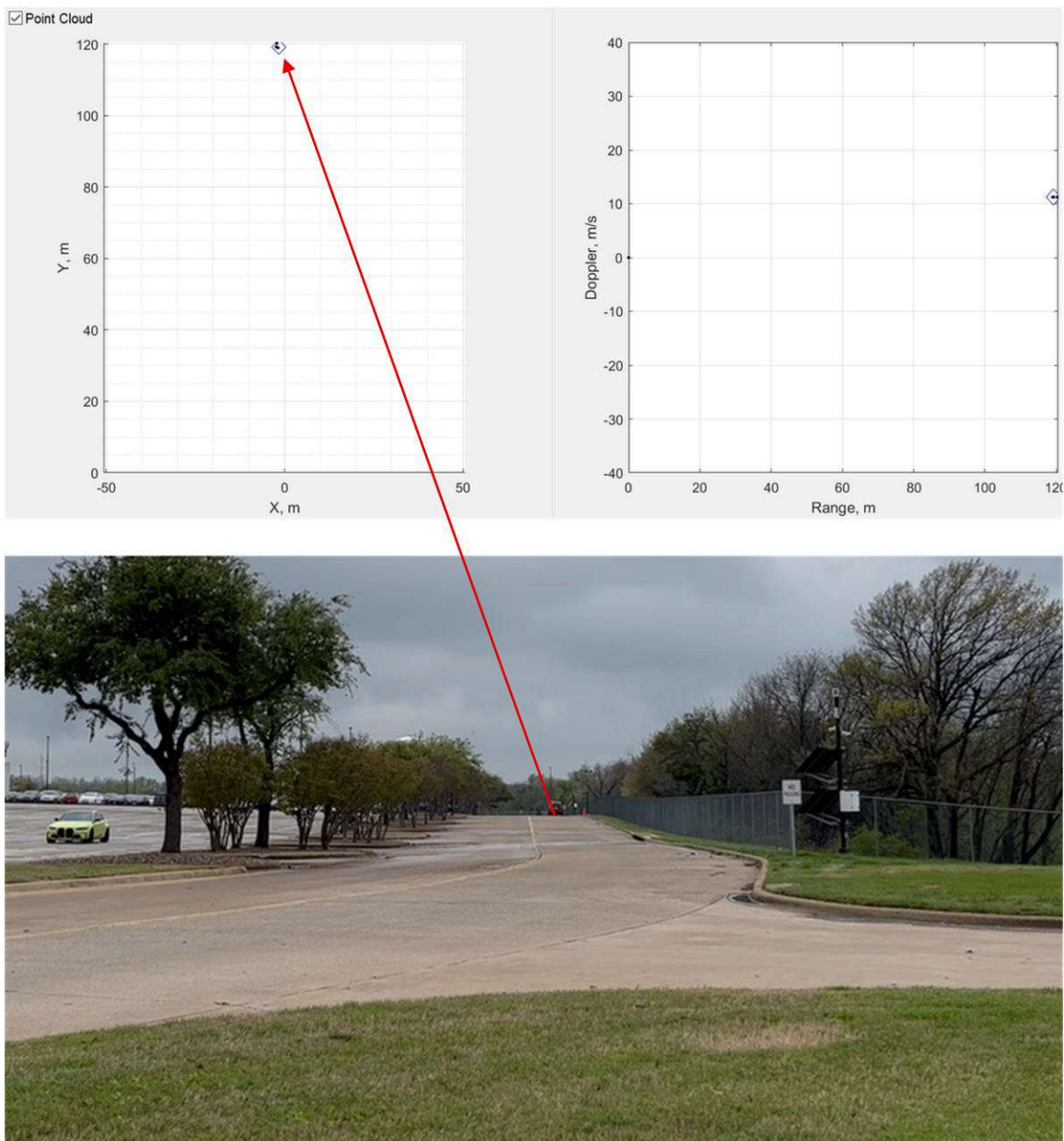


图 3-1. 测试结果 (汽车约 120m)

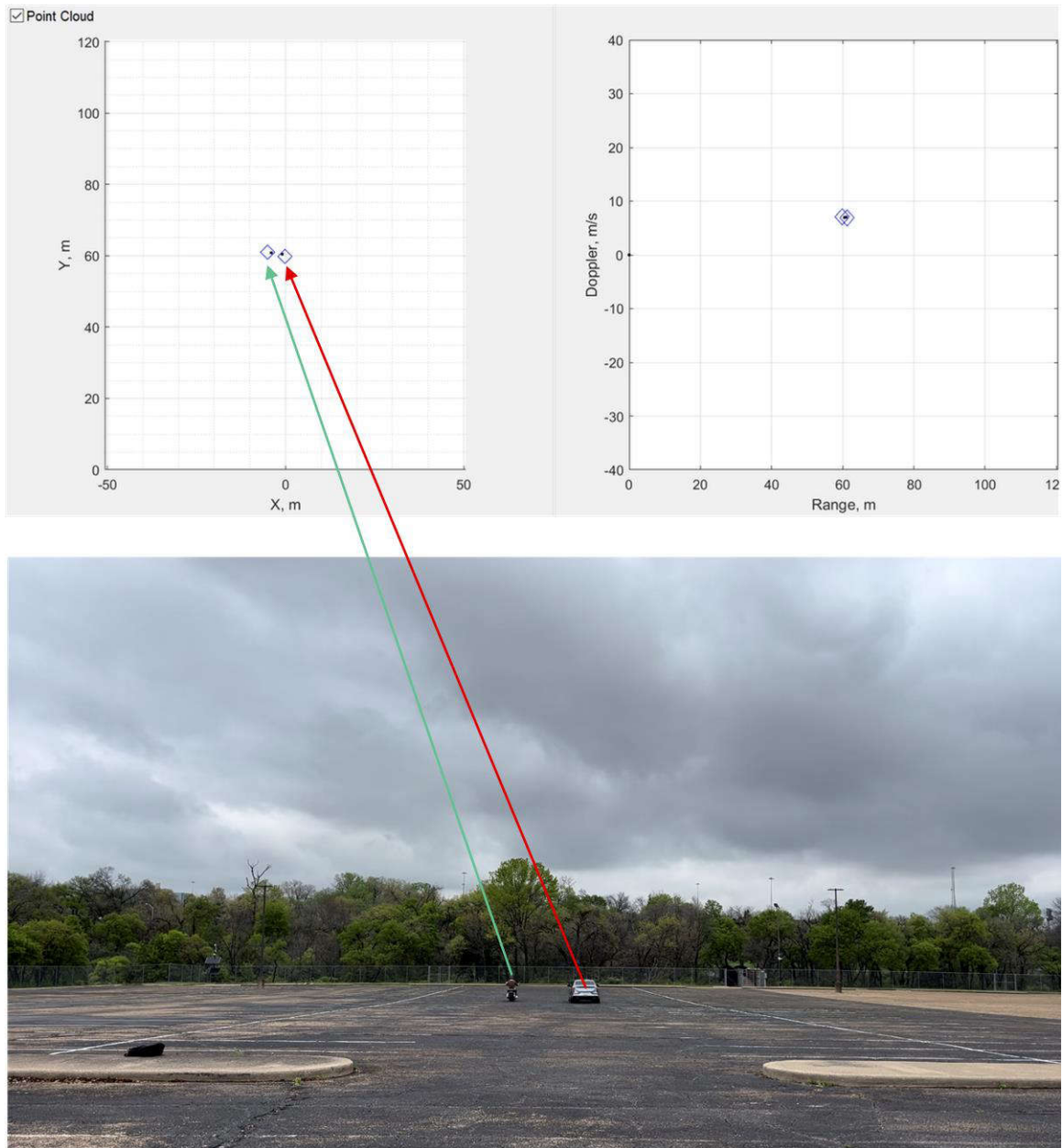


图 3-2. 测试结果 (自行车约 60m)

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDEP-01034](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDEP-01034](#) 的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

Code Composer Studio (CCS) Code Composer Studio™ 软件是一个集成式开发环境 (IDE)，支持 TI 的微控制器 (MCU) 和嵌入式处理器产品组合。该工具用于构建和调试应用的软件和处理链。

软件

应用软件 适用于 TIDEP-01034 的软件托管在 TI Resource Explorer 上，请访问此[链接](#)的“示例项目”下的“盲点检测”。

4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[EVM 用户指南：xWRL1432BOOST-BS](#)D
2. 德州仪器 (TI)，[TCAN4550-Q1 带有集成式控制器和收发器的汽车级控制器区域网络灵活数据速率 \(CAN FD\) 系统基础芯片](#) 数据表
3. 德州仪器 (TI)，[适用于 3D 人员计数演示的组跟踪器参数调优指南](#)

4.4 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的[使用条款](#)。

4.5 商标

TI E2E™ and Code Composer Studio™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

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