

### 摘要

毫米波雷达在汽车应用中已广为人知，可提高驾驶安全性。这些雷达传感器还可支持各种工业应用，包括家庭、医疗保健、工厂、电子产品和机器人。雷达传感器可使系统更安全、更可靠、更简单且更节能。与摄像头、PIR 和超声波等其他传感器模式相比，雷达具有以下优势：

- 与摄像头相比，雷达不会呈现图像，从而保护隐私信息。因此，用户可以在家中的任何位置安全地安装雷达传感器，用于安全监控应用中的存在和运动检测。此外，雷达可在任何光线条件下工作，无论是白天还是夜晚，雾天还是雨天。
  - 与 PIR 传感器相比，雷达可以感应微米级的运动信息，检测到几厘米到 20m 范围内处于完全静止状态的人，并可以很好地补充可视门铃和室内存在检测。
  - 与超声波相比，雷达可在安装过程中提供美学优势，因为雷达可以穿透大多数非金属外壳。此外，雷达可以检测几厘米范围内的物体，这对于超声波传感器来说是一项巨大的挑战。
  - 此外，雷达还提供非常丰富的速度信息，不仅提供以米/秒为单位的瞬时速度，还提供非常精细的速度（称为“微多普勒”信息）。这种丰富的速度信息包含很多特性，可用于对不同类型的物体（例如人类与宠物）进行分类。
- 

### 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 适用于个人电子产品的毫米波雷达传感器应用

60GHz 毫米波雷达传感器已开始被考虑用于个人电子产品市场中的传感应用。雷达技术的最新进展（包括具有高集成度的更小外形尺寸、更低功耗和优化的系统设计）使这一切成为可能。现在，我们来看看雷达在这一与人们高度密切的领域如何发挥作用。

第一种应用是笔记本电脑和 PC（个人计算机）。从用户的角度来看，节能是笔记本电脑/PC 的一项关键要求。理想情况下，如果用户离开计算机，计算机应自动休眠以节省电量。这可以通过配置 PC 时钟，使 PC 在一段时间内没有活动时进入睡眠或休眠状态来实现。这显然不是一种高效的方法。安装在屏幕面板后面的 60GHz 毫米波传感器可以检测用户是否在屏幕前面，如果不在屏幕前面，则进入睡眠状态，从而比较高效。同时，同一个传感器还可用于手势识别，以实现各种功能，例如调节音量、翻转页面/屏幕以及打开/关闭某些应用。这种非接触式控制在演示过程中（此时用户远离键盘）特别有用。此外，该传感器还可用于旁观者检测，尤其是在用户处理敏感信息时。雷达可以有效检测是否有其他人经过计算机和在计算机周围走动。

第二种应用是扬声器和耳机。雷达可以实现具有手势识别功能的非接触式用户界面，从而打开/关闭扬声器、音量控制和浏览播放列表。此外，由于雷达可以准确定位人员的位置，因此可以只向人员所在的方向发送声波，这大大增强了用户体验。另一方面，该器件会在倾向有更少噪声的方向上产生较少的噪声。雷达就像定向扬声器向空气中发射的“声音闪光灯”。对于无线耳机，一种常见的体验是，当用户调整耳机在耳朵中的位置时，轻触表面可能会导致误操作。借助毫米波传感器，可以通过手势发送所有控制指令。类似的功能可以引入手机、智能手表、游戏控制器等。

第三种应用是智能电视。毫米波传感器可以检测电视前面是否有人，因此电视可以在前面没人时自动切换到低功耗模式。此外，观看者的定位信息（包括距离和角度）可用于自动优化视觉和音频质量，从而改善用户体验，不受观看者在房间中的位置的影响。

图 1-1. 具有毫米波传感器的个人电子产品示例



## 适用于智能家居的毫米波雷达传感器应用

毫米波雷达传感器可实现家居智能化。我们来进行一次虚拟导览，看看雷达如何为您的家庭带来高效率。当您接近门时，带雷达的门铃可以检测到人的存在并唤醒摄像头以完成身份识别检查。如果通过身份验证，门可以自动打开。进入房间后，您无需触碰按钮，该房间的照明系统和空调可以自动打开。如果喜欢更凉爽的感受，您甚至可以选择让空调的气流跟随您在房间的位置而移动。当您坐下来阅读时，阅读灯可以感应您的位置和坐姿高度。灯可以自动打开，并根据您的位置调整亮度和高度。夜间，当您入睡时，灯将自动关闭，空调将风速和温度调节到睡眠模式，提供更舒适的体验。现在，您可以选择让空调的气流避开睡床，防止感冒。这项功能非常有用，尤其是对于在单独的房间里睡觉的小孩。在睡眠期间，雷达可以捕获您的睡眠质量信息，包括呼吸/心率、翻身次数和不同睡眠阶段的持续时间。这些信息可以很好地指示您的健康状况。

## 适用于患者和老年人护理的毫米波雷达传感器应用

随着全球人口预期寿命的延长，人工干预较少的老年人护理已成为一个新兴市场。由于隐私问题和照明条件限制，摄像头无法广泛部署。得益于雷达的固有优势，毫米波雷达非常适合此类应用。

据 CDC 称，有数百万老年人（65 岁以上）会跌倒。五次跌倒中会有一次导致需要紧急护理的严重伤害。如果无法及时报告跌倒事件，这种跌倒事件中的人员可能会错过最佳治疗时间窗口。毫米波雷达可以可靠地检测丰富的速度信息，其中包含与跌倒事件相关的独特功能。这种跌倒检测决定可以发送给医疗保健人员，让其能够毫无延迟地立即采取措施。由于雷达不存在任何隐私问题，因此可以根据需要在家中的任何房间（例如起居室、卧室或浴室）内部署。

由于更好的便利性和舒适性，老年人也更喜欢在睡眠期间进行非接触式生命体征监测。任何接触式监控传感器都可能干扰用户的睡眠，从而降低睡眠质量。由于雷达对距离变化非常灵敏，因此可以检测到人的胸部因心跳和呼吸而发生的移动。因此，可以在病床区域安装雷达，并监控人员的重要信息，包括呼吸频率、心率、血压、睡眠质量。如果医疗保健提供商需要进行密切监控，雷达还可以精确地确定患者在房间中的位置。



图 1-2. 雷达健康状况监视

### 适用于工厂自动化的毫米波雷达传感器应用

雷达传感器可使人与机器之间的交互更加高效、安全和智能，从而提高工厂效率并降低人力成本。在制造工厂中，毫米波雷达传感器用于协作机械臂，以精确定义安全工作区并避免发生碰撞事故。在大型仓库或零售超市内，雷达传感器可安装在物流机器人上，以便通过自导航功能进行订单取件和库存交付。雷达还可用于装载和卸载托盘的无驱叉车。

在室外空间，雷达可用于最后一公里的送货机器人。雷达可以显著提高交付效率，无需送货人挨门挨户配送。雷达也是施工车辆的明智选择，这些车辆通常在具有大量灰尘的恶劣环境中工作。借助雷达，这些建筑车辆可以安全自主地工作。机器人割草机是另一种应用，在这种应用中，雷达可以发挥很多作用。检测树枝和小动物等障碍物有助于割草机智能导航。



图 1-3. 割草机器人

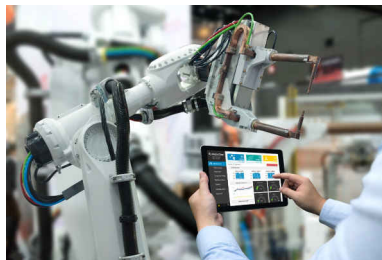


图 1-4. 机械臂



图 1-5. 自动化工厂

### 总结

60GHz 毫米波雷达传感器具有独特的优势，包括运动检测的高灵敏度、在所有天气条件下都能保持稳健性、不存在隐私问题以及掩体后面的可检测性。这些优势为各种工业和个人电子产品市场、更智能的家居和患者/老年人护理带来了新的机遇。TI 的 IWRL6432 器件是一款低功耗、低成本的 SoC 解决方案，可简化毫米波雷达设计，并为用户快速采用这种新型感应方式铺平道路。

## 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