

EVM User's Guide: AWR2243-2X-CAS-EVM

双器件毫米波级联汽车 4D 成像雷达



说明

该汽车雷达是一个 76GHz 至 81GHz 的级联雷达传感器模块，这包括由 AWR2243 器件和 AM2732R 雷达处理器构成的双器件级联阵列。在这一级联雷达配置中，一个主器件向主器件和辅助器件分配 20GHz 的本机振荡器 (LO) 信号，使这两个器件作为单个射频收发器运行。这最多可以支持 6 个发送 (TX) 和 8 个接收 (RX) 天线元件，从而在 MIMO 虚拟阵列中提供总共 48 个虚拟通道。

开始使用

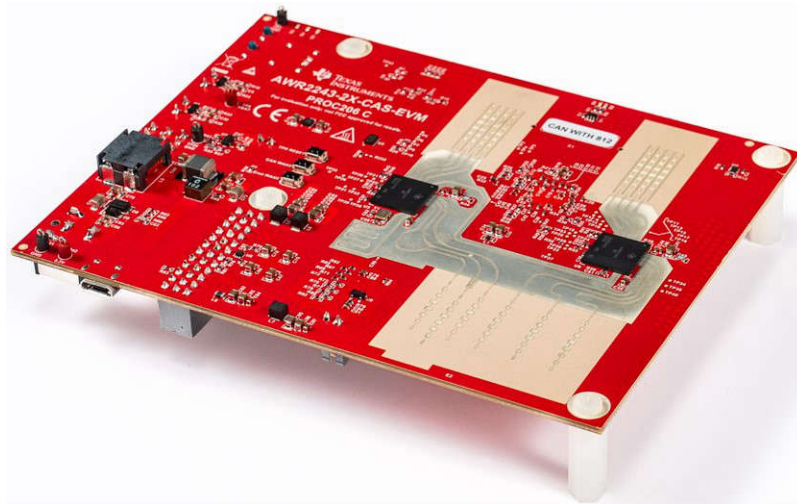
1. 访问 [AWR2243-2X-CAS-EVM](#) 产品页面。
2. 导航至 [Radar Toolbox](#) 并将工具箱安装到 PC 上。

特性

- 成像雷达
- 长距离 TX 波束形成和波束控制
- 提高角分辨率的 MIMO
- 电源经过优化，减小了尺寸，提高了效率
- 双器件 76GHz 至 81GHz 汽车雷达传感器集成了 DSP 和 MCU，并经由 CAN-FD、以太网或 LVDS 提供目标数据
- 宽输入电压范围，36V 非电池电源电压，最高可支持 42V 电压
- 符合 ASIL B 等级的诊断和监测功能

应用

- [成像雷达](#)
- [远程雷达](#)
- [中距雷达或短距雷达](#)



1 评估模块概述

1.1 简介

许多汽车安全系统都需要车辆周围环境的高分辨率图像。该级联雷达通过结合使用两个 76GHz 至 81GHz 雷达收发器、一个雷达处理器、两个 CAN-FD PHY、一个以太网 PHY 和一个低噪声电源，解决了这些问题。系统仅需要两个连接，即电池电源输入和用于数据输出的 CAN-FD 或以太网。

该设计的雷达部分采用印刷电路板 (PCB) 蚀刻天线，带有 6 个发射元件和 8 个接收元件。通过使用该天线，会发送调制线性调频脉冲，并对反射信号采样后输入到板载数字信号处理器 (DSP) 中。借助这些信息，传感器可以记录天线视场内物体的距离、角度和速度测量值。该设计提供了一项功能，可将物体数据以 5Mb/s 的速率写入 CAN-FD 总线上的中央电子控制单元 (ECU)，将原始数据写入 LVDS 端口，或通过以太网 PHY 以高达 100Mb/s 的速率写入数据。

双芯片 AWR2243 级联评估模块 (EVM) 使用 AWR2243 毫米波传感器作为 4D 成像雷达。该评估板使用 Rogers RO3003 进行设计，具有出色的性能，可与 DCA1000EVM 无缝集成以实现直接连接，有助于原始 ADC 采集和信号处理开发。此 EVM 注重用户友好性和多功能性，可在独立模式下运行，并包含可简化软件开发启动流程的各种功能。

此 EVM 的关键属性包括：长距离 TX 波束形成和波束控制、高角分辨率 MIMO、针对小尺寸和高效率进行优化的电源、双器件 76GHz 至 81GHz 汽车雷达传感器 (集成了 DSP 和 MCU 并经由 CAN-FD、以太网或 LVDS 提供目标数据)、宽输入电压范围 (36V 非电池电源电压，最高可支持 42V 电压)、符合 ASIL B 等级的诊断和监测功能。此外，此 EVM 包含一个串行端口，用于对板载 QSPI 闪存进行编程，并具有一个 60 引脚高密度 (HD) 连接器，用于从毫米波雷达器件捕获原始 ADC 数据。

1.2 套件内容

AWR2243-2X-CAS-EVM 套件包括：

- AWR2243-2X-CAS-EVM
- Micro USB 电缆
- 快速入门指南
- 保修卡 (免责声明)
- 头螺钉
- 六角垫片
- 平垫圈

1.3 规格

检测并跟踪最远 250 米处速度为 ± 45 米/秒 (m/s) 的物体 (如汽车和卡车)

天线方位角视场为 $\pm 75^\circ$ ，且方位角分辨率约为 3.5°

展示以下 AWR2243 功能：

- TX 相移
- 数据压缩
- 支持由毫米波 SDK 提供的多普勒频分多址
- (DDMA) 处理链的 HWA

表 1-1. 主要系统规格

FOV 方位角	$\pm 75^\circ$
FOV 仰角	$\pm 10^\circ$
方位角分辨率	3.5°
最大距离检测 (汽车)	在 $\pm 30^\circ$ 度时为 250 米 在 $\pm 75^\circ$ 度时为 100 米
距离分辨率	1.07
速度分辨率	0.09m/s
最大速度	± 45.6 m/s

表 1-1. 主要系统规格 (续)

FOV 方位角	±75 度
雷达数据存储 (0.5 压缩)	2MB

1.4 器件信息

AWR2243 器件是一款能够在 76GHz 至 81GHz 频带内运行的集成式单芯片 FMCW 收发器。该器件采用非常小的外形尺寸实现了出色的集成度。AWR2243 设计用于汽车领域中的低功耗、自监控、超精确雷达系统。AWR2243 器件是一种自包含 FMCW 收发器单芯片器件，简化了汽车雷达传感器在 76GHz 至 81GHz 频带范围内的实施。该器件基于 TI 低功耗 45nm RFCMOS 工艺构建，从而实现了一个具有内置 PLL 和 ADC 转换器的单片实施 3TX、4RX 系统。简单编程模型更改可支持各种传感器实施（近距离、中距离和远距离），并且能够进行动态重新配置，从而实现多模式传感器。此外，该器件作为完整的平台器件进行提供，该包括硬件参考设计、软件驱动程序、样例配置、API 指南以及用户文档。

射频和模拟子系统包括射频和模拟电路，即合成器、PA、LNA、混频器、IF 和 ADC。这个子系统还包括晶体振荡器和多个温度传感器。三个发送通道可以根据需要同时运行以实现发送波束形成目的，而四个接收通道都可以同时运行。AWR2243 器件支持 3 个发送器同时运行。

2 硬件

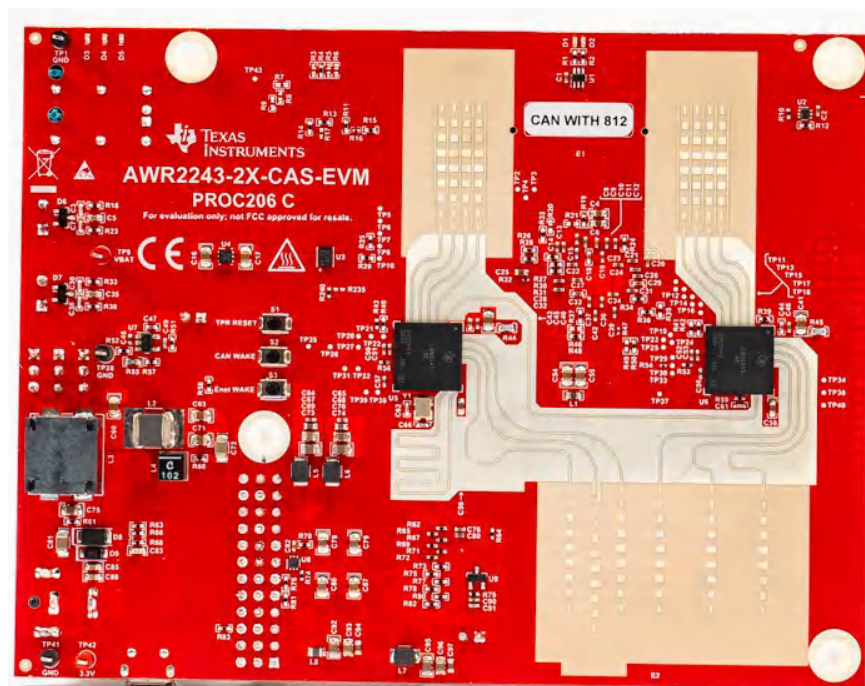


图 2-1. 电路板 A 侧

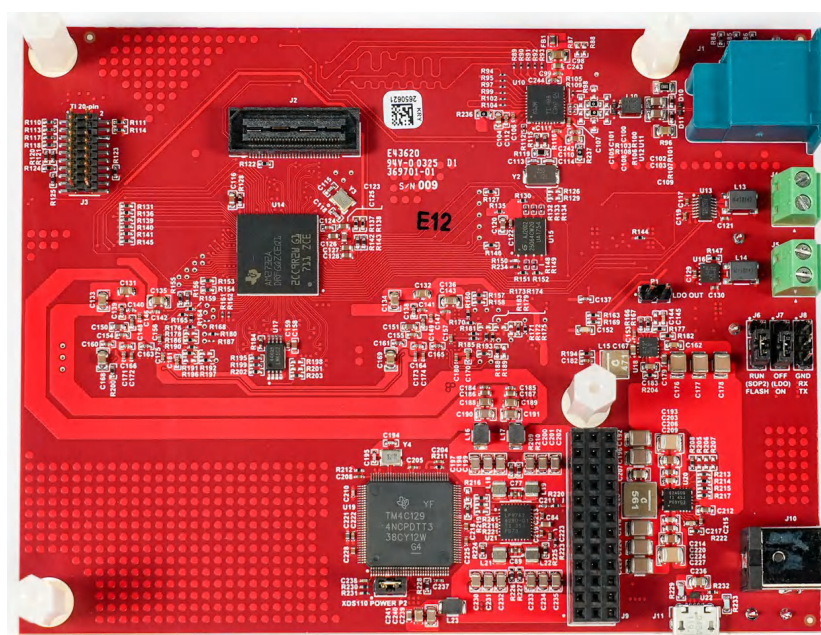
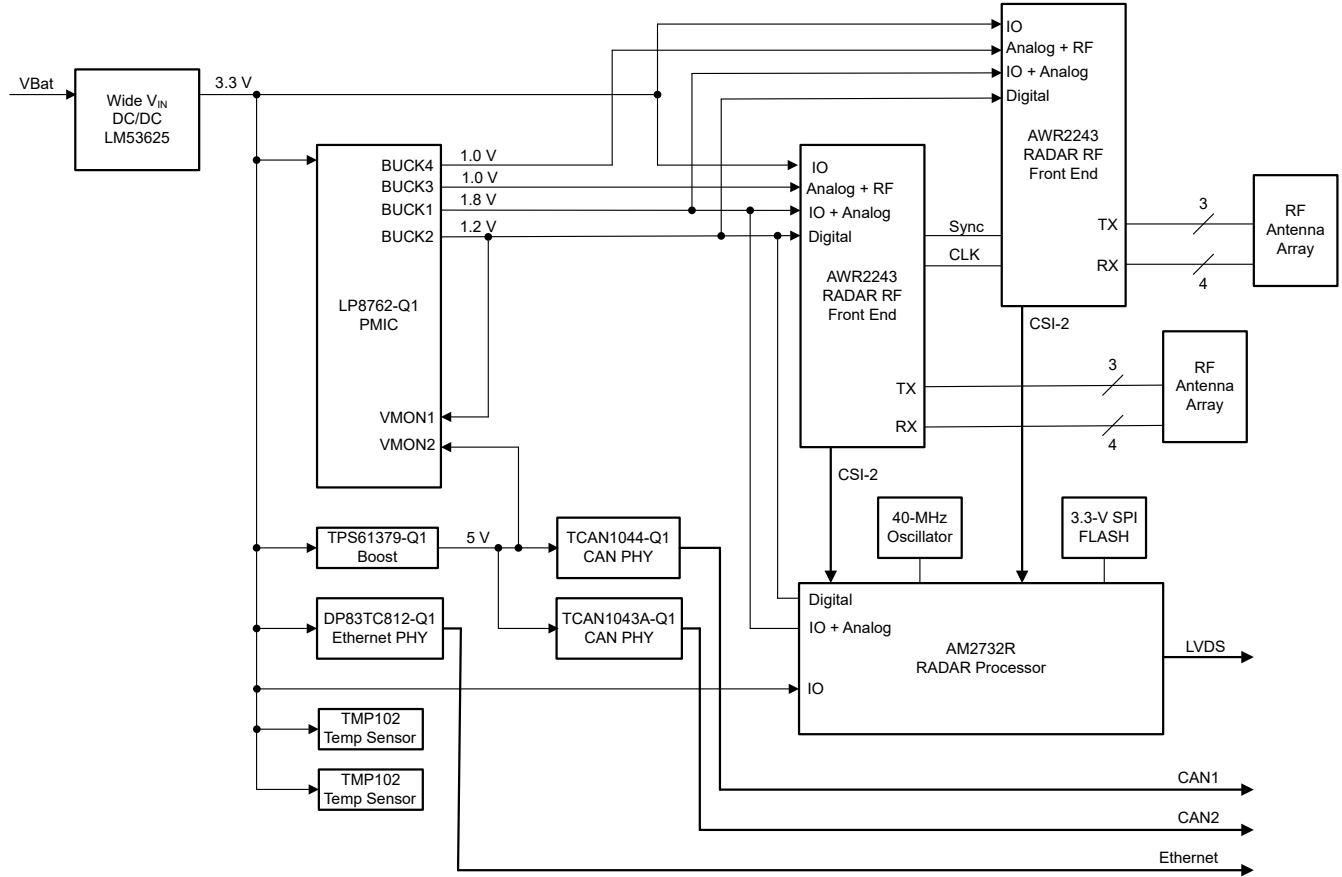


图 2-2. 电路板 B 侧

2.1 方框图



2.1.1 设计注意事项

在 TX 波束形成、波束控制和多输入多输出/单输入多输出 (MIMO/SIMO) 等用例中，与单器件传感器相比，大量天线元件可实现较高的信噪比 (SNR) 和出色的角度分辨率。

该应用主要面向提供多种功能 (如自适应巡航控制 (ACC)、自动紧急刹车 (AEB)、盲点检测、前侧来车辅助和车道变换辅助) 的角雷达和前置远距离雷达系统。该设计还演示了 TI 压缩引擎和硬件加速器 (HWA) 功能。

与兼容的主机/数据采集板结合使用时，级联雷达评估板包含开始评估单器件或双器件级联雷达解决方案所需的一切。

2.2 电源要求

电池电源连接到 12V 输入端子 J10。宽输入电压降压转换器 LM62460Q1 用于将此 12V 输入转换为 3.3V 输出。然后，LP876242-Q1 获取 3.3V 输入并产生 1.8V、1.2V 和 1.0V 电压轨。为了维持低噪声电源，会对 1V 电源轨进行滤波，以便为雷达的射频 (RF) 部分生成干净的输入电源轨。

2.2.1 系统设计原理

对于具有额外安全要求的系统，此参考设计中包含诊断和监控功能。

- 电压监控器 (VMON)：LP876242-Q1 的电压监控引脚已连接到 1V2_FILTERED 和 5V 电源轨。如果发生欠压或过压事件，这使得 PMIC 可监控这些电源轨，并使用 SOC_nRESET_FROM_PMIC (GPIO10) 向 SOC 发出硬复位命令。这些输入均经过低通滤波，可消除不会对系统运行产生不利影响的任何短期事件。这些监控器都直接连接到雷达。这避免了电源滤波器中的铁氧体磁珠可能发生故障且无法检测到的情况。VMON 阈值和 OV/UV 条件下采取的操作均在 PMIC 的非易失性存储器 (NVM) 设置中进行配置，并可通过 SPI 进行重新配置。
- 额外的电压监控：为了监控 VIN_RF1 和 VIN_RF2 电源轨，它们连接到 SOC 上的 ADC 输入。如果 PMIC 监控的电源轨工作正常，则 SOC 将通电，并且 ADC 将能够监控射频轨。SOC 在故障期间采取的措施可在软件中配置。

2.3 重点产品

2.3.1 AWR2243

AWR2243 器件是一款能够在 76GHz 至 81GHz 频带内运行的集成式单芯片 FMCW 收发器。该器件采用非常小的外形尺寸实现了出色的集成度。AWR2243 是适用于汽车领域中低功耗、自监控、超精确雷达系统的理想解决方案。

AWR2243 器件是一种自包含 FMCW 收发器单芯片解决方案，简化了汽车雷达传感器在 76GHz 至 81GHz 频带范围内的实施。它基于 TI 的低功耗 45nm RFCMOS 工艺构建，可实现 3TX、4RX 系统内置 PLL 和 ADC 转换器的单片集成。简单编程模型更改可支持各种传感器实施（近距离、中距离和远距离），并且能够进行动态重新配置，从而实现多模式传感器。

2.3.2 AM2732R

AM273x 系列是基于 Arm Cortex-R5F 和 C66x 浮点 DSP 内核的高度集成、高性能微控制器。借助这款器件，原始设备制造商 (OEM) 和原始设计制造商 (ODM) 能够充分利用完全集成式混合处理器解决方案的灵活性，从而使兼具强大软件支持和丰富用户界面的高性能产品快速推向市场。

AM273x 集成硬件安全模块 (HSM)，内置功能安全支持，在芯片上集成了大容量 RAM 且具有较宽温度范围，可面向众多工业和汽车应用提供安全、可靠且具有成本效益的解决方案。

2.3.3 LP876242-Q1

LP876242-Q1 器件旨在满足各种安全相关的汽车和工业应用中新型处理器和平台的电源管理要求。该器件具有四个直流/直流降压转换器内核，可生成四个单相输出。该器件设置可通过兼容 I2C 的串行接口或 SPI 串行接口进行更改。

开关时钟会强制进入 PWM 模式，并且相位会交错。可以将开关与外部时钟同步并启用展频模式，以最大限度地降低干扰。

LP876242-Q1 器件是一款电源管理集成电路 (PMIC)，采用 32 引脚、0.5mm 间距、5.5mm×5mm QFN HotRod 封装。该器件旨在为汽车或工业应用中的嵌入式系统或片上系统 (SoC) 供电。所有降压转换器都能够提供高达 1A 的灌电流，并支持动态电压调节。双缓冲电压调节寄存器使每个降压转换器能够在运行期间通过 SPI、I2C 或状态转换切换至不同的电压。DPLL 使降压转换器与外部时钟输入同步，并在输出轨之间实现相位延迟。

两个 I2C 接口通道或一个 SPI 通道可用于配置电源轨和 LP876242-Q1 器件的电源状态。I2C 通道 1 (I2C1) 是主通道，可用于访问负责控制可配置电源序列发生器、电源轨状态和输出以及器件运行状态的寄存器。

I2C 通道 2 (I2C2) 通过 GPIO2 和 GPIO3 引脚提供，专用于访问 Q&A 看门狗通信寄存器。当配置 SPI 而不是两个 I2C 接口时，SPI 可以访问所有寄存器，包括 Q&A 看门狗寄存器。可使用 NVM 选项来使 I2C1 也能够访问所有寄存器，包括 Q&A 看门狗寄存器。

LP876242-Q1 器件具有十个 GPIO，每个 GPIO 具有多种功能和可配置特性。当配置为通用输出引脚时，所有 GPIO 均可包含在上电和下电序列中，并用作外部资源的使能信号。此外，每个 GPIO 都可以配置为唤醒输入或睡眠模式触发器。GPIO 端口的默认配置来自 NVM 存储器，如果外部连接允许，可由软件重新配置。

LP876242-Q1 器件包含可监控软件锁定情况的 Q&A 看门狗，以及可监控随附 MCU 所产生锁步信号且具有故障注入选项的系统错误监控输入 (nERR_MCU)。该器件具有保护和诊断机制，如短路保护、热监测和关断。PMIC 可通过中断信号向处理器报告这些事件，以便处理器做出响应。

2.3.4 LM62460-Q1

LM6x4xx-Q1 降压稳压器系列是面向汽车的稳压器，可提供固定或可调节输出电压（可设置范围为 1V 至预期输入电压的 95%）。这些稳压器可在宽输入电压范围（3V 至 36V）内工作，可承受高达 42V 的瞬态容差。

2.3.5 TCAN1043A-Q1

TCAN1043A-Q1 是一款高速控制器局域网 (CAN) 收发器，符合 ISO 11898-2:2016 高速 CAN 规范的物理层要求。该器件支持传统 CAN 和 CAN FD 数据速率，最高可达 8 兆位/秒 (Mbps)。

TCAN1043A-Q1 可通过 INH 输出引脚选择性地启用系统上可能存在的各种电源，从而减少整个系统级别的电池电流消耗。这使得在低电流睡眠模式中，功率传送到除 TCAN1043A-Q1 以外的所有系统元件，同时对 CAN 总线进行监控。检测到唤醒事件时，TCAN1043A-Q1 通过将 INH 驱动至高电平来启动系统。

TCAN1043A-Q1 具有一个 SWE 计时器，可在无操作 4 分钟 (t_{INACTIVE}) 后，从待机模式安全转换为睡眠模式。这样设计是为了在 MCU 无法将器件转换为正常模式时，可以让器件转换为低功耗的睡眠模式。

2.3.6 TCAN1044A-Q1

TCAN1044A-Q1 是一款高速控制器局域网 (CAN) 收发器，符合 ISO 11898-2:2016 高速 CAN 规范的物理层要求。

TCAN1044A-Q1 收发器支持传统 CAN 和 CAN FD 网络，数据速率高达 8 兆位/秒 (Mbps)。TCAN1044A-Q1 包括通过 VIO 端子实现的内部逻辑电平转换功能，允许将收发器 I/O 直接连接到 1.8V、2.5V、3.3V 或 5V 逻辑 I/O。此类收发器支持低功耗待机模式，并且可通过符合 ISO 11898-2:2016 所定义唤醒模式 (WUP) 的 CAN 来唤醒。此外，TCAN1044A-Q1 收发器还包括保护和诊断功能，支持热关断 (TSD)、TXD 显性超时 (DTO)、电源欠压检测和高达 ±58V 的总线故障保护。

2.3.7 TMP102-Q1

TMP102-Q1 器件是一款数字温度传感器，非常适合在要求高精度的应用中替代 NTC 和 PTC 热敏电阻。该器件在未经校准或无外部组件信号调节的情况下可提供的精度为 ±0.5°C。器件温度传感器为高度线性化产品，无需复杂计算或查表即可得知温度。片上 12 位 ADC 具备最低 0.0625°C 的分辨率。

1.6mm × 1.6mm SOT563 封装尺寸较 SOT23 封装减小 68%。TMP102-Q1 器件具有 SMBus、两线制和 I2C 接口兼容性，最多允许四个器件位于一条总线上。该器件还具有 SMBus 警报功能。器件的额定工作电压范围是 1.4V 至 3.6V，整个工作范围内最大静态电流为 10μA。

TMP102-Q1 器件适用于在各种通信、计算机、消费类产品、环境、工业和仪表等各种应用中进行工作温度测量。器件的额定工作温度范围为 -40°C 至 125°C。

TMP102-Q1 生产单元已完全通过可追溯 NIST 的传感器测试，并且已借助可追溯 NIST 的设备使用 ISO/IEC 17025 标准认可的校准进行验证。

2.3.8 TPS61379-Q1

TPS61379-Q1 是一款完全集成的同步升压转换器，集成了负载断开功能。输入电压范围从 2.3V 到 14V，最大输出电压高达 18.5V。典型的开关电流限值为 2A。它会消耗 VIN 25 μA 的静态电流。

TPS61379-Q1 采用峰值电流模式控制，可编程开关频率在 200kHz 到 2.2MHz 之间。在中等到重负载条件下，该器件在固定频率 PWM 模式下运行。在轻负载条件下，通过配置 MODE 引脚可实现两种可选模式：自动 PFM 模式和强制 PWM 模式，以便在轻负载条件下实现效率和抗噪性平衡。可与外部时钟同步开关频率。TPS61379-Q1 使用内部时钟展频在 FPWM 模式下提升 EMI 友好性。此外，还有内部软启动时间来限制浪涌电流。

TPS61379-Q1 有各种固定输出电压版本，可节省外部反馈电阻器。它支持外部环路补偿，在更广泛的 VOUT/VIN 范围内优化稳定性和瞬态响应。它还集成了稳健的保护特性，包括输出短路保护、输出过压保护和热关断保护。TPS61379-Q1 采用具有可湿性侧面的 3mm × 3mm 16 引脚 QFN 封装。

2.3.9 DP83TC812-Q1

DP83TC812-Q1 器件是一款符合 IEEE 802.3bw 标准的汽车 PHYTER 以太网物理层收发器，可使用非屏蔽双绞线电缆。PHY 支持 TC10 睡眠和唤醒功能。它提供通过单一屏蔽双绞线电缆发送和接收数据所需的所有物理层功能。该器件具有 xMII 灵活性，支持标准 MII、RMII、RGMII 和 SGMII MAC 接口。PHY 还在 MDI 侧集成了一个低通滤波器以减少辐射。

该器件包含诊断工具套件，从而提供广泛的实时监控工具、调试工具和测试模式。该工具套件集成了静电放电 (ESD) 监控工具，它能够对 MDI 上的 ESD 事件进行计数，并且能够通过使用可编程中断提供实时监控。此外，DP83TC812-Q1 还包含一个假随机二进制序列 (PRBS) 帧生成工具，该工具与内部回送完全兼容，能够在不使用 MAC 的情况下发送和接收数据。该器件采用 6.00mm × 6.00mm、36 引脚 VQFN 可湿侧面封装。该器件与

DP83TG720 (1000BASE-T1) 引脚对引脚兼容。它还与 DP83TC811 外型兼容。这将允许 DP83TC811、DP83TC812、DP83TC814 和 DP83TG720 使用单个 PCB 布局。

2.4 虚拟天线阵列

该双芯片级联 EVM 包含 6 个 TX 通道和 8 个 RX 通道，如图 2-3 所示，在 MIMO 虚拟阵列中总共提供 48 个虚拟通道。图 2-4 展示了通道的排列，其中 MIMO 阵列在方位角方向上提供约 3 度的孔径受限角分辨率。

图 2-3 展示了天线元件设计。

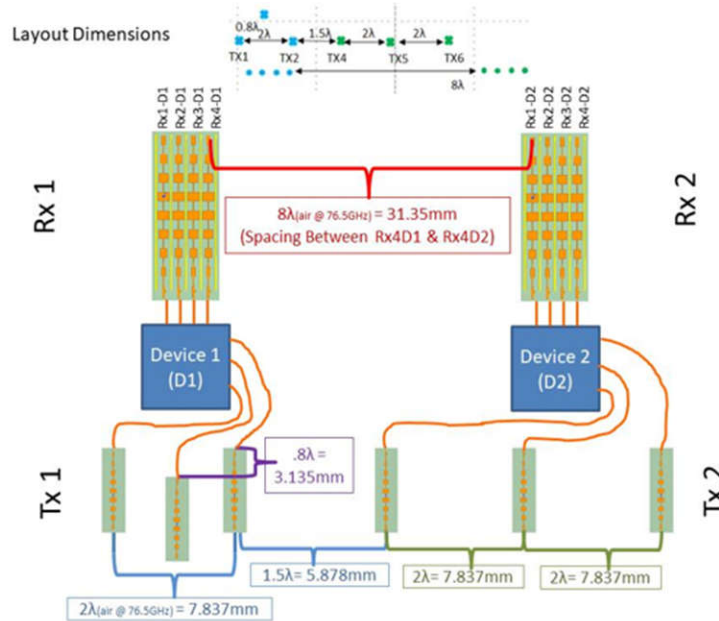


图 2-3. TX 和 RX 通道间距

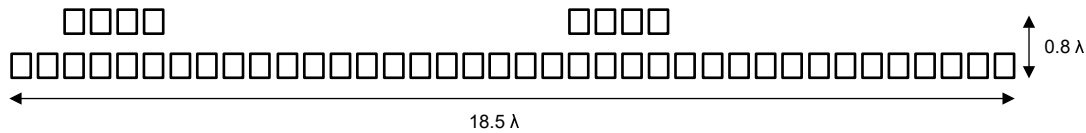


图 2-4. MIMO 虚拟阵列

3 实现结果

3.1 性能数据和结果

3.1.1 角度分辨率测量

方位角分辨率通过使用两个 10dBsm 角反射器来测量，这两个角反射器放置在距离雷达约 9.5 米的径向距离处的同一距离单元中。在角度估算之前，会先应用视轴校准（例如，根据从视轴上单个角反射器获得的测量数量，对通道间相位增益不匹配进行补偿）。

角度估算使用 512 点 FFT 来执行。图 3-1 展示了从与角反射器反射相对应的距离多普勒单元测得的角谱，其中包括与两个角反射器相对应的峰值。测得的峰间角距约为 3.3 度，与约 3 度的理论角度分辨率接近。通过使用 Capon 波束形成器或 MUSIC 等计算量更大的角度估算方法，可以获得更高的角度分辨率。



图 3-1. 角反射器

图 3-2 展示了与两个角反射器相对应的距离单元的角谱。

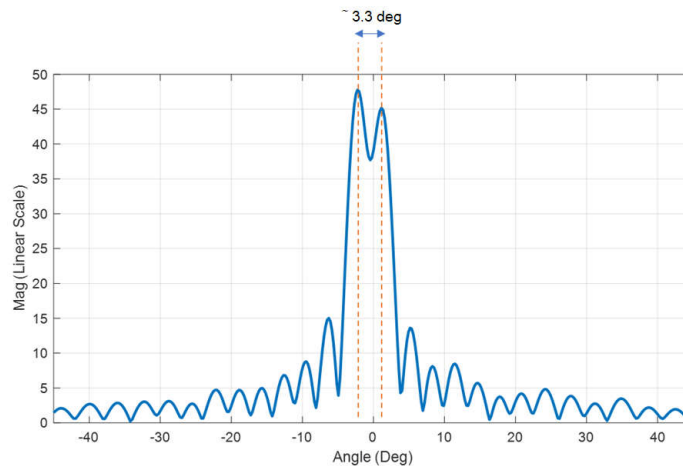


图 3-2. 角度分辨率测量

4 硬件设计文件

4.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [AWR2243-2X-CAS-EVM](#) 中的设计文件。

4.2 PCB 布局建议

4.2.1 20GHz (FMCW) 射频 LO 同步

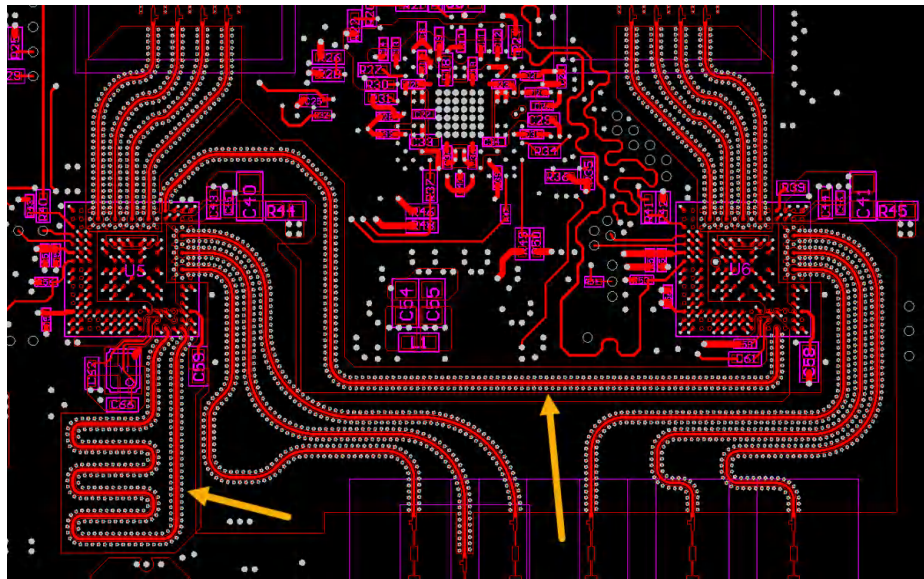
此参考设计基于 TI 的 AWR2243 雷达芯片。使用 20GHz LO 输入和输出路径，其中两个芯片会级联在一起并同步运行。这要求每个芯片的射频 LO 频率同步。AWR2243 合成器会在 19GHz 至 20.25GHz 范围内生成 LO，具体取决于编程的线性调频脉冲射频输出频率。

指定为主器件的 AWR2243 会生成一个公共本机振荡器 (LO) 信号 (19GHz 至 20.25GHz)，该信号将在整个级联系统中的所有发送器和接收器之间共享。

主器件 AWR2243 能够通过两个不同的延迟匹配放大器，在两个不同的输出引脚上提供共享的 LO 信号。FM_CW_CLKOUT 和 FM_CW_SYNCOUT 中的任何一个或全部都可以用作从主器件到辅助器件的 LO 源。为了避免这两个器件中使用的 LO 信号之间出现偏差，输入主器件的 LO 信号输入需要通过主器件和辅助器件之间布线长度匹配的布线。如图 4-2 所示，一个 LO 信号输出会通过一条迹线在器件之间进行路由。然后，来自主器件的另一个输出 LO 信号使用长度相同的迹线环回到主器件上的 LO 信号输入。



图 4-1. LO 时钟信号



4.2.2 PCB 层堆叠

普通的 FR4 电路板材料会导致本设计顶部两层中所含的 77GHz 天线出现不可接受的损耗。此设计使用 Rogers Corporation 的陶瓷材料来满足电介质要求。选择这种材料可以减少蚀刻特征尺寸的差异。当波长小于 4mm 时，这些容差非常重要。通过将 20GHz LO 时钟 (FM_CW) 路由到与天线相同的层，只需要一个 RO3003 内核。

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk
☒	Top Overlay		Overlay			
☒	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		1mil	3.5
☒ 1	Layer 1 - Top La...		Signal	1oz	1.6mil	
☒	Dielectric 1	RO3003	Core		5mil	3
☒ 2	Layer 2 - GND		Signal	1oz	1.4mil	
☒	Dielectric 2	370HR	Prepreg		4.8mil	4.2
☒ 3	Layer 3 - Signal...		Signal	1/2oz	0.7mil	
☒	Dielectric 3	370HR	Core		10mil	3.66
☒ 4	Layer 4 - GND /...		Signal	1oz	1.4mil	
☒	Dielectric 4	370HR	Prepreg		5mil	4.2
☒ 5	Layer 5 - Signal		Signal	1oz	1.4mil	
☒	Dielectric 5	370HR	Core		10mil	4.34
☒ 6	Layer 6 - PWR /...		Signal	1/2oz	0.7mil	
☒	Dielectric 6	370HR	Prepreg		4.8mil	4.2
☒ 7	Layer 7 - GND		Signal	1oz	1.4mil	
☒	Dielectric 7	370HR	Core		5mil	4.34
☒ 8	Layer 8 - Bottom...		Signal	1oz	1.6mil	
☒	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		1mil	3.5
☒	Bottom Overlay		Overlay			

图 4-3. PCB 层堆叠

4.3 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [AWR2243-2X-CAS-EVM](#) 中的设计文件。

5 工具与软件

工具

[DCA1000EVM](#)

适用于雷达传感应用的实时数据捕捉适配器评估模块

软件

[PROCESSOR-SDK-TDAX](#)

适用于 TDAx ADAS SoC 的 Processor SDK - 支持 Linux 和 TI-RTOS

[MMWAVE-DEMO-VISUALIZER-CLOUD](#)

[TI RESOURCE EXPLORER](#)

6 相关文档

1. 德州仪器 (TI) , [毫米波器件固件包 \(DFP\)](#)
2. 德州仪器 (TI) , [AM273x 技术参考手册](#)
3. 德州仪器 (TI) , [毫米波雷达传感器基础知识](#)
4. 德州仪器 (TI) , [对 TI 雷达器件中的线性调频脉冲参数进行编程](#) 应用手册

补充内容

[AWR2243-2X-CAS-EVM](#)

设计文件夹

[AWR2243、AM2732-Q1](#)

产品文件夹

[LP876242-Q1、LM62460-Q1](#)

产品文件夹

[DP83TC812-Q1、DP83TC811-Q1](#)

产品文件夹

[TCAN1043A-Q1、TCAN1044A-Q1](#)

产品文件夹

[TMP112-Q1、TPS78401-Q1](#)

产品文件夹

[TPS61379-Q1、TPS7B8133-Q1](#)

产品文件夹

7 其他信息

7.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

8 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
2025 年 2 月	*	初始发行版

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