

摒弃传统 24GHz 技术， 采用最新 77GHz 雷达



Karthik Ramasubramanian,

德州仪器 (TI)
雷达系统经理

Kishore Ramaiah,

德州仪器 (TI)
汽车雷达产品经理

Artem Aginskiy,

德州仪器 (TI)
工业雷达营销经理

近一个世纪以来，雷达技术广泛应用于军事、执法以及商业等各种应用。过去十年，市场对雷达技术的使用兴趣呈爆炸式增长态势，尤其是在汽车和工业领域。

在汽车领域，主要的雷达应用大致可以分为角雷达和前雷达。角雷达（位于汽车的前后角）通常是短程雷达（SRR）传感器，可满足盲区监测（BSD），变道辅助（LCA）以及前后方交通预警（F/RCTA）等要求，而前雷达通常为中远程雷达，用于自动紧急制动（AEB）和自适应巡航控制（ACC）。在工业领域，雷达的相关应用包括液体和固体高度传感、交通监控、机器人等。

本文将对常用于这些应用的两种不同频率的雷达即（24GHz 和 77GHz 雷达）进行探讨。我将就行业向 77GHz 雷达转变的发展趋势及其给我们带来的诸多优势进行阐述。德州仪器（TI）可提供各种高度集成的雷达传感器，从而让客户能够在汽车和工业市场中的各种雷达应用中充分发挥 77GHz 频带雷达的优势。

24GHz 和 77GHz 频带

首先看一所下涉及的相关频带（参见图 1）。24GHz 频带包括 24.0GHz 至 24.25GHz 范围内的工业、科技和医疗（ISM）频带，通常称为窄带（NB），其带宽为 250MHz。该频带为非授权频带，可按照[1, 2, 3]中的

规定使用。24GHz 频带还包括带宽为 5GHz 的超宽带（UWB）。

对于短程雷达而言，24GHz NB 和 UWB 频带现在广泛应用于传统的汽车传感器中。对于基本 BSD 等简单应用，您可以使用 NB ISM，但在大多数情况下（包括超短程雷达应用），对高距离分辨率的需求决定了必须使用 UWB 频带。

根据欧洲电信标准化协会（ETSI）和美国联邦通信委员会（FCC）制定的频谱法规和标准，UWB 频带很快将会被淘汰 [4, 5, 6, 7]。在欧洲和美国，24GHz UWB 频带将在 2022 年 1 月 1 日这一称之为“日落



图 1. 24GHz 和 77GHz 频带。

日期”的时间之后将无法继续使用，只有窄带 ISM 频带才能长期使用。由于 24GHz 频带的带宽较低，加之新兴的雷达应用对更高性能的需求，种种因素使得 24GHz 频带不再受新型雷达应用的青睐。在汽车行业中，这种趋势尤其明显，因为汽车行业对自动停车和 360 度视角等高级应用具有浓厚兴趣。

再看一下 77GHz，其中的 76-77GHz 频带可用于汽车远程雷达应用。该频带的优势是支持较高的等效全向辐射功率 (EIRP)，因此可实现自适应巡航控制等前端远程雷达应用。在日本 [9] 和欧洲 [7]，该频带还可用于固定交通基础设施雷达系统，以实现车流量检测、交通拥堵情况或事故检测、车速测量和用于交通信号灯激活的车辆检测等应用。77-81GHz 短程雷达 (SRR) 频带是一个全新的频带；无论从全球监管角度还是行业采用程度来看，该频带均显现出强劲的发展势头。由于该频带包括高达 4GHz 的高扫描带宽，因此非常适合用于需要高距离分辨率的应用。从长远看，大多数 24GHz 汽车雷达传感器很可能会切换为 77GHz 频带。

由于 75-85GHz 频带可用于工业液体和固体高度传

感应用 [5]，因此 77GHz 雷达传感器成为各种工业应用的理想选择。我们来讨论一下在汽车和工业应用中采用 77GHz 频带的诸多优势。

高距离分辨率和距离精度

77GHz 的一个主要优势在于该频带具有较大的带宽。与 24GHz 可提供的 200MHz ISM 频带相比，77GHz 可提供的带宽显著增加。具体来说，77-81GHz SRR 带宽可提供高达 4GHz 的扫描带宽。

由于可提供高带宽，因此显著提高了距离分辨率和精度。雷达传感器的距离分辨率表示其区分两个距离很近的物体的能力，而距离精度则表示其测量单个物体的距离的精度。由于距离分辨率和精度与扫描带宽成反比，因此，与 24GHz 雷达相比，77GHz 雷达传感器在距离分辨率和精度方面将性能提高了 20 倍。可实现 4cm 距离分辨率（而 24GHz 雷达为 75cm）。

借助高距离分辨率，可更好地区分物体（例如站在汽车附近的人）并提供检测物体的密集点云（参见图 2），从而改善环境建模和物体分类，这对于开发高级驾驶员辅助算法并实现自动驾驶功能非常重要。另外，

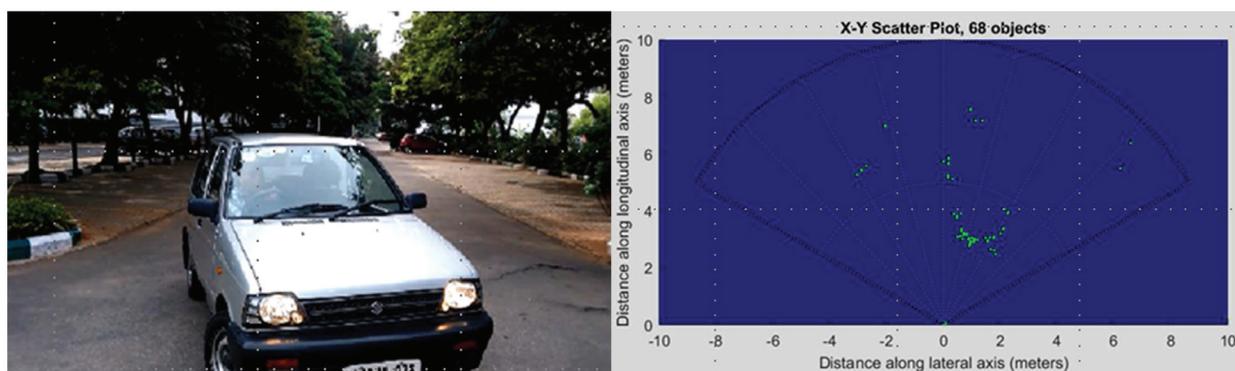


图 2. 高分辨率 77GHz 雷达可生成能显示汽车轮廓的密集点云。
!全球法规不断发展，有关特定频带所支持应用的信息也可能会随着时间的推移而变化。

更高的距离分辨率有助于传感器实现更佳的最小检测距离。对于停车辅助等应用，最小检测距离非常重要；与超声波传感器等技术相比，采用 77-81GHz 雷达在该方面具有显著优势。

对于工业高度传感等应用，距离精度（低至亚毫米）至关重要。77GHz 频带中的可用高带宽可极大提高距离测量的精度。另外，高分辨率有助于将液面与容器底部任何不需要的映像分离。这样即可让传感器测量“低至最后一滴”的液位，从而最大限度减少容器底部的死区，如图 3 所示。由于高分辨率改善了最小可测量距离，因此有助于在容器已满的情况下，测量容器最顶部的液位。

改进了速度分辨率和精度

速度分辨率和精度与射频频率 (RF) 成反比。因此，射频频率越高，速度分辨率和精度也越高。与 24GHz 传感器相比，77GHz 传感器将速度分辨率和精度提高了 3 倍。

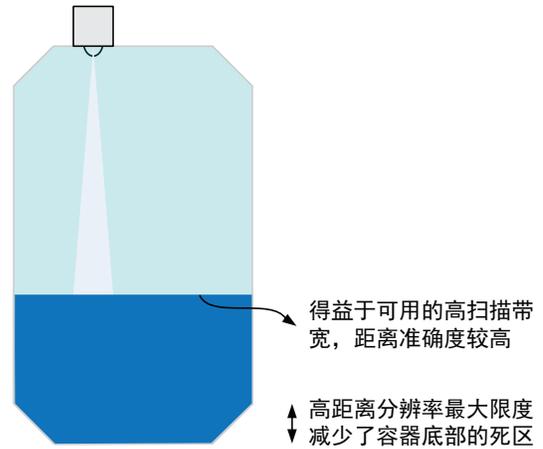


图 3. 高分辨率 77GHz 雷达提高了工业水平传感的性能。

对于自动停车辅助应用，由于需要在停车时准确地操纵低速行驶的车辆，因此速度分辨率和精度至关重要。图 4 显示了 1m 处点目标的典型 2D 快速傅里叶变换 (FFT) 距离速度图像，并描绘了借助 77GHz 雷达获得的更高分辨率的 2D 图像。

另外，借助传感器提供的更高分辨率和微多普勒签名，最近的研究在使用雷达进行行人检测和高级物体分类的算法中取得了一些进展。在工厂用无人车、改善交通监控等领域，更高的速度测量精度还有助于工业应用。

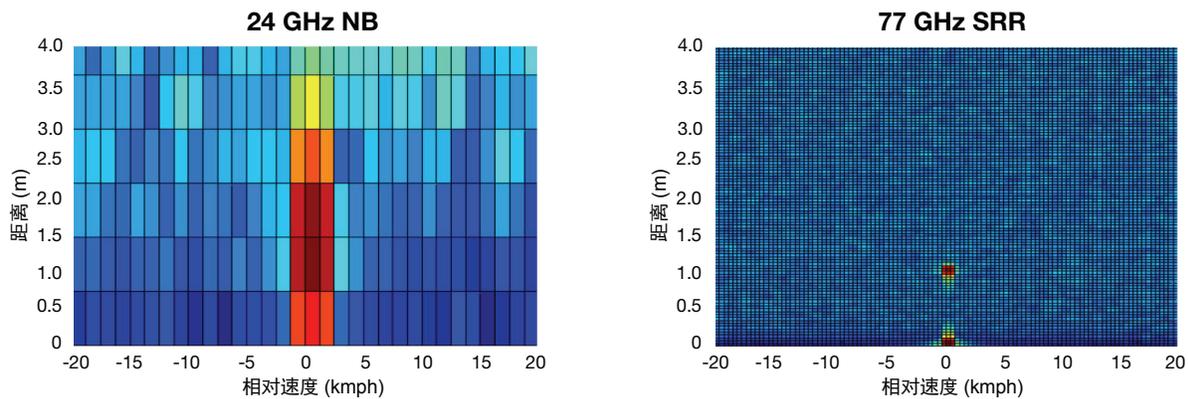


图 4. 超短程雷达图像图示 – 借助 77GHz 将距离分辨率提高了 20 倍，将速度分辨率提高了 3 倍。

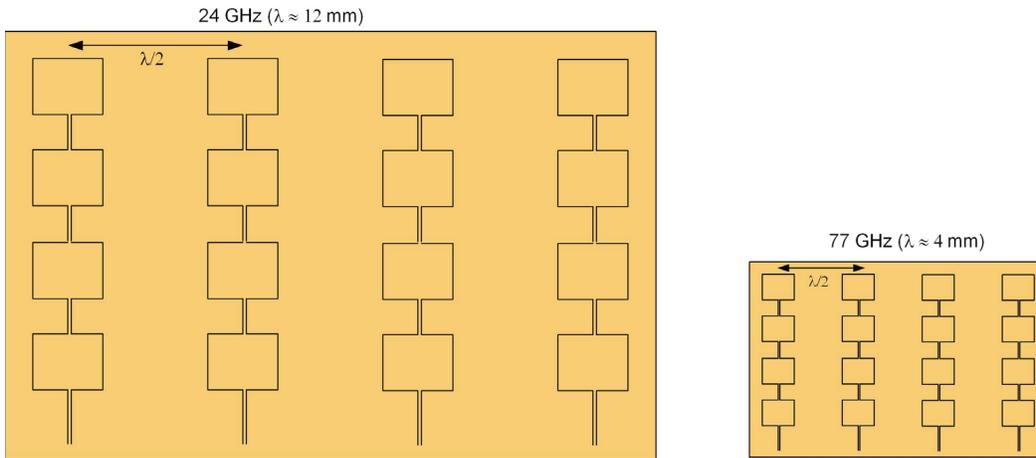


图 5. 更高的射频频率可实现传感器天线阵列的更小外形尺寸。

更小外形尺寸

更高射频频率的一个重要优势是可以减小传感器尺寸。对于所需的天线视域和增益，77GHz 与 24GHz 相比，其天线阵列的尺寸在 X 和 Y 维度上均减小 2/3（参见图 5）。这种尺寸的减小对于汽车应用（传感器需要安装在保险杠后方的狭小空间）特别有用；在车内的其他位置，包括用于某些接近应用的车门和后备箱；以及汽车内的车舱内应用。

转换为工业液位传感应用后，更高的射频支持使用相同尺寸的传感器和天线实现更窄的波束，从而产生巨大效益。如图 6 所示，较窄的波束可以减少容器侧面不需要的反射以及容器中的其他干扰障碍物。这样即可在降低干扰的情况下实现更高质量的测量。与之相对应的是，对于相同的波束宽度，更高的射频频率支持更小的传感器并进而实现紧凑、易于安装的外形尺寸。

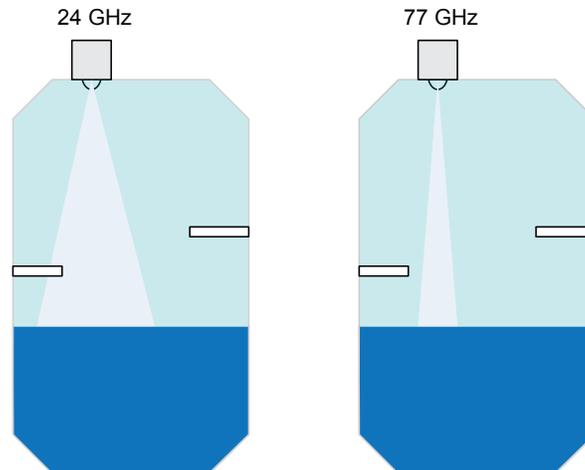


图 6. 更高的射频频率可实现更聚焦的波束。

总结

24GHz 的优势是处于非授权 ISM 频带并受全球调频法规的支持,但由于仅可提供 200MHz 带宽,而 77GHz 则可提供 4GHz 带宽,因此其应用受到限制。

目前,市场对 77GHz 雷达传感器的认可度日益提高,大力利用更高带宽和更高射频频率的优势来实现更精确的距离和速度测量,以及外形尺寸显著减小的传感器。德州仪器 (TI) 高度集成、简便易用的 77GHz 系列雷达器件支持开发紧凑、高性能的雷达传感器,适用于各种汽车和工业应用。

参考文献

1. ETSI EN 300 400 – Radio Equipment to be used in the 1 GHz to 40 GHz frequency range
2. FCC 47 CFR 15.245 - Operation within the bands 902-928 MHz, 2435-2465 MHz, 5785-5815 MHz, 10500-10550 MHz, and 24075-24175 MHz
3. FCC 47 CFR 15.249 - Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5725-5875 MHz, and 24.0-24.25 GHz
4. FCC 47 CFR 15.253 – Operation within the bands 46.7-46.9 GHz and 76.0-77.0 GHz.
5. FCC Report and Order – Radar services in the 76-81 GHz band, ET docket No. 15-26.
6. ETSI EN 302 264 – Short-range radar equipment operating in the 77 GHz to 81 GHz band.
7. ETSI EN 301 091 – Radar equipment operating in the 76 GHz to 77 GHz range.
8. FCC 47 CFR 15.256 - Operation of level probing radars within the bands 5.925-7.250 GHz, 24.05-29.00GHz 以及 75-85GHz 频带内工作的液位探测雷达
9. ARIB STD-T48 Version 2. 1, Millimeter-wave radar equipment for specified low power radio station

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全面的全新产品与服务信息。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。

IMPORTANT NOTICE FOR TI DESIGN INFORMATION AND RESOURCES

Texas Instruments Incorporated ("TI") technical, application or other design advice, services or information, including, but not limited to, reference designs and materials relating to evaluation modules, (collectively, "TI Resources") are intended to assist designers who are developing applications that incorporate TI products; by downloading, accessing or using any particular TI Resource in any way, you (individually or, if you are acting on behalf of a company, your company) agree to use it solely for this purpose and subject to the terms of this Notice.

TI's provision of TI Resources does not expand or otherwise alter TI's applicable published warranties or warranty disclaimers for TI products, and no additional obligations or liabilities arise from TI providing such TI Resources. TI reserves the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its TI Resources.

You understand and agree that you remain responsible for using your independent analysis, evaluation and judgment in designing your applications and that you have full and exclusive responsibility to assure the safety of your applications and compliance of your applications (and of all TI products used in or for your applications) with all applicable regulations, laws and other applicable requirements. You represent that, with respect to your applications, you have all the necessary expertise to create and implement safeguards that (1) anticipate dangerous consequences of failures, (2) monitor failures and their consequences, and (3) lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate actions. You agree that prior to using or distributing any applications that include TI products, you will thoroughly test such applications and the functionality of such TI products as used in such applications. TI has not conducted any testing other than that specifically described in the published documentation for a particular TI Resource.

You are authorized to use, copy and modify any individual TI Resource only in connection with the development of applications that include the TI product(s) identified in such TI Resource. NO OTHER LICENSE, EXPRESS OR IMPLIED, BY ESTOPPEL OR OTHERWISE TO ANY OTHER TI INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT, AND NO LICENSE TO ANY TECHNOLOGY OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI OR ANY THIRD PARTY IS GRANTED HEREIN, including but not limited to any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information regarding or referencing third-party products or services does not constitute a license to use such products or services, or a warranty or endorsement thereof. Use of TI Resources may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

TI RESOURCES ARE PROVIDED "AS IS" AND WITH ALL FAULTS. TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES OR REPRESENTATIONS, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING TI RESOURCES OR USE THEREOF, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ACCURACY OR COMPLETENESS, TITLE, ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY AND ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

TI SHALL NOT BE LIABLE FOR AND SHALL NOT DEFEND OR INDEMNIFY YOU AGAINST ANY CLAIM, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY INFRINGEMENT CLAIM THAT RELATES TO OR IS BASED ON ANY COMBINATION OF PRODUCTS EVEN IF DESCRIBED IN TI RESOURCES OR OTHERWISE. IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY ACTUAL, DIRECT, SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF TI RESOURCES OR USE THEREOF, AND REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

You agree to fully indemnify TI and its representatives against any damages, costs, losses, and/or liabilities arising out of your non-compliance with the terms and provisions of this Notice.

This Notice applies to TI Resources. Additional terms apply to the use and purchase of certain types of materials, TI products and services. These include; without limitation, TI's standard terms for semiconductor products (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>), [evaluation modules](#), and [samples](http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm) (<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>).

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated