

## Technical Article

## 使用单芯片 8 x 8 级联收发器实现 4D 雷达成像



Rogerio Almeida, Gerold Joseph Dhanabalan

## 总结

本文探讨了 [AWR2188](#) 等单芯片 8 x 8 雷达收发器如何为自动驾驶车辆实现先进的 4D 成像雷达。4D 雷达增加垂直角度测量功能来检测物体高度，从而提高 ADAS 的精度。这些器件还支持卫星雷达架构，其中分布式传感器将原始数据流传输到中央处理器，从而简化系统设计并使车辆的雷达覆盖范围更加全面。

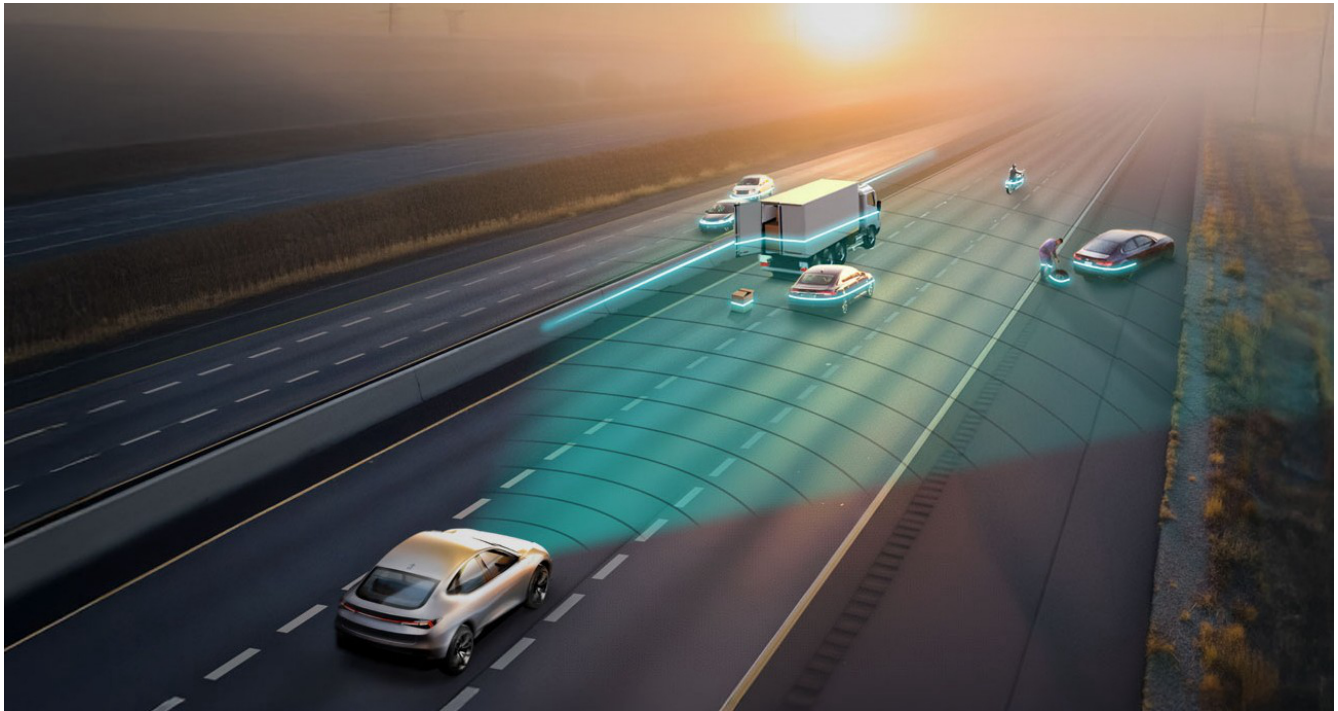


图 1. 4D 成像雷达可提供高分辨率数据，包括道路上物体的高度

## 简介

要释放自动驾驶功能的潜力，需要高级驾驶辅助系统 (ADAS) 能够可靠地收集详细的环境数据流，包括与其他物体的接近程度、汽车周围和前方物体的类型（其他汽车、人员、障碍物）以及汽车行驶的速度。

雷达仍是一项基础技术，使 ADAS 能够更好地感知车辆周围环境并对其做出反应，尤其是在恶劣天气条件下，这类环境不仅会降低驾驶员的视敏度，还会限制视觉和光传感器的精度。

4D 成像雷达等雷达技术的创新在支持高分辨率感应的同时添加了垂直角度测量以及卫星雷达配置，正加速推动汽车行业向更高层次的自动驾驶发展，其分类标准由汽车工程师学会制定。

这些创新和单芯片雷达收发器可简化全面、高分辨率雷达传感的实现，从而以更高的精度跟踪和识别附近或正在靠近的物体。

什么是 4D 雷达？它对自动驾驶有什么影响？

汽车雷达系统通常在车辆的前后角使用短距离和中距离雷达传感器来实现盲点检测、车道保持辅助以及前后侧向来车警示。位于车辆前部的远距离雷达传感器可处理自动紧急制动和自适应巡航控制。4D 成像雷达通过添加垂直角度测量功能来扩展 3D 雷达的功能（如表 1 所示），允许车辆检测桥梁和隧道等结构的高度。

**表 1. 传统汽车雷达系统的核心功能**

功能	说明
距离测量	通过距离测量实现安全跟车距离
速度检测	使用多普勒频移来跟踪移动物体的相对速度
角分辨率	确定对象的相对位置
多对象跟踪	支持同时跟踪车辆、行人和骑行者

结合距离、水平位置和速度数据，ADAS 功能可以检测物体并区分道路上的碎屑、障碍物、车辆、路面、行人，甚至是蹲在车辆旁更换轮胎的人员。这些感应功能可实现车辆周围物体的高分辨率可视化（图 1）。

除了扩展物体检测范围外，4D 成像雷达在精度上也有所提高。与激光雷达或摄像头不同，4D 成像雷达依靠回声定位，使用无线电波来确定物体的位置、速度和形状，从而监测环境和车辆状况。由于无线电波的波长较长，可以穿透雨、雾和灰尘等颗粒，因此 4D 成像雷达在能见度较差的恶劣条件下具有比激光雷达或摄像头更好的性能。

4D 成像雷达从多输入多输出天线阵列获取数据，便于进行高分辨率映射。由于许多天线向周围环境中的目标发送信号，并接收这些目标反射的信号，该天线阵列会生成点云数据，从而改善环境建模和物体分类的精度。

#### 单芯片 8 x 8 雷达芯片如何简化 4D 雷达设计？

实施 4D 成像雷达给汽车原始设备制造商 (OEM) 带来了巨大的挑战。传统的雷达系统通常需要级联多个芯片，以实现高分辨率成像所需的天线阵列尺寸和通道数，因此增加了系统复杂性、功耗和成本。这种集成还需要更多的热管理和更大的印刷电路板尺寸，使得车辆设计和制造变得复杂。

例如，使用 4 x 4 收发器实现 8 x 8 配置需要两个级联 4 x 4 收发器以及 PMIC、额外的外设和更大的电路板来对两个 IC 进行布线。这增加了整体系统复杂性、功耗和系统成本。单芯片 AWR2188 收发器可自行实现此配置，同时仅需将四个 8 x 8 器件级联在一起即可实现高达 32 x 32 的可扩展性，显著降低了系统复杂性。

图 2 显示了 AWR2188 收发器如何从 8 x 8 配置级联到 16 x 16、24 x 24 和 32 x 32 配置。这种高水平的可扩展性使 1 级汽车供应商和 OEM 能够满足消费者对改进功能和更高自动驾驶水平的需求。

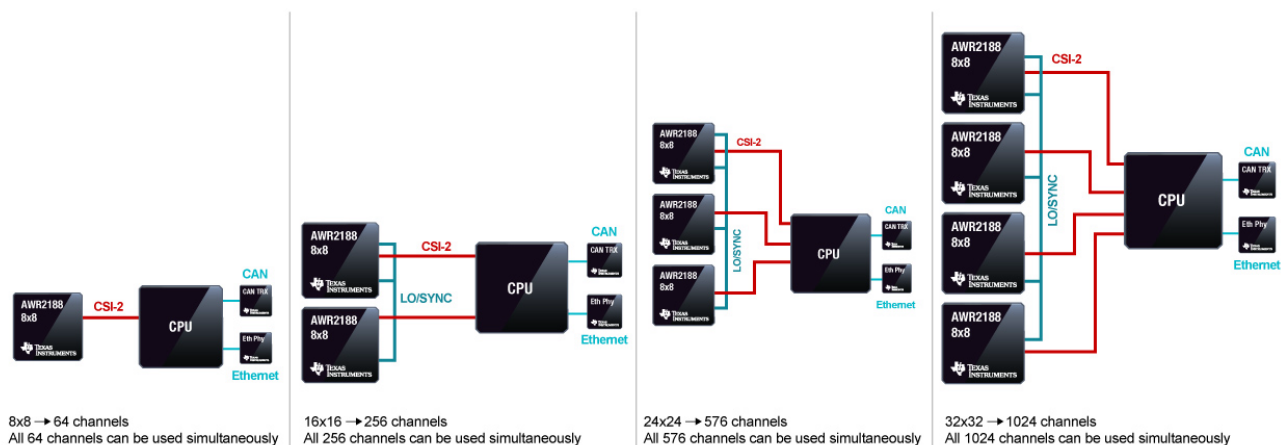


图 2. 具有 AWR2188 4D 雷达收发器的 8 x 8 至 32 x 32 级联配置

级联这些器件可帮助设计人员在 >350m 处实现更高的性能和更精确的远距离物体检测（如 图 3 所示），同时还提供从具有成本效益的独立实施方案到优质雷达系统的可扩展开发路径。

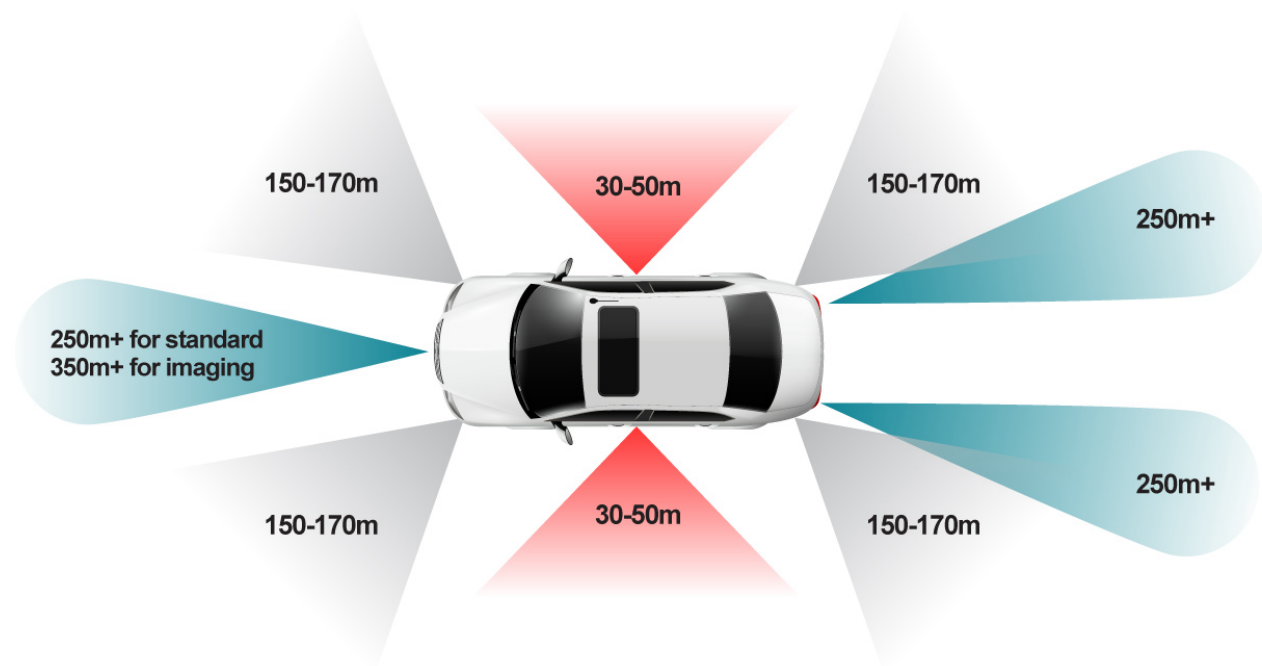


图 3. 4D 成像雷达可扩大覆盖范围

## 单芯片 8 x 8 雷达收发器如何支持卫星雷达架构

为了支持复杂的 ADAS 功能，汽车雷达正在从传统的边缘雷达架构（在每个传感器上处理数据）向卫星雷达架构（车辆周围的雷达收发器提供原始数据以供中央电子控制单元（ECU）处理）发展。

通过卫星架构的分布式配置，中央 ECU 可以更轻松地构建全面的环境视图，更大幅度地缩小覆盖范围差距，而不是像传统的边缘雷达配置那样在边缘处理数据。

在卫星架构中，中央 ECU 通过其高水平的计算资源最大限度地减少了延时，从而使车辆能够更快地响应传感器数据。

现代传感器集成越来越多地使用人工智能和机器学习框架来组合来自成像系统和雷达传感器等多个输入源的数据，从而通过极少的处理或原始传感器输入来提高系统性能。将未过滤的数据流传输到 CPU，为车队之间基于软件的产品差异化和运营适应性创造了机会，这是传统架构无法实现的。

AWR2188 支持两种架构，旨在与行业领先的处理器生态系统集成，助力设计师在设计更高级别自动驾驶车型时，能够更轻松地采用卫星雷达架构。图 4 是使用 AWR2188 传感器的卫星架构方框图。

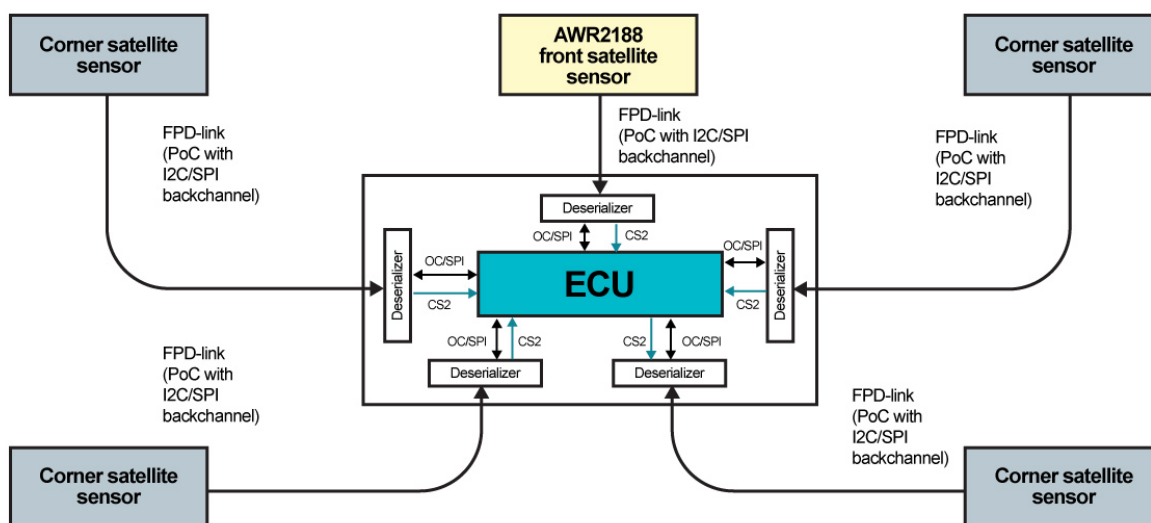


图 4. 卫星雷达架构的方框图

## 结语

通过增强对周围世界的视野，我们可以朝着更具响应性、更安全且自动驾驶体验更完善的未来迈进。为了更好地了解周围环境，现代车辆会采用多种传感模态的组合来增强 ADAS 功能。

AWR2188 等 4D 成像雷达收发器可提供支持从边缘雷达应用演进至卫星雷达应用所需的射频性能、通道数和级联能力。

## 其他资源

- 从设计指南开始，“[适用于汽车前雷达的单芯片毫米波流雷达参考设计。](#)”
- 了解卫星架构，请参阅技术文章“[您准备好迎接新兴汽车雷达卫星架构了吗？](#)”

## 商标

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月