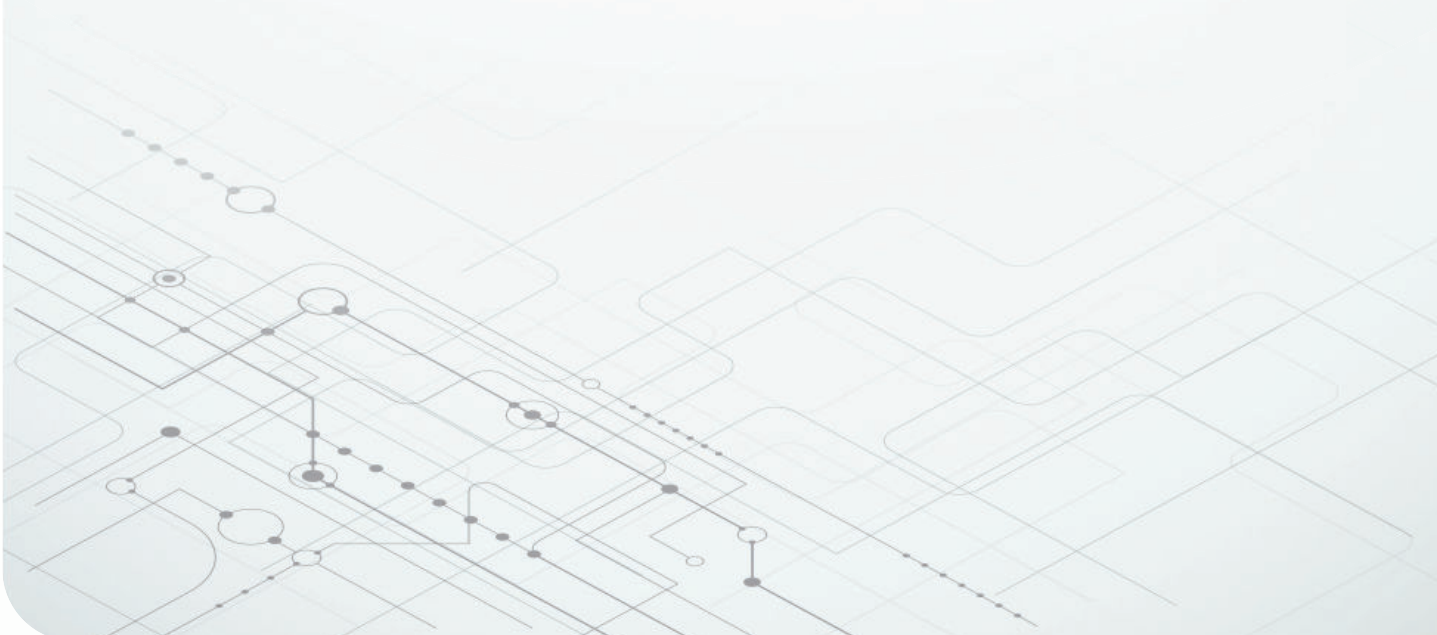


使用 TI 毫米波雷达和超声波传感器 实现自动泊车



现有的超声波和摄像头系统，辅之以全新 TI 毫米波雷达传感器，促进了从辅助泊车到自动泊车的转变。

主要汽车原始设备制造商 (OEM) 正在开发独立于操作员的自主性持续增长的车辆。今年将开始从汽车工程师学会 (SAE) 1 级驾驶辅助平台向 2 级部分自动泊车和车道辅助平台过渡。高级驾驶辅助系统 (ADAS) 的硬件和软件设计人员需要为这一过渡做好准备。

当今的泊车辅助技术（基于超声波和摄像头传感器）正在向更有效且更具成本效益的自动泊车系统发展，该发展将显著受益于 TI 毫米波雷达传感器添加。为了了解从纯超声波解决方案过渡到组合毫米波雷达平台所涉及的内容，让我们首先回顾一下每种技术的基础知识。

尽管采用了搜索泊车技术，但泊车的操作场景模式仍然相同。在搜索模式下，汽车“寻找”并识别一个合适的停车位。然后，自动泊车模式将车辆操纵到已识别的停车位。在两种自动泊车模式下，搜索模式的预期测量精度高达 40m，泊车模式的预期测量精度接近 0 至 20m。

满足这种分辨率精度只是需要结合超声波、雷达和摄像头传感器来确定全自动泊车的距离、速度和角度参数的原因之一。所有这些传感器类型提供了其周围环境的互补但不同的视图。

超声波基础知识

过去 20 年来，超声波传感器一直用于汽车领域的物体检测。超声波是指高于人类听觉范围 (>20kHz) 的信号，通常处于 40 至 70kHz 范围内。频率决定了距离测量的范围和分辨率，较低的频率可产生较大的传感范围。

超声波辐射到其路径中的物体上，然后从物体上反射回来。了解信号波的传播时间和声速便足以计算车辆与物体（例如另一辆车或路缘）之间的距离。这些传感器成本低且灵活，尤其适用于短距离汽车应用（请参阅图 1）。

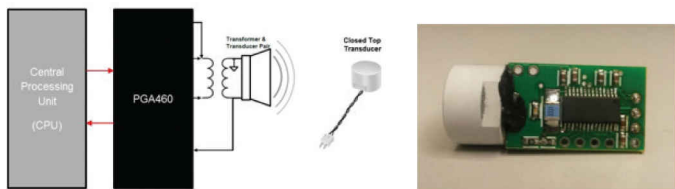


图 1. 组合了超声波传感器、信号处理器和驱动器的超声波收发器模块示例

目前超声波传感器的汽车应用包括泊车辅助、引导和倒车警告。这些系统已经从简单地检测物体的存在并提醒驾驶员与物体的接近程度（伴随不断增加的“嘟嘟声”）发展为几乎没有驾驶员交互的自动泊车。通常，这些超声波系统需要在汽车周围全局性地环形放置 4 至 12 个传感器，以提供所需的检测覆盖范围（请参阅图 2）。

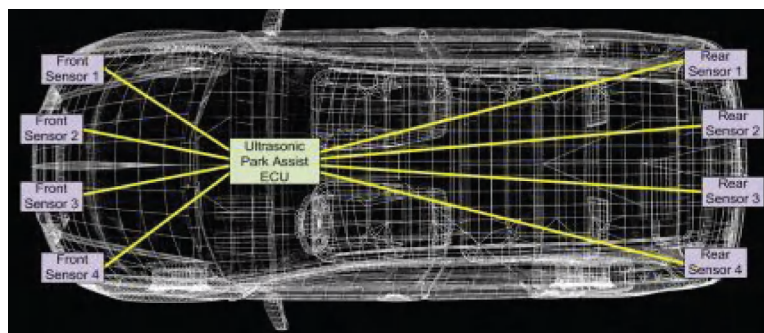


图 2. 在汽车周围放置超声波传感器以实现不同程度的物体检测覆盖范围

在倒车或前进时进行物体检测通常需要将四个传感器放置在相应的保险杠中；例如，每个角各放置一个传感器，保险杠中间放置两个传感器。为了覆盖整个车辆的检测范围，汽车每侧可能需要最多两个额外的传感器（总共 12 个传感器）。

超声波挑战

虽然超声波技术是倒车和辅助泊车的流行解决方案，但使用超声波传感器支持自动泊车功能时存在一些挑战。

第一个挑战源于超声波技术的成功。随着越来越多的汽车使用这些传感器，传感器之间会产生更多的信号。泊车时，相互冲突的超声波信号可能会产生大问题。如果相互接近两辆车都具有主动超声波传感器，则信号可能会相互反弹，每辆车都可能读取错误的超声波。

幸运的是，该问题已经通过智能信号编码或将唯一的频率标识符集成到每个发射波中得到解决。接收传感器查找相同的标识符来验证信号的来源。通过对已知频率进行编码、超声波技术可以帮助实现自动泊车。但还有另一个挑战。

超声波系统的主要缺点（尤其是与 TI 毫米波雷达相比）是其在 30cm 至 7m 的短距离应用中效果最佳。一旦超出该距离，超声波信号就会衰减并超出接收传感器的检测能力。泊车时面临的挑战是车辆可能会撞到超出（或低于）超声波检测阈值的杆子、墙壁或另一辆车。

尽管存在该距离限制，成熟且经实践验证的超声波传感器系统已成为一项强制技术。到 2019 年，世界许多地区将要求在新车中安装用于物体检测和避让的系统。

TI 毫米波雷达基础知识

到 2020 年，调频连续波毫米波数据传感器技术将开始出现在汽车中。毫米波是指介于 30GHz 和 300GHz 之间的频段。这些传感器为物体检测提供距离、速度和角度测量。

汽车应用的频谱为 24GHz 频段（预计到 2022 年逐步淘汰）和 77GHz 频段，涵盖 76GHz 至 81GHz。77GHz 频段通常分为两组：76GHz 至 77GHz 和 77GHz 至 81GHz。请注意，通道带宽越高（77GHz 至 81GHz 时为 4GHz），距离分辨率就越高。此外，更高的千兆赫频率更有利于实现精确的速度测量。

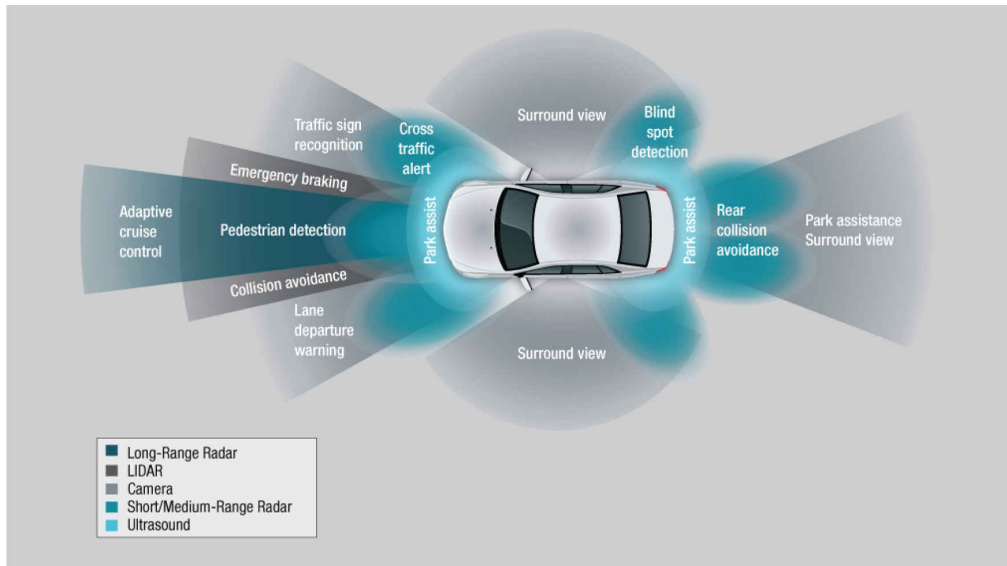


图 3. 当前 ADAS 应用中的超声波和 TI 毫米波传感器使用

77GHz 频段雷达预计为所有未来汽车雷达提供近距离（小于 30m）和远距离检测（请参阅图 3）。

如前所述，基于 TI 毫米波雷达的系统用于测量传感器前方物体的距离、速度和到达角。该技术可轻松提供具有 360 度传感功能的车辆环视。让我们考虑一下雷达如何测量这三个关键参数中的每个参数。

距离、速度和角度

从雷达传感器到物体的距离由称为线性调频脉冲的传输信号确定。线性调频脉冲通常是频率逐渐增加的正弦波。它

是频率被线性调制的连续波。这种类型的雷达系统称为调频连续波，简称为 FMCW。

本地振荡器或合成器生成发送到发射 (TX) 天线的线性频率斜升（线性调频脉冲）。该线性调频脉冲波遇到物体后，会被反射回至接收 (RX) 天线。RX 信号和原始 TX 信号相混合，从而产生一个通过模数转换器数字化的中频信号。该数字化数据通过数字信号处理器 (DSP) 进行快速傅里叶变换 (FFT) 处理，将峰值频率转换为特定的物体距离（请参阅图 4）。

FFT 处理将物体的峰值频率解析为物体的实际距离测量值。这些峰值频率的相位对物体距离的微小变化非常敏感。例如，如果物体的位置改变波长的四分之一（77GHz 下约为 1mm），则会产生 180 度的完全相位反转。相位信息是汽车和物体之间速度估算的基础（请参阅图 5）。由于这些毫米波测量，该类型的雷达称为毫米波雷达。

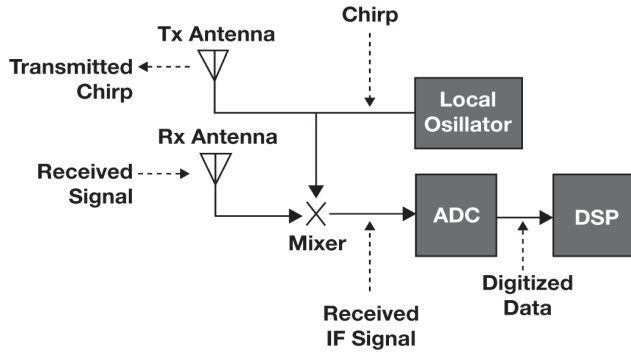


图 4. 具有单个 TX 天线和单个 RX 天线的 FMCW 雷达简化方框图

FFT 处理可生成雷达前方物体的距离和速度数据。但如何获取关于物体到达角的信息呢？

在角度维度上解析物体需要多个接收天线。通过对这些多个天线进行 FFT 计算处理，可提供必要的角度信息。

对于自动泊车，距离、速度和角度测量是检测路缘和估算路缘高度所需的关键参数。但仅通过超声波传感器很难获取路缘高度信息。雷达是满足这些要求的一种经济高效的方法。

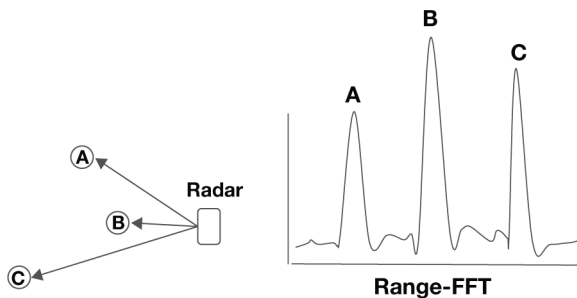


图 5. FFT 处理将从物体反射回来的信号的峰值频率转换为距离测量值

此外，毫米波雷达可以提供比超声波传感器更宽的视场 – 具体取决于天线。例如，毫米波在搜索模式下可以看到 40m 的距离。视场参数提供水平和垂直测量值，这是估算路缘高度所必需的。这是自动泊车的一项新要求。

用于路缘等的 TI 毫米波

雷达传感器对于确定汽车到路缘或其他物体的最小距离非常有用。甚至可以稍微改动用于盲点检测的现有角雷达以提供泊车雷达功能，从而减少系统级传感器数量。最后，毫米波信号受恶劣天气条件的影响较小。

当车辆驶入狭窄的停车位时，判断车辆与路缘的接近程度尤其重要。遗憾的是，单个超声波传感单元的物理检测极限约为 10cm。超声波传感器和物体之间的该“最小可测量距离”是由接收器在准确监测反射信号之前必须等待的时间产生的。在典型的超声波传感器中，发送器和接收器是同一个单元。因此，接收器必须等待发送器振动衰减至低于其阈值。

使用单独的超声波发送器和接收器可以消除衰减时间问题 - 假设两者距离足够远，不会引起串扰。但采用两个器件会使成本翻倍，因此大多数车辆使用组合式发送/接收传感器。

汽车设计人员不是添加更多超声波传感器，而是考虑使用 TI 毫米波雷达传感器。除了检测距离近至 3cm 的路缘外，这些雷达系统还提供更好的性能和额外的测量功能，例如测量物体的速度和与传感器所成的角度。

诚然，超声波和 TI 毫米波雷达系统之间的性能和成本权衡并不是平衡的比较。虽然 TI 毫米波雷达传感器可提供更高的分辨率和额外的参数测量并且需要更少的传感器，但它们目前比超声波传感器更昂贵。

TI 毫米波雷达传感器的另一个考虑因素是天线的成本。从好的方面来说，新的封装设计会在片上集成天线，从而使传感器尺寸和外形更小。

与超声波传感器相比，环境因素也更青睐 TI 毫米波。汽车保险杠上常见的污垢和碎屑可能会妨碍超声波测量，但不会妨碍雷达测量。此外，雷达不需要超声波传感器所需的非金属保险杠切口。

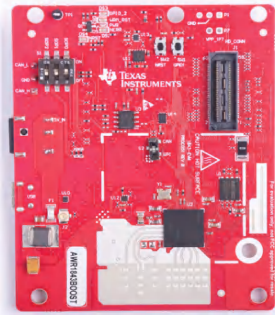


图6. TI 的 AWR1843BOOST 77GHz 汽车毫米波评估模块

减少这些切口可以进一步保护雷达传感器免受环境影响，同时保持汽车的美观。

最后，毫米波技术的额外处理能力可能会带来一些优势。例如，TI 的 AWR 系列片上雷达器件提供所有必要的片上传感器处理。图 6 展示了 AWR1843 泊车传感器的评估模块。这些自动泊车芯片的输出可以直接进入控制车辆泊车或转向系统的系统，无需额外的计算。

总结

毫米波雷达传感器的优势包括车辆周围 360 度全覆盖以及可准确测量物体的距离、速度和角度。这些功能使毫米波雷达传感器能够补充当今的超声波和摄像头系统，以实现辅助泊车和自动泊车。

最早从 2020 年开始，汽车 OEM 利用额外的毫米波雷达功能来稍微改动现有的超声波传感器，以便执行自动泊车、盲点检测、防撞等所需的所有测量和处理。

其他资源

- 阅读白皮书“[非常适用于自动驾驶应用的 TI 智能传感器](#)”。
- 阅读博客文章“[超声波传感器用于何处？ - 第 1 部分](#)”。
- 查看参考设计[使用 77GHz 毫米波传感器的自动泊车系统参考设计](#)和[用于泊车辅助的汽车超声波传感模块参考设计](#)

- 观看 TI 培训视频“毫米波传感简介：[FMCW 雷达，模块 1：距离估算](#)”。

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。建议客户在订购之前获取有关 TI 产品和服务的最新和完整信息。TI 对应用帮助、客户的应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不负任何责任。有关任何其它公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的认可、保证或授权。

所有商标均为其各自所有者的财产。

© 2019 Texas Instruments Incorporated



ZHCY194B

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司