

Technical Article

更清晰的视野：激光雷达如何改善机器人导航能力



Rachel Scheller

激光雷达技术正持续提升机器人与自主系统在各种环境中的感知、反应和安全运行水平。这项技术虽已有数十年历史，但近年来的发展才使激光雷达成功应用于机器人领域，例如 [图 1](#) 所示的自主移动机器人 (AMR)。



图 1. 一款利用激光雷达导航的 AMR

某热门电影系列中，机器人能从汽车变形成具备人类性格的全功能机器人。现实中，如今的机器人尚未拥有这种感知能力，其需要摄像头充当“眼睛”来应对充满未知障碍的环境。

在汽车领域，我们不难理解为何采用所有可能的导航方法（而不仅仅是摄像头）有利于确保车辆、乘客和行人的安全。借助一套称为“传感器融合”的检测模块，可让激光雷达、雷达和摄像头等导航方法并行工作，从而实现距离和速度测量。传感器融合可使车辆以精准视角观察周围环境中的障碍物。

因此，在机器人领域，激光雷达技术的进步将推动 AMR 在各种场景中的广泛应用，提供更强的环境感知能力、障碍物探测能力和实时反应能力，同时克服基于摄像头的传统系统的局限性。

汽车激光雷达与工业激光雷达

在商用车辆上，可在车顶或底盘侧面发现机械扫描激光雷达（见图 2）。激光雷达模块的大小与冰球差不多，单个模块往往配备 32 至 128 个通道，移动速度极快，平均 0.2 秒就能旋转 360 度。采用光学飞行时间 (ToF) 架构和基于模数转换器 (ADC) 的系统，每个模块能够在每个通道获取更多信息，但代价是更高的功耗和更大的尺寸。

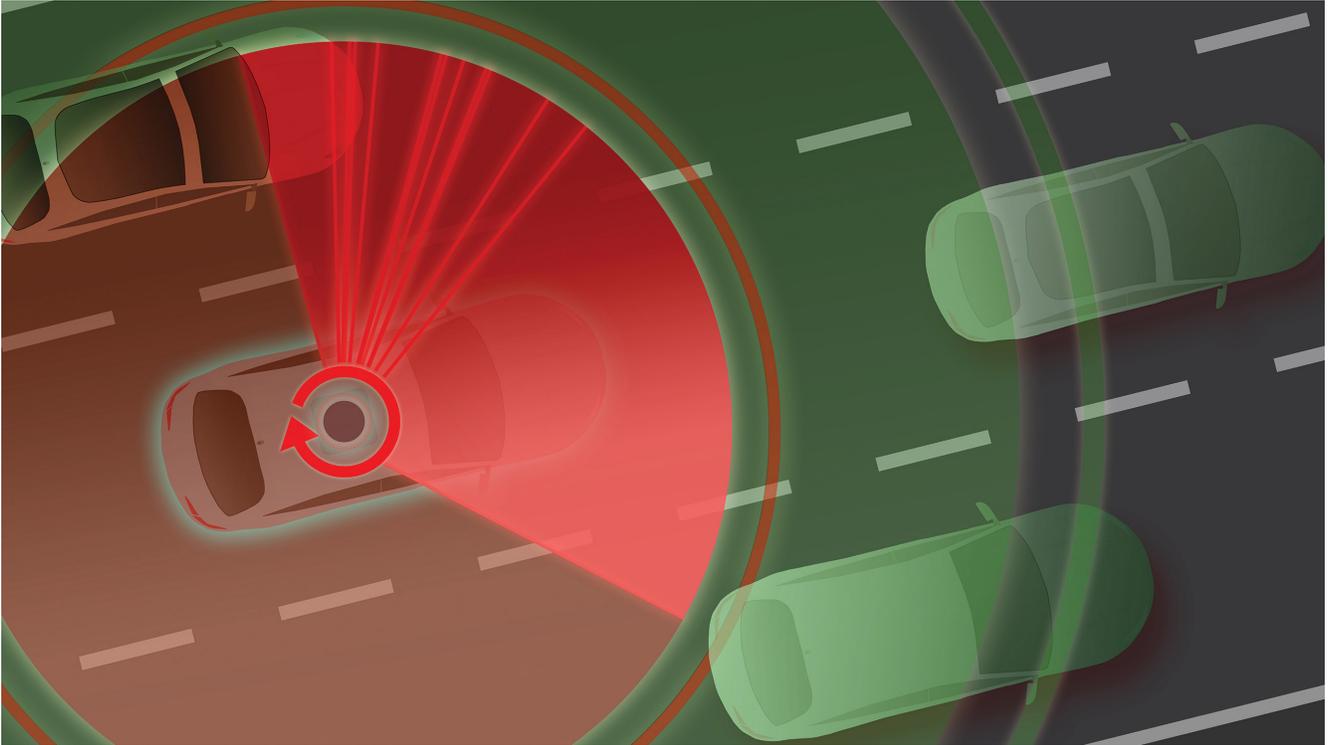


图 2. 位于底盘顶部中央位置的机械扫描激光雷达模块

配备 ADC 的激光雷达模块通常被称为 3D 或 4D 设计，具体取决于其能够创建三维还是四维信息点云的能力。

工业激光雷达虽然具有相同的技术基础，但每个模块的通道数通常较少，有时甚至只有一个通道。由于降低了复杂性和尺寸，工业模块的成本和功耗通常都更低，且更易集成到机器人设计中。根据其生成二维点云或单维距离测量的能力，工业激光雷达系统可分为二维或单维类型。

工业激光雷达的应用包括交通监控、港口和枢纽监控、配送仓库导航和监控、AMR、自动驾驶工业车辆，以及智能手机和平板电脑等个人电子产品。

激光雷达对机器人有何好处？

随着 AMR 进入新的领域，且行动比以往都更加独立，仅靠摄像头可能已难以满足需求。想象一下，一辆 AMR 送货货车正在街区的人行道上行驶。即便是人行道区域，也可能出现汽车、垃圾桶、行人、自行车或儿童玩具等各类障碍物，这些都会影响机器人的导航能力。

AMR 必须检测到这些障碍物，评估潜在影响，并实时做出相应反应，这一点至关重要。添加激光雷达模块可提供必要的分辨率和响应时间，从而使 AMR 能够感知环境变化（如滚入路径的球），从而快速反应并避免碰撞。图 3 演示了一个配有激光雷达的 AMR 在拥挤的人行道上移动。



图 3. 在户外导航的 AMR

尽管摄像头能提供高分辨率图像，但其在精确测距方面存在局限，而这恰恰是判断 AMR 应继续行进还是调整路线的关键依据。

此外，AMR 需确保在各种光照和天气条件下正常工作。激光雷达技术既不受这些环境因素制约，也无需外部光源（而这正是基于摄像头的系统的限制因素）。

加速激光雷达在机器人中的应用

随着激光雷达的发展前景越来越明朗，设计工程师必须选择合适的方法来将这种先进的感应技术集成到系统中。首先，必须为激光雷达光学设计中的发射路径设计激光驱动电路，并为接收路径配置跨阻放大器 (TIA)，如 [图 4](#) 所示。可选方案包括在光电二极管和时间数字转换器之间为具有 TIA (如 [LMH34400](#)) 的接收信号链实现单芯片设计，或选用 [TLV3801](#) 等高速比较器进行设计配对。

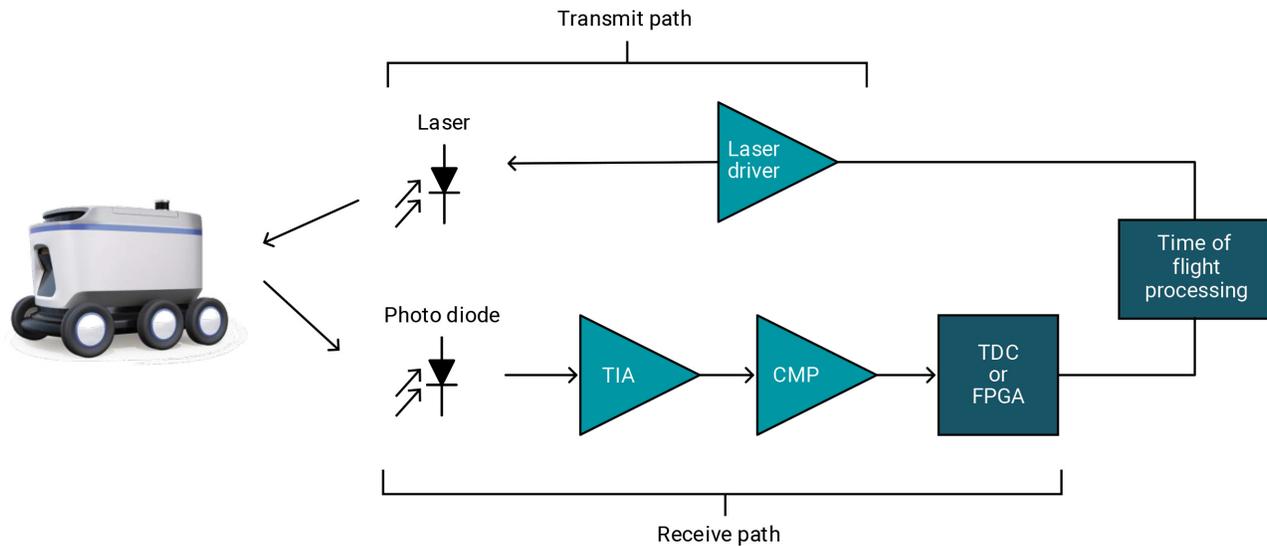


图 4. 激光雷达光学信号链方框图

在设计传输路径时，[LMH13000 集成激光驱动器](#)可在两种操作模式（连续和脉冲）下提供高输出电流驱动，从而最大限度地减少对额外分立元件的需求。这款低电压差分信号控制电流源可实现 2% 的脉冲宽度变化，上升和下降时间为 800ps，频率高达 250MHz。LMH13000 作为脉冲电流源工作时，可支持 50mA 至 5A 的输出电流。

窄脉冲和高输出电流驱动相结合，可产生更高功率的脉冲，从而使测量距离延长多达 30%，同时仍能确保符合人眼安全标准。借助改进的功能，机器人可更快、更准确地检测障碍物，从而改善实时决策并在复杂环境中实现更安全的导航。

结语

在汽车和工业车辆中，激光雷达都是实现移动自主性的核心一环。实时进行物体探测和避免碰撞可提高车辆和人员的安全性。那些在电影中穿梭于日常环境的逼真的移动机器人，也许并不像我们想象的那样遥不可及。

其他资源

- 即刻使用 TI 的[集成 TIA](#) 或[集成激光驱动器放大器](#)开始激光雷达设计。
 - 查阅应用说明“[飞行时间与激光雷达 - 光学前端设计](#)”和视频“[激光雷达脉冲飞行时间参考设计概览](#)。”
 - 下载“[为激光雷达和飞行时间 \(ToF\) 应用充分提升跨阻抗带宽的参考设计](#)”。
 - 阅读白皮书《[汽车激光雷达简介](#)》。

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

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