

使用毫米波传感器进行稳定可靠的交通和十字路口监控



Keegan Garcia
营销经理
雷达和分析处理器

Mingjian Yan
雷达和分析处理器高级系统工程师

Alek Purkovic
雷达和分析处理器高级系统工程师

德州仪器 (TI)

摘要

许多传感技术可以解决交通监控基础设施方面的难题，包括十字路口控制、速度跟踪、车辆计数和防撞。在环境不敏感性/稳健性、测距精度、速度精度和系统集成方面，TI 的 77-GHz 毫米波 (mmWave) 射频互补金属氧化物半导体 (RF-CMOS) 技术及其产物毫米波传感器具有固有优势。TI 的简化硬件和软件产品包括评估版 (EVM)、TI Designs 参考设计库中的参考设计、软件库和代码示例，可让毫米波传感技术真正触手可及，有助于您在应用中快速评估和演示该技术的功能。

简介

运输系统是基础设施的重要组成部分，有助于在全球范围内快速、高效和安全地提供客运和货运服务。这些基础设施注重感测行车区域的情况，以及收集可帮助基础设施应对变化的数据。交通工程师使用这些数据来构建统计信息，帮助确定未来的基础设施投资，而驾驶员可使用这些数据来帮助管理其路线。此信息的价值是显而易见的，原因在于到 2022 年，智能运输系统市场预计将达到 636 亿美元以上的规模。

无论环境条件（如雨、雾或尘埃）如何，毫米波传感技术都可在更大范围内检测汽车、摩托车和自行车等车辆。TI 的毫米波传感器件的单芯片系统集成 76–81GHz 毫米波雷达前端以及 ARM® 微控制器 (MCU) 和 TI 数字信号处理器 (DSP) 内核。借助这些集成器件，系统能够测量目标的距离、速度和角度，同时融入高级算法，实现目标跟踪、分类或特定应用功能。

交通监控应用

交通拥堵通常集中在阻塞点或车流量较大的区域，因此大部分交通监控系统专用于监控十字路口和高速公路周围的车辆行驶状态和交通流量。

对于十字路口，交通工程师需要了解有关车辆的特定信息和遥测数据，以应对十字路口的状况并收集交通统计数据。车辆信息可能包括车辆到十字路口停车线的距离、速度、占用车道和类型（尺寸）。多种应用可能会使用此车辆信息，包括：

- **动态绿灯控制** - 根据车流密度实时调整绿灯持续时间，让更多车辆沿特定方向通过十字路口。
- **统计信息收集** - 在一段时间内持续监控车流速度和交通形式。在收集了多个十字路口的信息后，统计信息可以帮助揭示对基础设施进行改进或改变的需求。

- **黄灯持续时间（两难区预防）** - 基于车流速度和交通形式实时调整黄灯持续时间。

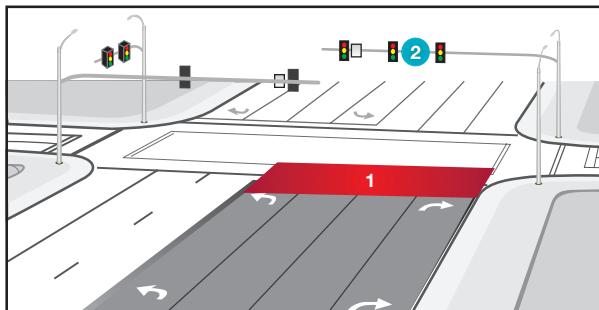


图 1. 在图示十字路口中，交通传感器可安装在停止线 (1) 处或交通信号灯杆 (2) 上。对于安装在交通信号灯杆上的传感器，其优点在于不需要安装在路面上。

图 1 显示了十字路口传感系统的典型安装，这种安装可最大限度地检测迎面而来的车流。对于感应线圈等近距离传感器，这通常意味着需要安装在道路中。对于非接触传感器（如视觉和毫米波传感器），传感器通常位于交通信号灯杆上或邻近十字路口中心的位置，并且高于路面几米，以便获得清晰的视线。在交通信号灯杆上安装传感器具有以下优点：不需要安装在路面上，也不会在道路维护期间受到影响。

交通工程师设法了解高速公路附近的平均车流速度，以便识别事故。车辆跟踪和行人检测可以识别阻塞点或驾驶者可能关注的区域。

交通监控系统应提高各种条件下的运输效率和安全性，但设计人员面临着无数的传感挑战，包括：

- **位置和速度的测量。** 有用的交通数据应包括交通区位和车流量信息。十字路口的关键因素包括测量车辆到停止线的距离和接近时的车速。为了最大限度地收集有用的数据，传感系统应能够测量道路上车辆的位置和速度。

- **在所有天气条件下运行。** 交通基础设施传感器需要安装在户外，必须能够应对所有环境变化。这种变化可包括日间/夜间照明和雨、雪、雾、尘等恶劣天气。

- **在更大范围内检测高速物体。** 最大限度增强传感器预测交通行为的能力可以提高系统效率。传感器必须能够检测和测量更远距离的快速移动的车辆。如果能够检测距离十字路口较远的车辆，就可以更好地控制绿灯和黄灯的持续时间，应对即将到来的车流。

- **测量的准确性和性能。** 如果测量的车辆位置和速度不准确，则交通数据是无用的。准确了解车道位置、车辆与传感器的距离和车速对交通监控基础设施的有效运行至关重要。

目前的交通监控技术

让我们从这些技术在市场上的角色以及实施这些技术的优缺点出发，回顾一下目前在交通监控应用中使用的几种传感技术。下一页中的表 1 总结了这些传感技术信息。

类型	感应线圈传感器	摄像头和基于视觉的传感器	24-GHz 雷达
说明	<ul style="list-style-type: none"> 使用安装在路面开口下的绝缘线 测量车辆通过时线路感应的变化 	<ul style="list-style-type: none"> 视频图像处理器接收摄像头传感器数据，并分析图像，从而确定交通行为 	<ul style="list-style-type: none"> 组装分立式组件，创建 24GHz 雷达用于车辆定位和测速
优点	<ul style="list-style-type: none"> 易于理解使用和应用 	<ul style="list-style-type: none"> 适用于各种应用的强大算法 用于记录和监控的视频 	<ul style="list-style-type: none"> 对天气和环境变化不敏感 雷达的覆盖范围比摄像头大（大于 60m） 测量速度的固有能力
缺点	<ul style="list-style-type: none"> 安装/维修会影响交通 维护周期短 仅在十字路口周围检测 无法测量速度 对两轮交通工具的检测效果不佳 	<ul style="list-style-type: none"> 需要使用复杂的信号处理来解决阴影、遮蔽、昼夜交替的干扰 无法测量速度 易受环境变化影响 	<ul style="list-style-type: none"> 角度分辨率低于摄像头 集成受限，增加了设计的复杂程度 与更高频技术相比，范围较小/速度性能较差

表 1.现有交通监控技术，包括其优缺点。

感应线圈传感器

感应线圈传感器使用穿过路面开口安装的绝缘导电线。电脉冲通过导线，当金属车辆通过线圈时，车体会引起涡流，导致线圈电感出现变化。电子传感系统可以测量电感的这种变化，这就提供了车辆何时占据车道或通过车道的信息。

感应线圈传感是一种简单易行的技术，多年来一直用于交通基础设施领域。它易于理解，但有几个缺点。只可对周围安装了线圈的“现场”进行检测，并且系统的规模要求十字路口处的每个区域和车道都有自己的线圈。最大的缺点是安装或维修这些系统需要挖开路面。这种维护需要专业人员和设备，并且可能需要封闭道路。此外，感应线圈系统的维护周期通常较短（一到两年），感应线圈系统的总体成本会快速增长。

摄像头和基于视觉的传感器

摄像头和基于视觉的传感器使用视频图像处理器来捕获互补金属氧化物半导体 (CMOS) 摄像头传感器发出的图像数据，并分析图像，从而确定交通行为。这些系统成为强大的工具，不仅可以测量十字路口和高速公路上的交通行为，还可以将实时视频传输给运营商。

尽管基于视觉的系统具有强大的功能和灵活性，但该技术仍有一些问题待解决。视觉系统容易出现误检，因为环境条件的变化（如昼夜交替、阴影和天气）会直接影响这些系统的“查看”能力。需要先进的信号处理和算法来应对这些视觉挑战。

24-GHz 雷达

24-GHz 雷达是交通监控市场中一项颇具吸引力的技术。雷达在传感空间方面具有独特的优势，可在交通监控应用中发挥重要作用。雷达具有从其视角测量物体位置和速度的固有能力，这为交通监控开辟了新的应用，如速度检测和车辆定位。作为一种非接触式技术，雷达的覆盖范围比基于视觉的系统大 50 米或更多。此外，雷达还对照明和天气条件不敏感，适合室外传感和检测。

但是，实施雷达解决方案存在一些挑战。目前的雷达解决方案需要多个分立式组件才能创建完整的解决方案。这种集成不足增加了设计复杂性，以系统尺寸、成本和功耗方面的牺牲为代价。

76GHz – 81GHz 毫米波雷达

德州仪器 (TI) 基于在 76GHz - 81GHz 频段范围内工作的毫米波 (mmWave) 雷达创建了创新的传感器

系列产品。这些传感器将射频 (RF) 雷达技术与强大的 ARM MCU 和 TI DSP 集成到 CMOS 单芯片上，并采用 $10.4\text{mm} \times 10.4\text{mm}$ 的封装。这使小外形的应用可以准确地测量视野中目标的距离、速度和角度，并通过用于目标检测、跟踪和分类的高级算法集成了实时智能功能。毫米波传感器系列产品具有不同的能力，可以适应不同的系统架构和用例，如图 2 所示。

TI 的毫米波传感器具有独特的特性和功能，是交通监控应用的绝佳选择。

位置和速度的测量

TI 的毫米波传感器可以精确地测量视野范围内目标的距离、速度和角度。如下一页中的图 3 所示，这 3 个数据集可以使传感系统获得有关其周围环境的新信息。对于十字路口监控，数据集包括车辆和行人的位置、速度和车道距离。

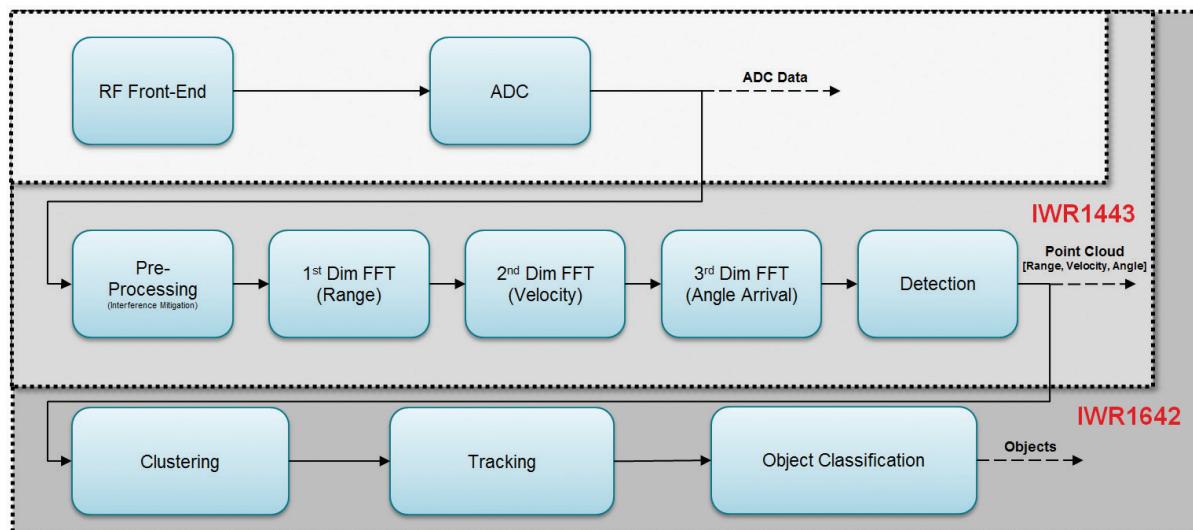


图 2. 毫米波信号处理链。

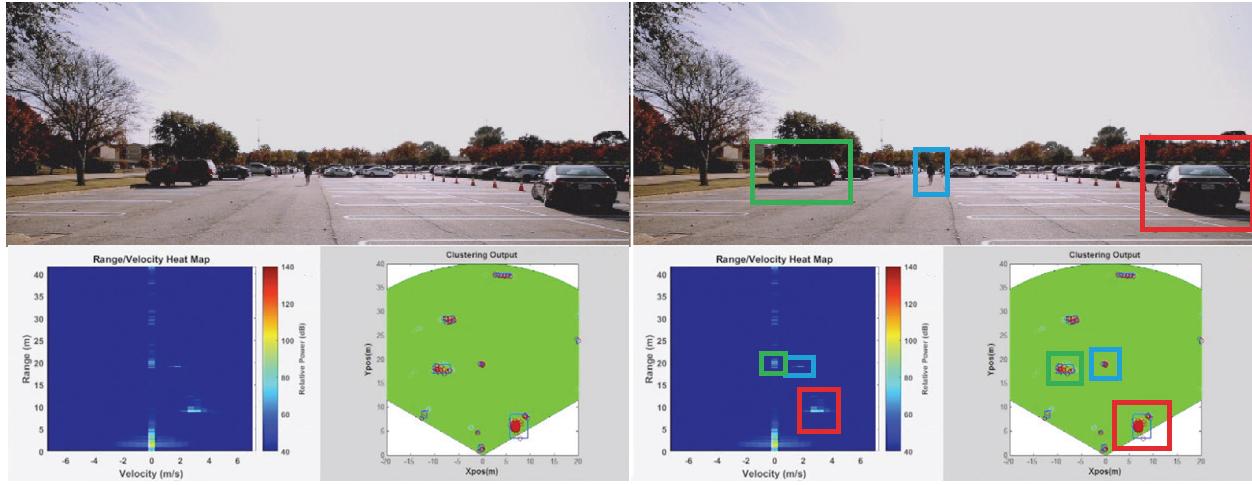


图 3. 在示例停车场场景中，毫米波传感器测量到的距离、速度和角度信息。蓝色背景的是距离/速度热图，其中移动和未移动物体及其速度是可识别的；绿色背景的是距离/角度可视化图。有颜色的框突显了场景中移动和未移动的车辆和行人。

在所有类型的天气下运行

熟悉雷达应用和 RF 信号传播的人可能会知道，毫米波能够穿透烟、雾、雨等不利的天气条件并进行感测。这种功能使毫米波传感器这一解决方案能够在不受控制的可变环境中实现稳健且一致的室外感测。

在更大范围内检测高速目标

TI 的毫米波传感器使用 77-GHz 范围内的快速调频连续波雷达（快速 FMCW），其组合与传统雷达系统相比具有多种优势。

快速 FMCW 雷达涉及发射线性调频脉冲的设计，其中雷达信号的扫描在每个线性调频脉冲的起始频

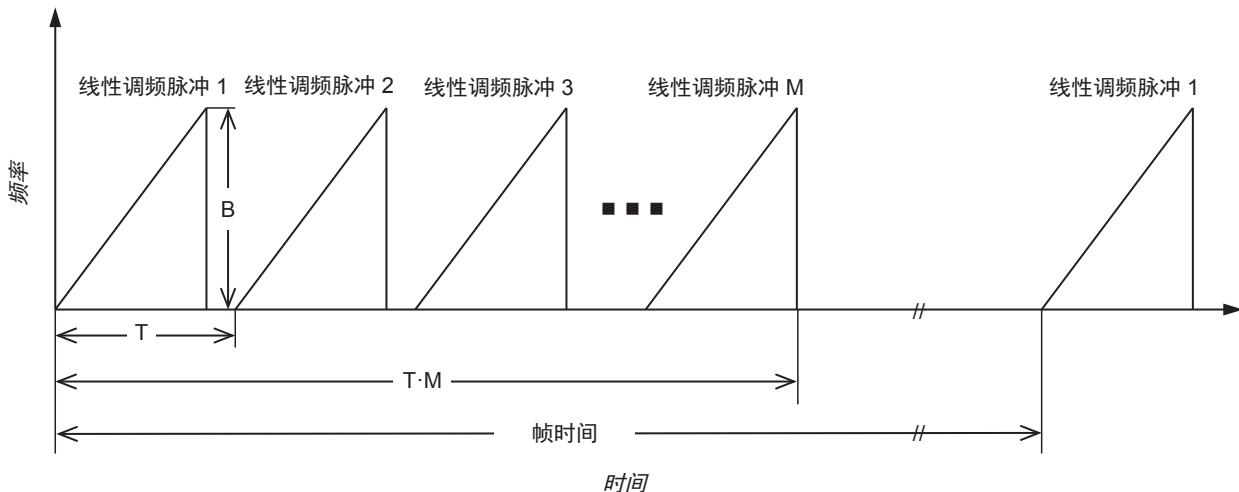


图 4. 频率时间图，描绘快速 FMCW 帧，其中 B 是线性调频脉冲带宽， T 是线性调频脉冲重复时间（可能是几十微秒）， $T \cdot M$ 是一帧中的有效线性调频脉冲总时间。帧时间包括大约几十毫秒的空闲时间。

率到停止频率间进行。在图 4 所示的示例中，扫描是从低频到高频进行的。在最简单的设计中，一帧由多个线性调频脉冲组成，这些脉冲具有重复多次的相同配置，并且每次重复前有一段空闲期。

发射信号从发射天线发出并遇到各种目标回来。接收信号通过接收天线阵列收集，并与发射信号混合形成去调频信号，该信号经滤波、采样和进一步处理后可检测场景中的目标。

IWR1642 传感器支持的斜坡斜率较大，可实现快速线性调频脉冲重复，因而可测量较大的最大速度。采用 $11\text{MHz}/\mu\text{s}$ 的典型斜坡斜率配置，可在几十微秒内多次重复线性调频脉冲。这使直接目标速度测量值能够达到 100kph 以上。额外的 DSP 处理可以将最大速度再提高 3 倍到 4 倍，从而可以跟踪超过 300kph 的最大目标速度，使 IWR1642 传感器适用于高速移动交通场景，例如高速公路和入口匝道周围。

通过结合天线设计和 RF 线性调频脉冲配置，77-GHz 雷达系统可以轻松检测目标，例如距离传感器 150m 或更远的车辆。通过结合多个线性调频脉冲重复来提高处理增益，即使是具有 120 度视野的 IWR1642 评估模块 (EVM) 也可以在天线增益最高的视野中心检测到最多 135m 外的车辆。这对中央安装的交通传感器来说是可行的，因为在该距离下，车辆在几条车道上的角跨度相当小。专用于增加天线阵列方向性的其他天线设计可以在视野上做权衡，以便检测更远的距离。

在交通监控用例中，具有约 100 度视野的宽视野天线设计以及低至 20 度至 40 度的窄视野设计都具有潜在的用途，取决于十字路口或道路的具体几何形状以及应用的具体情况。

测量的准确性和性能

具有集成处理功能的快速 FMCW 雷达每秒能够多次测量场景中多个目标反射体的距离、径向速度和角度。这有助于进行更高级的场景解读处理，包括多辆车的识别和跟踪。

对于交通监控应用，该频段提供高达 1GHz 的扫描带宽，而 24GHz 频段提供的带宽仅为 200MHz 。这使得距离分辨率能够精细到 15cm ，比频段为 24GHz 时高 5 倍。

速度分辨率是有效线性调频脉冲时间和载波频率的函数。因此，对于相同的有效线性调频脉冲时间， 77GHz 提供比 24GHz 高 3 倍的速度分辨率。

在 IWR1642 传感器的处理和内存资源界限内可实现 1kph 或更高的速度分辨率。

IWR1642 传感器的用例/架构

IWR1642 传感器是基于雷达的传感器，将快速 FMCW 雷达前端与 ARM® R4F MCU 和 TI C674x DSP 集成，用于高级信号处理。

IWR1642 雷达前端的配置取决于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。该配置影响系统的关键性能参数，如距离和速度分辨率、最大距离和速度以及角度分辨率。

在设计交通监控用例的线性调频脉冲配置时，首先应考虑场景的几何形状、方位角和仰角的视野以及所需距离。我们以一个雷达传感器安装在高处的四车道十字路口点为例。对车道、中央分离带、人行横道、停止线和顶部传感器安装座的尺寸和位置做一定假设，25 度以上的方位角视野可覆盖停止线及其附近 大于 60m 的道路。该示例交通监控几何图如图 5 所示。

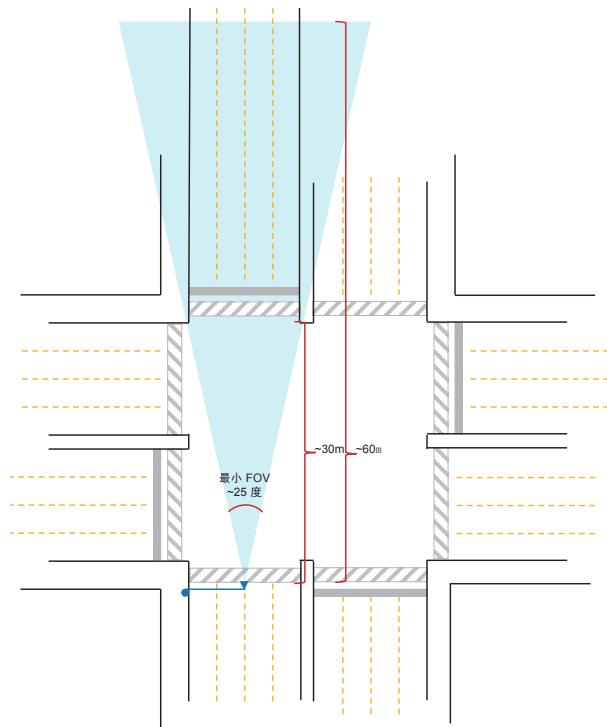


图 5. 在图示十字路口中，顶部安装有雷达传感器，具有 25 度方位角视野，可覆盖距离传感器约 30m 的四车道停止线及附近大约 60m 道路。

对于该示例，假设天线设计为此方位角视野提供两个发射天线和四个接收天线用于方位角估计，而在

仰角轴中，视野为较窄的 15 度，无仰角处理。示例仰角几何图如图 6 所示。

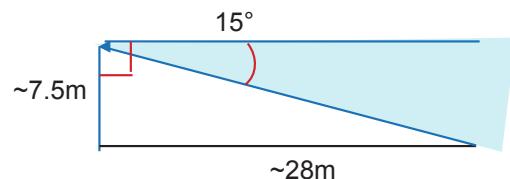


图 6. 安装高度为大约 7.5m、视野仰角为 15°、下倾角为 7.5° 的交通监控传感器示例。

IWR1642 EVM 具有更宽的 120° 方位角视野，更宽的 22° 仰角视野，但是它具有足够的天线增益，可实现 +60m 距离的车辆检测。所以我们将它用作中等距离的线性调频脉冲配置示例的基础。

IWR1642 传感器可进行配置，从而可进行灵活的设计，以适应交通监控中的不同用例。确定十字路口和天线设计的基本几何形状后，考虑一些目标性能参数，并根据 IWR1642 传感器的收发器功能对这些参数进行权衡，然后进行线性调频脉冲设计。特别要考虑将最大距离作为起点。此处概述了两个示例。一个针对 70m 的中等距离，并且包括发射多输入多输出 (MIMO) 处理，可提高角分辨率。另一个是远距离的 135m 设计，未进行 MIMO 处理。在这两种情况下，设置最大距离后，对距离分辨率和最大速度进行权衡，以达到最佳距离分辨率，同时满足最大速度的要求。将速度分辨率提高到内部雷达存储器的使用限制也会提高收发器的有效范围。

主要输入参数		
性能参数	中等距离 MIMO 示例	远距离无 MIMO 示例
天线方向图	方位平面上 2 个 Tx、4 个 Rx	方位平面上 1 个 Tx、4 个 Rx
最大距离	70 m	135 m
距离分辨率	0.4 m	1.5 m
最大速度*	35 kph*	60 kph*
速度分辨率	2 kph	0.95 kph
帧持续时间	40 ms	40 ms
模数转换器 (ADC) 采样率	5 MSPS	5 MSPS
推导出的线性调频脉冲设计参数		
线性调频脉冲有效扫描带宽	375 MHz	100 MHz
线性调频脉冲时间	38.95 μ s	48.17 μ s
线性调频脉冲重复时间	100 μ s	59 μ s
每个线性调频脉冲的采样点数	195	241
Nfft_range	256	256
每帧的线性调频脉冲数	36	127
Nfft_doppler	64	128
雷达数据存储器大小	288 KB	508 KB

*额外的处理可将可跟踪的最大速度提高到线性调频脉冲最大速度的 3 倍。

表 2.IWR1642 传感器的两个示例线性调频脉冲设计的性能参数。

示例线性调频脉冲设计从表 2 中所示的输入参数开始。

将 IWR1642 EVM 天线设计用于中等距离示例，可以预想到小型车辆达到 70m 的线性调频脉冲极限距离。对于远距离示例，轿车大小的车辆会达到 135m 的距离。

中等距离示例线性调频脉冲和帧设计包括使用时分多路复用 MIMO。在这种情况下，两个发射天线将分离为载波波长的两倍，并且在帧时间段内，线性调频脉冲传输在两个天线间交替。因此，与不使用 MIMO 的情况相比，每个天线发出的发射信号的线性调频脉冲重复周期提高了一倍，脉冲数减少了一半。这以减小直接测量最大速度为代价，有效地使检测器的角度分辨率提高了一倍。如前所述，可以通过额外的信号处理来提高可测量的最大速度。

图 7 显示了中等距离示例配置的数据快照，其中两辆车到传感器的距离分别为刚超过 40m 和 60m。系统很容易便能检测到这两辆车。

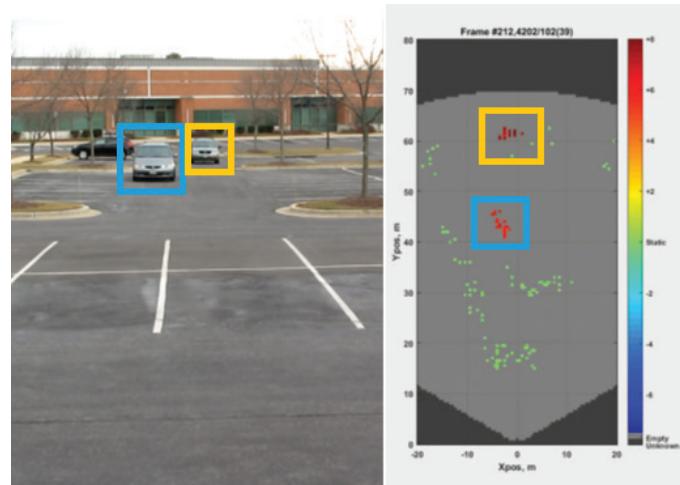


图 7. 中等距离 MIMO 示例配置检测到的两辆移动车辆。右图显示对距离大约为 40m 和 60m 的两辆车的检测，这两辆车角度不同，便于检测车道。检测点的颜色表示速度大约为每秒 6m (22 kph) 和每秒 8m (29 kph) 的车辆不同的多普勒测量结果。

IWR1642 EVM 使用此线性调频脉冲和帧设计实现了交通监控的示例处理链。

如图 8 所示，交通监控示例的信号处理链由以下模块组成，这些模块通过在 IWR1642 传感器的 C674x DSP 内核上执行的 DSP 代码实现：

- **距离处理：**对于每个天线，采用 1-D 窗口操作和 1-D 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织。
- **多普勒处理：**对于每个天线，进行 2-D 窗口操作、2-D FFT，然后以浮点精度对天线间的接收功率进行非相干结合。
- **距离-多普勒检测算法：**对距离-多普勒功率映射运行恒虚警率-最小单元平均 (CASO-CFAR) 加 CFAR 单元平均 (CA-CFAR) 检测算法，找到距离和多普勒空间中的检测点。
- **角度估计：**对于距离和多普勒空间中的每个检测点，多波峰波束形成搜索算法会返回一个或多个目标角度，从而计算每个目标的 X、Y 坐标。
- **聚类：**DBSCAN 这种基于监测点密度的聚类算法会每四帧将目标点与单个对象（如车辆）关联一次。

- **跟踪：**聚类输出会反馈到由聚类关联、跟踪管理和基于卡尔曼滤波器的对象跟踪组成的跟踪算法，用于复杂场景中的车辆速度平滑和多辆车的分离。

DSP 完成帧处理后，系统会对结果进行格式设定并将结果写入共享存储器 (HSRAM)，由 R4F MCU 通过通用异步接收/发送器 (UART) 发送给主机，实现可视化。

表 3 列出了测量处理链（包括跟踪及之前的模块）整体 MIPS 和存储器消耗的基准数据的结果。

	可用时间	实际用时	负载
有效线性调频脉冲时间	46 μ s	20 μ s	45%
帧时间	33 ms	22.73 ms	69%

表 3.MIPS 使用情况总结。

在 40ms 为一帧的有效线性调频脉冲后，剩余 33ms。每四帧包括聚类和跟踪，容限最小的帧也是如此。一个典型的帧具有 250 个检测点、10 个聚类和 7 个活动轨迹，其耗时为 22.73ms；因此将消耗 69% 的可用 MIPS。这为 DSP 的进一步处理保留了 31% 的可用 DSP MIPS。

处理链仅在 DSP 上实现。下一页中的表 4 概述了在加载毫米波软件开发工具包 (SDK) 平台软件和示例

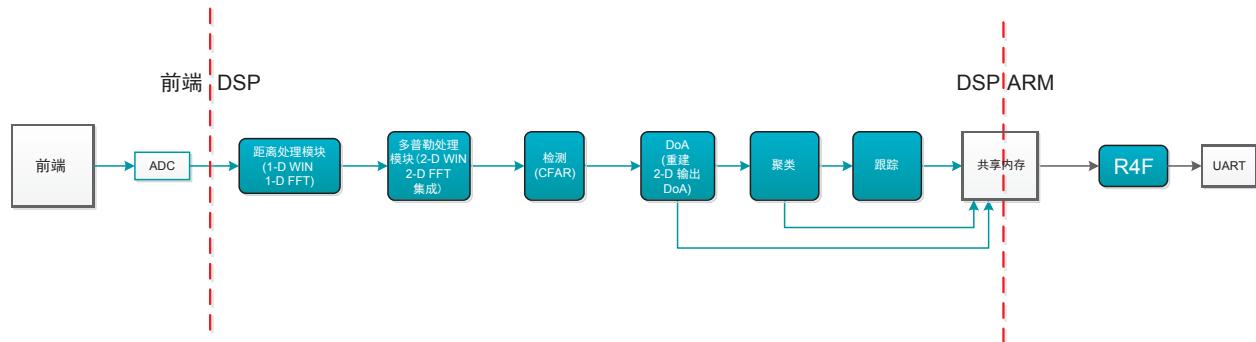


图 8. 交通监控示例的目标检测、跟踪和可视化处理链流程。

应用程序代码后，DSP 可用的特定物理内存、其使用情况和剩余的内存。

总而言之，TI 充分利用第 1 层程序和数据 RAM 来完成快速应用程序代码和缓存。2KB 的快速本地第 2 层内存和 416KB 的第 3 层内存，以及 DSP 和 ARM 的 29KB 共享内存保持可用状态。

	可用大小 (KB)	已用大小 (KB)	空余大小 (KB)
L1D	32	16	16 (用于 L1D 缓存)
L1P	32	24	8 (用于 L1P 缓存)
LL2	256	254	2
L3	768	352	416
HSRAM	32	3	29

表 4. 内存使用情况总结。

ARM 处理器未用于处理操作，因此 ARM 处理器的全部本地内存和全部处理能力都可用于其他更高层处理和管理功能，例如其他跟踪逻辑、对象分类、交通统计报告、输入/输出 (I/O) 功能和传感器管理。

结论

借助 TI 创新的毫米波传感器，系统设计人员能够访问以前其他传感技术无法获得的新级别数据和性能。毫米波传感器性能卓越，可在恶劣天气条件下工作，并可以检测高速行驶和远距离的车辆。结合强大的集成处理内核，TI 的毫米波传感器可以为交通监控基础设施提供实现稳健、高质量和高效率运行所需的信息和智能。

TI 为从事工业毫米波传感器产品的工程师提供了完整的开发环境，其中包括：

- [IWR1443](#) 和 [IWR1642](#) 毫米波器件的硬件 EVM。
- 一个 [毫米波 SDK](#)，其中包括实时操作系统 (RTOS)、驱动程序、信号处理库、毫米波应用程序编程接口 (API)、mmWaveLink 和安全性软件（另行提供）。
- 用于算法开发和分析的 [mmWave Studio](#) 脱机工具，其中包括数据采集、可视化工具和系统估算器。

要了解有关毫米波产品、工具和软件的更多信息，请参阅 www.ti.com/mmwave。

重要声明：本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅最新最全面的产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。有关任何其他公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的批准、担保或认可。

平台标识是德州仪器 (TI) 的商标。所有其他商标均为其各自所有者的财产。

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的所有 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。你就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够（1）预见故障的危险后果，（2）监视故障及其后果，以及（3）降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法理授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默认的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、评估模块和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/samptersms.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司