IWRL6432WMOD 用于运动与存在检测的认证型 60GHz 毫米波雷达模块

1 特性

- **易于使用**
  - 集成式 IWRL6432W 毫米波传感器
  - 小型模块尺寸：31mm x 15mm
  - 四边扁平模块 (QFM) — 4 × 9 LGA 栅格
  - 易于贴装的 30 焊盘栅格阵列 (LGA)
  - 集成便捷 - 18 个信号接口
  - 使用简单的可配置 API（通过 SPI），以通过外部 MCU 配置距离、运动灵敏度和更新速率
  - 通过 GPIO 输出运动与存在检测指示信号
  - 集成了蚀刻在 PCB 上的 3 接收和 2 发射通道天线；电源分配网络以及 40MHz XTAL
- **FMCW 收发器**
  - 片上集成 PLL、发送器、接收器、基带和 ADC
  - 调频连续波运行
  - 5MHz IF 带宽，仅实部 Rx 通道
- **天线**
  - 视场 (FoV)：±60°（方位角）× ±60°（仰角）
  - 57GHz 至 61.5GHz 的天线覆盖范围，具有 4.5GHz 连续带宽
- **认证**
  - 拥有 FCC、RED、MIC 模块化认证
- **性能**
  - 人体存在检测距离典型值：
    - 0° 方向：15m
    - FoV 边缘：8m
  - 内置低功耗模式以节省能源
- **电源管理**
  - 3.3V VCC 和 VIO 运行
  - 模块上内置 1.8V 稳压器
  - 内置片上 LDO 网络以增强 PSRR
  - BOM 优化模式
- **主机接口**
  - SPI
    - 使用 TI 毫米波 uDFP 的主机 PC 接口
    - 可连接外部 MCU
- **其他接口**
  - 存在指示
  - 唤醒请求
- **工作温度范围**
  - 工业级温度范围：-40°C 至 85°C

2 应用

- 空调
- 自动门
- 游戏
- 家庭影院和娱乐
- IP 网络摄像头
- 占位检测器
- PC/笔记本电脑
- 便携式电子产品
- 冰箱和冷冻柜
- 智能手表
- 平板电脑
- 电视
- 恒温器
- 可视门铃
- 机器人

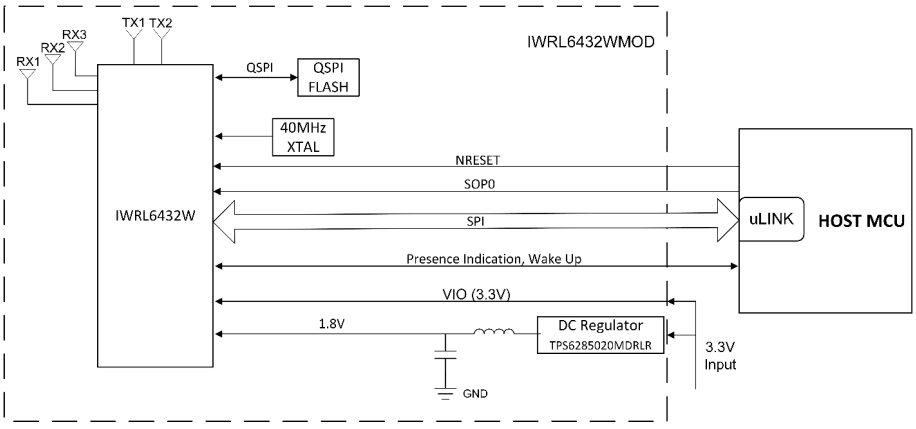


图 2-1. 示例应用

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

3 说明

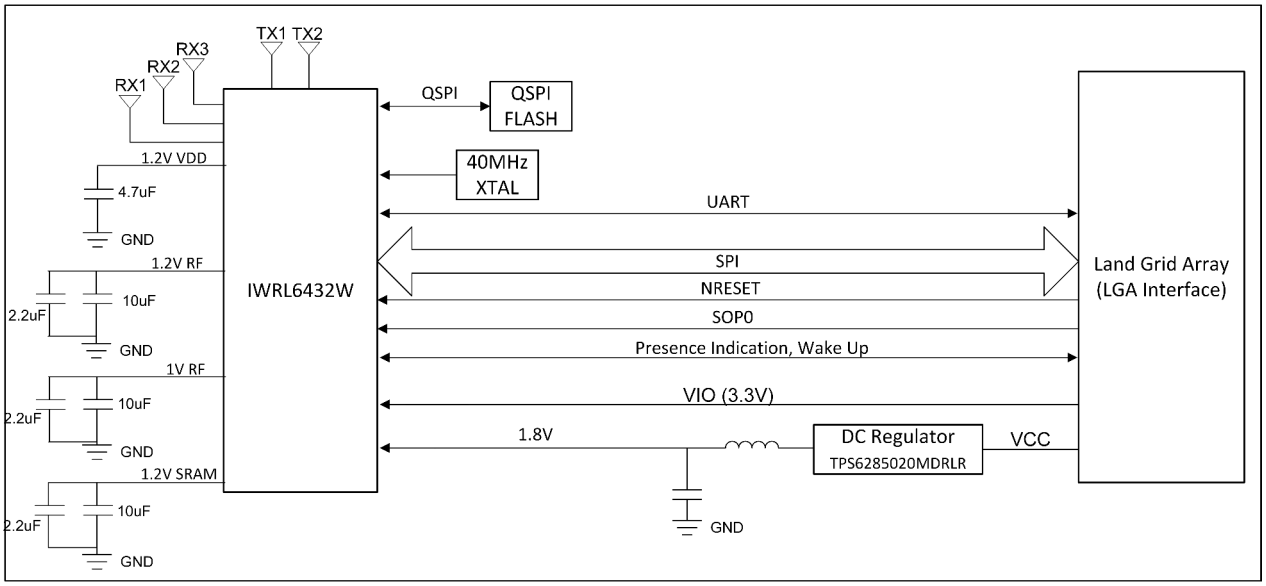
德州仪器 (TI) 的雷达模块 IWRL6432WMOD 是一款尺寸紧凑的 31mm × 15.5mm 模块，集成了 60GHz 贴片天线、板载电源管理、闪存、无源及晶体元件，无需专门的毫米波系统设计知识即可部署，并提供了可简易配置的距离、灵敏度及关注区域等软件选项。该模块的突出优势在于已通过 FCC、RED、MIC 的全面认证，可免除终端产品的认证成本与工作。此外，该模块支持基于 SPI 的点云数据输出或基于 GPIO 的存在状态指示，有助于灵活实现。通过解决客户的实施挑战，并实现在运动感应、占位检测、智能家居器件等场景的自主运行，这款由 TI 设计、支持并分销的器件显著降低了开发复杂度，可助力希望在产品中嵌入毫米波雷达传感功能的客户加速上市进程。

表 3-1. 封装信息

可订购器件型号(1)	封装	封装尺寸(2)	封装信息	说明
XI6432BAFCLIMBBR	MBB (QFM、30)	31mm x 15.5mm	卷带包装	预量产；启用深度睡眠；支持经身份验证的引导
IWRL6432BAFCLIMBBR	MBB (QFM、30)	31mm x 15.5mm	卷带包装	量产；启用深度睡眠；支持经身份验证的引导

(1) 有关更多信息，请参阅器件命名规则
(2) 如需了解更多信息，请参阅机械、封装和可订购信息

功能方框图



IWRL6432WMOD

图 3-1. 功能方框图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 2
4 终端配置和功能 4
4.1 引脚图 4
4.2 信号说明 4
5 规格 5
5.1 绝对最大额定值 5
5.2 ESD 等级 5
5.3 建议运行条件 5
5.4 模块电源管理 6
5.5 功耗典型数值 6
5.6 每个电压轨的峰值电流要求 6
5.7 射频规格 7
5.8 天线位置 7
5.9 天线增益图 9
5.10 热阻特性 10
5.11 时序和开关特性 11
6 详细说明 16
6.1 概述 16
6.2 功能方框图 17
6.3 子系统 18
7 器件认证 20
7.1 FCC 认证和声明 20
7.2 ETSI/CE 21
7.3 终端产品标示 21
7.4 面向最终用户的手册信息 21
8 应用、实施和布局 22
8.1 应用信息 22
8.2 测试结果 23
9 器件和文档支持 24
9.1 器件命名规则 24
9.2 器件标识 26
9.3 文档支持 26
9.4 支持资源 27
9.5 商标 27
9.6 静电放电警告 27
9.7 术语表 27
10 回流焊信息 28
11 修订历史记录 28
12 机械、封装和可订购信息 29

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 终端配置和功能

4.1 引脚图

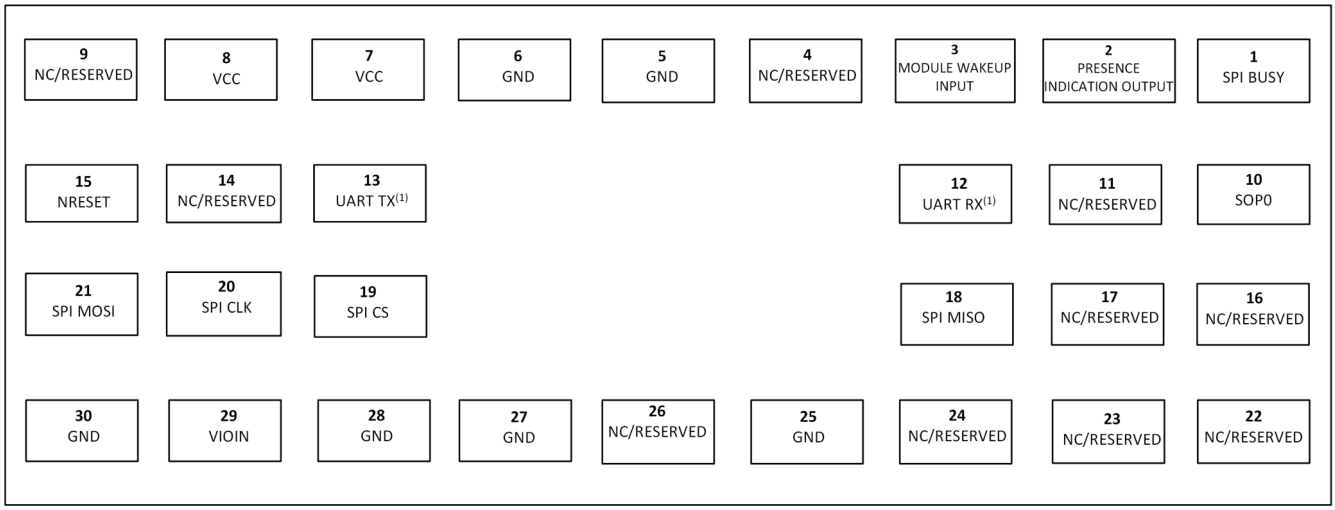


图 4-1. IWRL6432WMOD 引脚图（顶视图）

1. UART TX 和 UART RX — 仅用于 uDFP 补丁更新。这不是应用程序接口。

4.2 信号说明

备注

器件的所有数字 IO 引脚（NRESET 除外）都是非失效防护的；因此，需要注意的是，如果器件没有 VIO 电源，则不能从外部驱动这些引脚。

表 4-1. 电源信号说明

信号名称	说明	引脚类型	引脚
VCC	3.3V 电源	PWR	7、8
VIOIN	3.3V 电源	PWR	29
GND	GND	GND	5、6、25、27、28、30
SPI BUSY	主机中断/SPI 主机时钟请求信号	O	1
SPI MOSI	SPI MOSI	I	21
SPI MISO	SPI MISO	O	18
SPI CLK	SPI 时钟	I	20
SPI CS	SPI 片选	I	19
UART TX(1)	UART 发送数据	O	13
UART RX(1)	UART 接收数据	I	12
SOP0	通电检测	A	10
NRESET	NRESET 输入	A	15
存在指示输出	关注区域中的存在指示输出	O	2
模块唤醒输入	唤醒 IWRL6432W 的输入信号	I	3
NC	无连接	-	4、9、11、14、16、17、22、23、24、26

1. 仅用于 uDFP 补丁更新。这不是应用程序接口。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

参数(1)(2)		最小值	最大值	单位
VCC	输入电源电压 (3.3V)	-0.5	3.8	V
VIOIN	I/O 电源 (3.3V) : 所有 CMOS I/O 均在相同的 VIOIN 电压电平上运行	-0.5	3.8	V
T_J	工作温度范围	-40	85	°C

(1) 应力超出*绝对最大额定值*中列出的值时可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅是应力额定值，并不表示器件在这些条件下以及在*建议运行条件*以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
(2) 除非另有说明，否则所有电压值均以 GND 为基准。

5.2 ESD 等级

		器件			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	IWRL6432WMOD	人体放电模型 (HBM)	仅限所有引脚对地(1)	±2000(1)	V
		IWRL6432BDQAYFFR	人体放电模式 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准(2)	所有引脚	±1000	
		TPS628502MDRLR	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001(2)	所有引脚	±2000	

(1) IWRL6432WMOD 模块的 HBM 应力测试仅限于引脚对地的应力组合 (+/-)。这并未完全符合 ESDA/JEDEC JS-001 标准。
(2) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

		最小值	标称值	最大值	单位
VCC	输入电源电压	3.135	3.3	3.465	V
VIOIN	I/O 电源 (3.3V) : 所有 CMOS I/O 都可以在此电源上运行。	3.135	3.3	3.465	V
V_{IH}	电压输入高电平（3.3V 模式）	2.25			V
V_{IL}	电压输入低电平（3.3V 模式）			0.62	V
V_{OH}	高电平输出阈值 (I_{OH} = 6mA)	VIOIN – 450			mV
V_{OL}	低电平输出阈值 (I_{OL} = 6mA)			450	mV
NRESET、SOP0	V_{IL}（3.3V 模式）			0.3	V
	V_{IH}（3.3V 模式）	1.57			

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.4 模块电源管理

可使用 3.3V 输入电源为该模块供电。

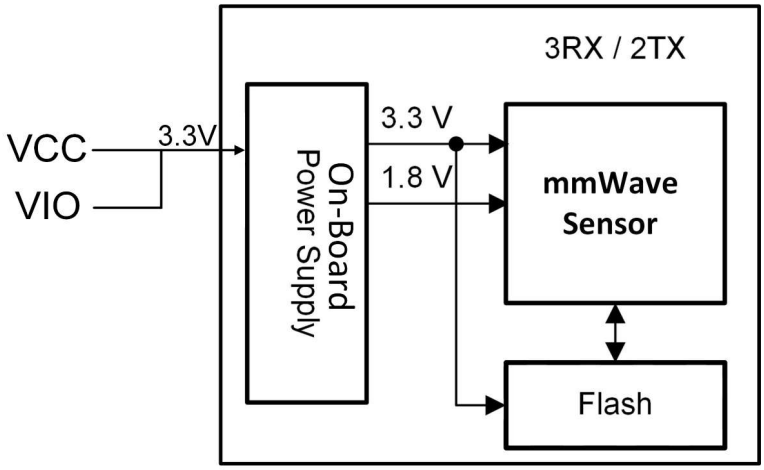


图 5-1. 模块电源管理（3.3V I/O 拓扑）

5.5 功耗典型数值

表 5-1 列出了标称器件在 25°C 环境温度和标称电压条件下，不同电源拓扑和天线配置中每个省电模式的典型功耗。

表 5-1. 用例功耗

配置	雷达位置	典型功耗 (mW)
最大距离 = 4m，更新率 = 1Hz	室内	8.70
最大距离 = 4m，更新率 = 1Hz	室外	8.93
最大距离 = 11m，更新率 = 4Hz	室内	36.10
最大距离 = 11m，更新率 = 4Hz	室外	38.25
最大距离 = 15m，更新率 = 5Hz	室内	54.46
最大距离 = 15m，更新率 = 5Hz	室外	59.31

5.6 每个电压轨的峰值电流要求

表 5-2 提供最大的分离轨电流数。

表 5-2. 每个电压轨的最大峰值电流

电源电压轨 (V)	最大电流 (mA) (1)
VCC (3.3V)	1000
VIO (3.3V)	90

1. 确切的 VIOIN 电流取决于使用的外设和工作频率。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.7 射频规格

以下规格适用于建议运行条件（除非另有说明）

参数			最小值	典型值	最大值	单位
天线	单发送器输出功率 (EIRP)	FCC			19	dBm
		麦克风			10	dBm
	有效全向噪声图 (EINF)			9.6		dB
	频率范围		57.1		59.3	GHz
	带宽			4.5		GHz
	天线增益			4.4	6	dBi
	视场	方位角		120		度
		仰角		120		度
	方位角分辨率(1)			19		度
	最大成人存在检测距离	视轴		15		m
		+/-60°		8		

1. 用于解析视轴附近具有类似 RCS 的物体。

5.8 天线位置

该模块使用单元件贴片天线作为其三根接收天线和两根发送天线。该天线阵列的设计旨在尽可能地提高方位角平面上的角分辨率。

5.8.1 具有 3D 检测功能的 2D 天线阵列

在仰角平面上将 TX2 天线放置在 TX1 天线下方 λ/2 处，如图 5-2 所示。该天线几何结构形成了一个由两行六个元件组成的虚拟天线阵列，其中方位角平面上有六个元件，仰角平面上有两个元件，如图 5-3 所示。该天线能够同时检测方位角和仰角平面上的距离、角度和速度。

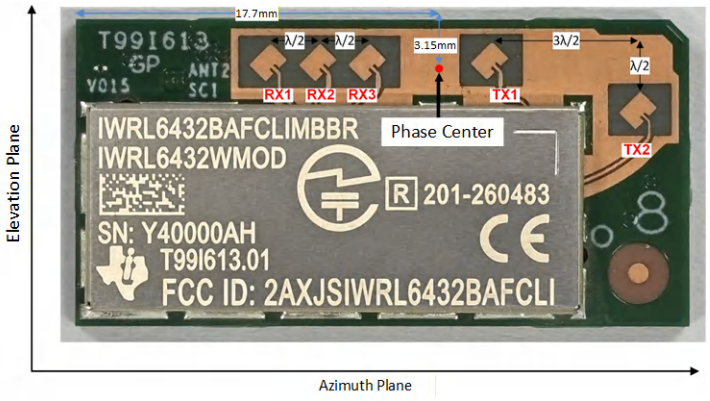


图 5-2. 2D 天线贴片阵列几何结构

图 5-3 显示了该虚拟天线阵列的几何结构，其中每个索引代表 λ/2 的乘法因子。位置 0、1 和 2 表示虚拟天线的布置，这些天线由全部 3 个 RX（RX1、RX2、RX3）和 TX1 组合而成。位置 3、4 和 5 表示虚拟天线的布置，这些天线由全部 3 个 RX（RX1、RX2、RX3）和 TX2 组合而成。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

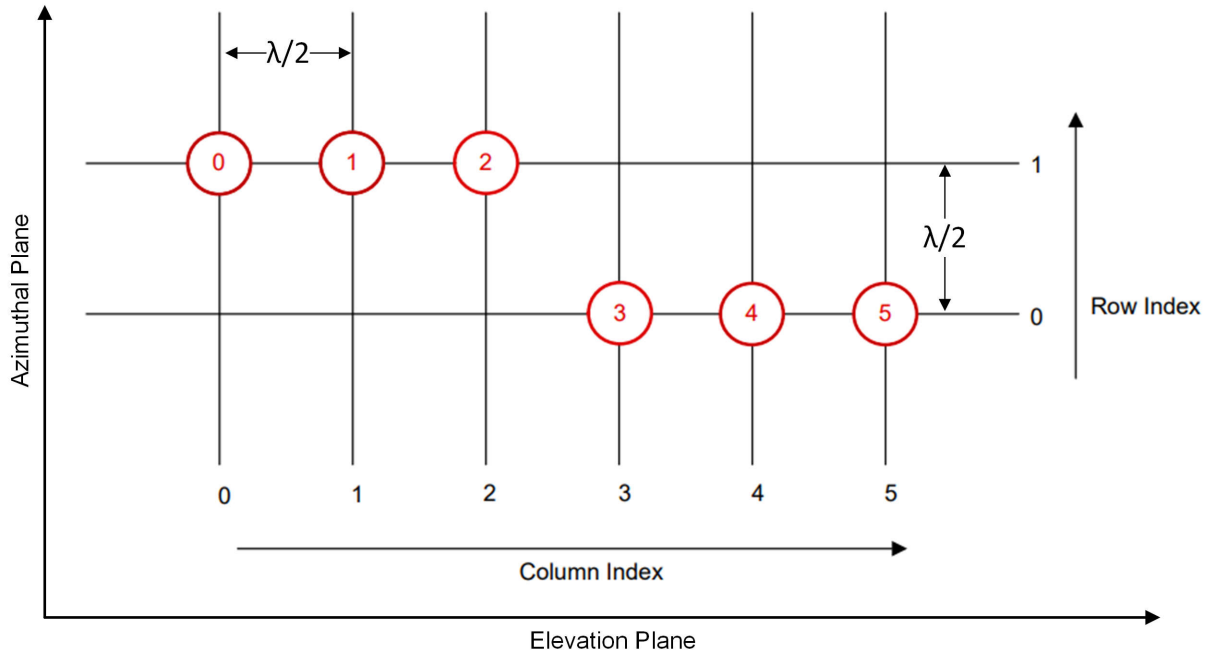


图 5-3. 2D 天线 - 虚拟阵列

虚拟天线形成一个二维阵列，其中方位角方向有 6 个元件，仰角方向有 2 个元件。在方位角方向上，6 个元件在方位角平面上提供了 19 度的角分辨率，从而实现毫米波传感器的三维检测功能。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.9 天线增益图

本节描述了方位角平面和仰角平面上的发送器和接收器归一化天线回环增益图

5.9.1 实测方位角回环图

图 5-4 展示了方位角平面中所有发送器-接收器对的典型天线回环图。Y 轴显示以 dB 为单位的归一化天线回环归一化增益，X 轴显示以度为单位的角度。

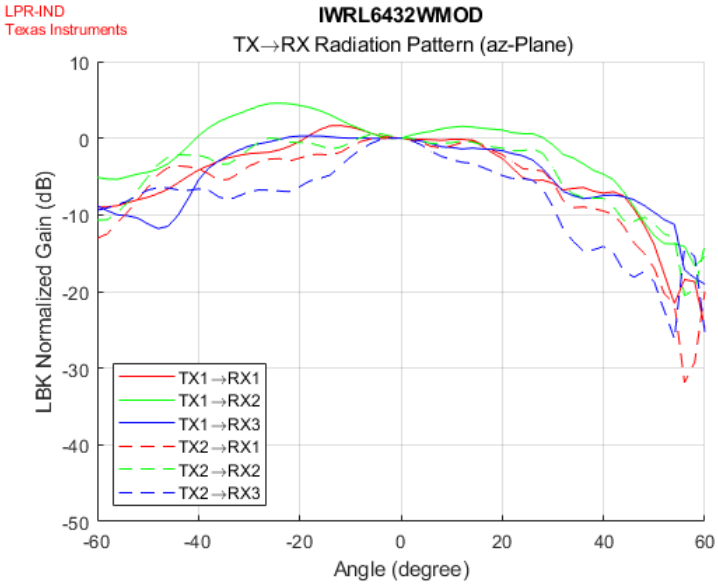


图 5-4. 方位角平面内的实测天线回环图

5.9.2 实测仰角回环图

图 5-5 展示了仰角平面中所有发送器和接收器对的典型天线回环图。Y 轴显示以 dB 为单位的归一化天线回环归一化增益，X 轴显示以度为单位的角度。

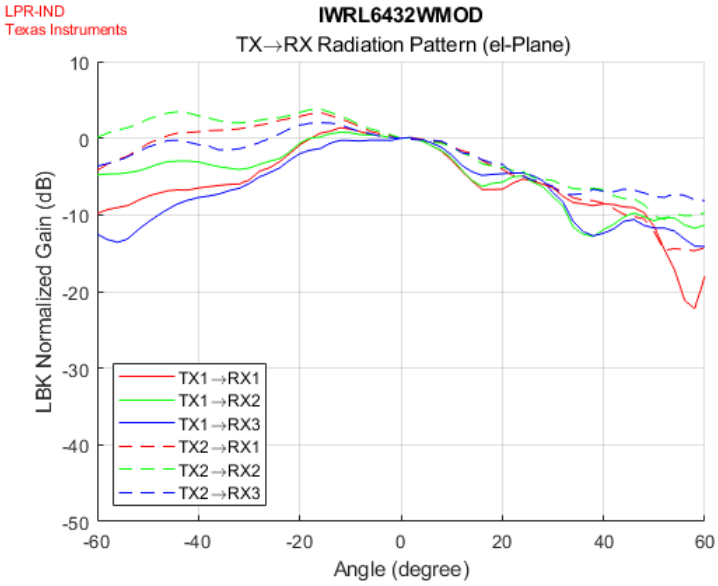


图 5-5. 仰角平面内的实测天线回环图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.10 热阻特性

表 5-3. QFM 封装的热阻特性 [MBB0030A]

热指标(1)		°C/W(2)(3)
$R_{\Theta JC}$	结至外壳（顶部）	29.0
$R_{\Theta JB}$	结点到电路板	21.6
$R_{\Theta JA}$	结点到环境空气	34.8
Psi_{JT}	结至顶部	18.3
Psi_{JB}	结点到电路板	21.4

1. 有关新旧热性能指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*。
2. °C/W = 摄氏度/瓦。
3. 以上值基于 JEDEC 定义的 2S2P 系统（基于 JEDEC 定义的 1S0P 系统的 Theta JC [$R_{\Theta JC}$] 值除外），将随环境和应用的变化而更改。有关更多信息，请参阅以下 EIA/JEDEC 标准：
   - JESD51-2, *Integrated Circuits Thermal Test Method Environmental Conditions - Natural Convection (Still Air)*
   - JESD51-3, *Low Effective Thermal Conductivity Test Board for Leaded Surface Mount Packages*
   - JESD51-7, *High Effective Thermal Conductivity Test Board for Leaded Surface Mount Packages*
   - JESD51-9, *Test Boards for Area Array Surface Mount Package Thermal Measurements*

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.11 时序和开关特性

5.11.1 电源时序和复位时序

IWRL6432WMOD 器件需要所有外部电压轨保持稳定，nRESET 才能释放。图 5-6 描述了器件唤醒序列。

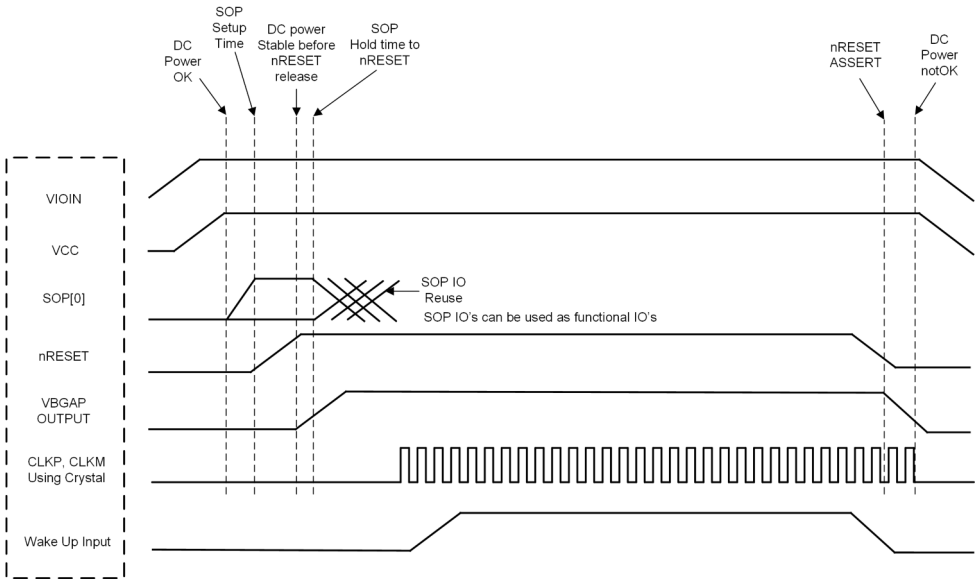


图 5-6. 模块唤醒序列

5.11.2 多通道缓冲/标准串行外设接口 (McSPI)

McSPI 模块是多通道发送/接收、控制器/外设同步串行总线

5.11.2.1 SPI 时序条件

表 5-4 展示了 McSPI 的时序条件

表 5-4. McSPI 时序条件

		最小值	典型值	最大值	单位
输入条件					
t_R	输入上升时间	1		3	ns
t_F	输入下降时间	1		3	ns
输出条件					
C_{LOAD}	输出负载电容	2		15	pF

5.11.2.2 SPI - 外设模式

5.11.2.2.1 SPI 的时序和开关要求 — 外设模式

表 5-5 和表 5-6 展示了外设模式下 SPI 的时序和开关要求。

表 5-5. SPI 时序要求 - 外设模式

编号(1)(3)	参数	说明	最小值	最大值	单位
SS1	$t_{c(SPICLK)}$	周期时间，SPI_CLK	24.6		ns
SS2	$t_{w(SPICLKL)}$	典型脉冲持续时间、SPI_CLK 低电平	0.45*P2		ns
SS3	$t_{w(SPICLKH)}$	典型脉冲持续时间，SPI_CLK 高电平	0.45*P2		ns
SS4	$t_{su(SIMO-SPICLK)}$	建立时间，在 SPI_CLK 有效边沿之前 SPI_D[x] 有效	3		ns
SS5	$t_{h(SPICLK-SIMO)}$	保持时间，在 SPI_CLK 有效边沿之后 SPI_D[x] 有效	1		ns
SS8	$t_{su(CS-SPICLK)}$	建立时间，SPI_CLK 第一个边沿之前 SPI_CS[x] 有效	5		ns

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-5. SPI 时序要求 - 外设模式（续）

编号(1)(3)	参数	说明	最小值	最大值	单位
SS9	$t_{h(SPICLK-CS)}$	保持时间，SPI_CLK 最后一个边沿之后 SPI_CS[x] 有效	5		ns
SS10	sr	针对所有引脚的输入压摆率	1	3	ns
SS11	Cb	D0 和 D1 上的容性负载	2	15	pF

表 5-6. SPI 开关特性 — 外设模式

编号	参数	说明	最小值	最大值	单位
SS6	$t_{d(SPICLK-SOMI)}$	延迟时间，SPI_CLK 有效边沿到 McSPI_somi 转换	0	5.77	ns
SS7	$t_{sk(CS-SOMI)}$	延迟时间，SPI_CS[x] 有效边沿到 McSPI_somi 转换	5.77		ns

1. P = 该时序适用于所有配置，无论 SPI_CLK 极性如何以及使用哪些时钟边沿来驱动输出数据和捕获输入数据都是如此。
2. P = SPICLK 周期。
3. PHA = 0；SPI_CLK 相位可通过 SPI_CH(i)CONF 寄存器的 PHA 位进行编程。

5.11.2.2.2 SPI 输出时序的时序和开关特性 - 次级模式

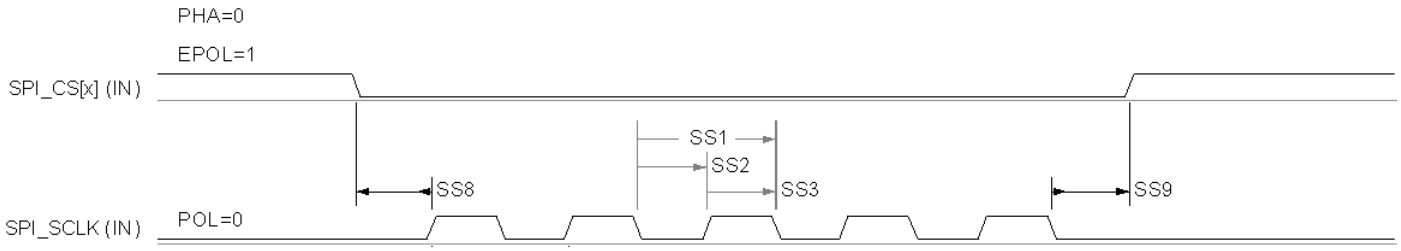


图 5-7. SPI 时序 — 外设模式接收

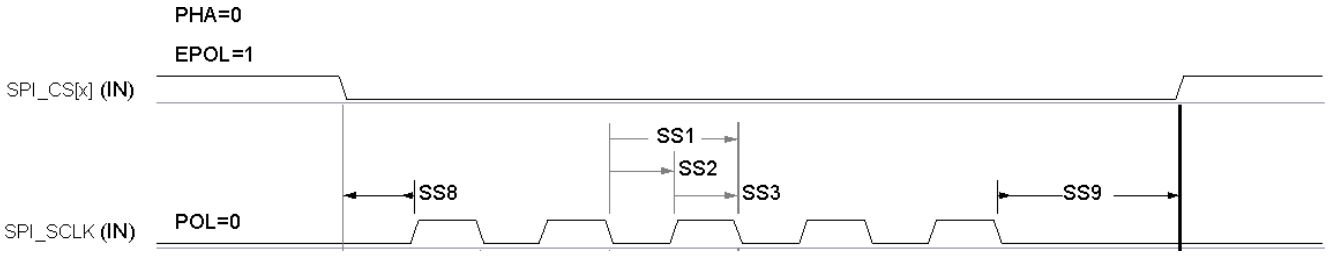


图 5-8. SPI 时序 — 外设模式发送

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.11.2.3 SPI 协议

本节介绍了主机到模块通信所需的底层 SPI 配置、数据包结构和传输时序。使用 mmWaveULink 库的集成商无需手动实现该协议，其在内部已自动处理。

参数	值	注释
控制器	主机 MCU	主机 MCU 始终是 SPI 控制器
外设	IWRL6432WMOD	总线上仅有单个外设
模式	0（CPOL:0、CPHA:0）	数据在上升沿采样，在下降沿移位
最大频率	15MHz	如果观察到信号完整性问题，请将频率降低至 10MHz
数据宽度	16 位（MSB 在前）	MSB 在前
字节序	小端	适用于数据包内的多字节字段
CS 极性	低电平有效	标准 SPI 芯片选择

5.11.2.3.1 通过 SPI 进行主机通信的数据格式

SPI 数据包格式由 SPI 帧头和 SPI 命令/响应数据组成。

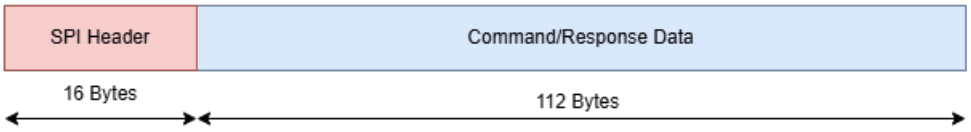


图 5-9. SPI 数据格式

16 字节的 SPI 帧头进一步细分为：用于消息认证的 CRC-32 校验码、命令或响应标识符、长消息和短消息长度，以及少量的保留字节。

字节偏移	字段名称	大小（字节）	说明
0-3	CRC-32	4	CRC-32 的计算范围涵盖帧头的第 4 至 15 字节以及整个有效载荷。用于消息校验验证。
4-5	消息 ID	2	识别命令（主机到模块）或响应（模块到主机）。请参阅 API 命令表。
6-7	短消息长度	2	当有效载荷为 255 字节或以下时，代表有效载荷的长度。如果启用了长消息长度，则此字段设置为 0xFFFF。
8-11	长消息长度	4	当有效载荷超过 255 字节时，代表有效载荷的长度。如果启用了短消息长度，则此字段设置为 0x00000000。
12-15	保留	4	设置为 0x00000000。不得修改。

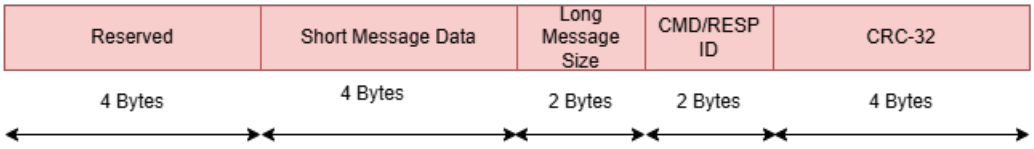


图 5-10. SPI 帧头格式

SPI 命令/响应进一步细分为命令头和可变长度命令/响应。最大可变长度可达 106 字节。

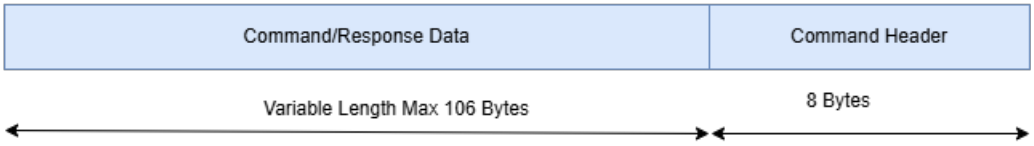


图 5-11. SPI 命令格式

字节偏移	字段名称	大小（字节）	说明
0-1	命令/响应代码	2	用于识别特定 API 命令或响应类型操作码。
2-3	有效载荷子长度	2	后续可变数据字段的长度。
4-N	可变数据	0-102	命令参数或响应数据。格式取决于具体命令。最大 102 字节。

备注

帧头（16 字节）与有效载荷（最大 106 字节）相结合，使得最大 SPI 传输大小为 122 字节。主机 MCU 中分配的缓冲区必须能够容纳这一最大值。

5.11.2.3.2 典型时序图

以下是主机 MCU 应用程序与模块进行通信时应遵循的典型 API 时序。

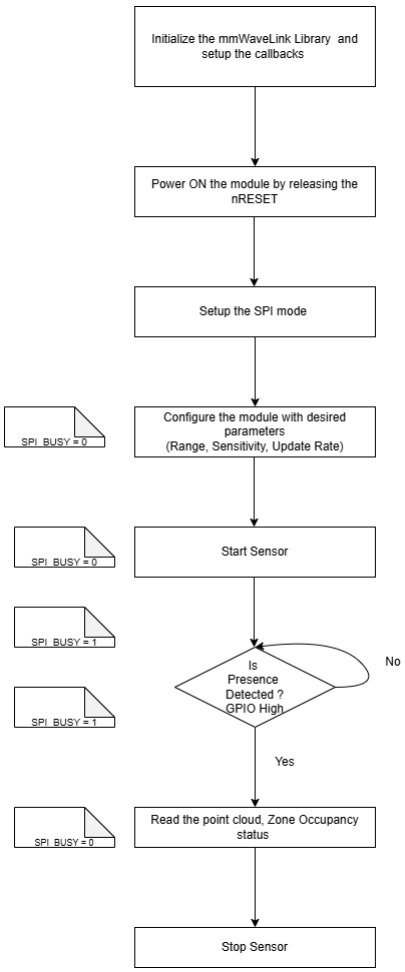


图 5-12. 典型时序图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.11.3 专用输入/输出

本节重点介绍了模块唤醒输入和存在指示输出的时序和开关特性。

5.11.3.1 输出时序的开关特性与负载电容 (C_L) 间的关系

表 5-7 列出了输出时序相对于负载电容的开关特性。

表 5-7. 输出时序的开关特性与负载电容 (C_L) 间的关系

参数(1)		测试条件		单位
t_r	最大上升时间	C_L = 20pF	3.3	ns
		C_L = 50pF	7.2	
		C_L = 75pF	10.5	
t_f	最大下降时间	C_L = 20pF	3.1	ns
		C_L = 50pF	6.6	
		C_L = 75pF	9.6	

1. 上升/下降时间测量为信号从 VIOIN 电压的 10% 转换到 90% 所需的时间。

5.11.4 串行通信接口 (SCI)

备注

UART 接口仅用于 uDFP 补丁更新。这不是应用程序接口。

5.11.4.1 SCI 时序要求

		最小值	典型值	最大值	单位
f(baud)	20pF 时支持的波特率		115.2(1)		kBaud

1. 支持的最大标准波特率。

6 详细说明

6.1 概述

德州仪器 (TI) 的雷达模块 IWRL6432WMOD 是一款尺寸紧凑的 31mm × 15.5mm 模块，集成了 60GHz 贴片天线、板载电源管理、闪存、无源及晶体元件，无需专门的毫米波系统设计知识即可部署，并提供了可简易配置的距离、灵敏度及关注区域等软件选项。该模块的突出优势在于已通过 FCC、RED、MIC 的全面认证，可免除终端产品的认证成本与工作。此外，该模块支持基于 SPI 的点云数据输出或基于 GPIO 的存在状态指示，有助于灵活实现。通过解决客户的实施挑战，并实现在运动感应、占位检测、智能家居器件等场景的自主运行，这款由 TI 设计、支持并分销的器件显著降低了开发复杂度，可助力希望在产品中嵌入毫米波雷达传感功能的客户加速上市进程。

6.1.1 模块图像

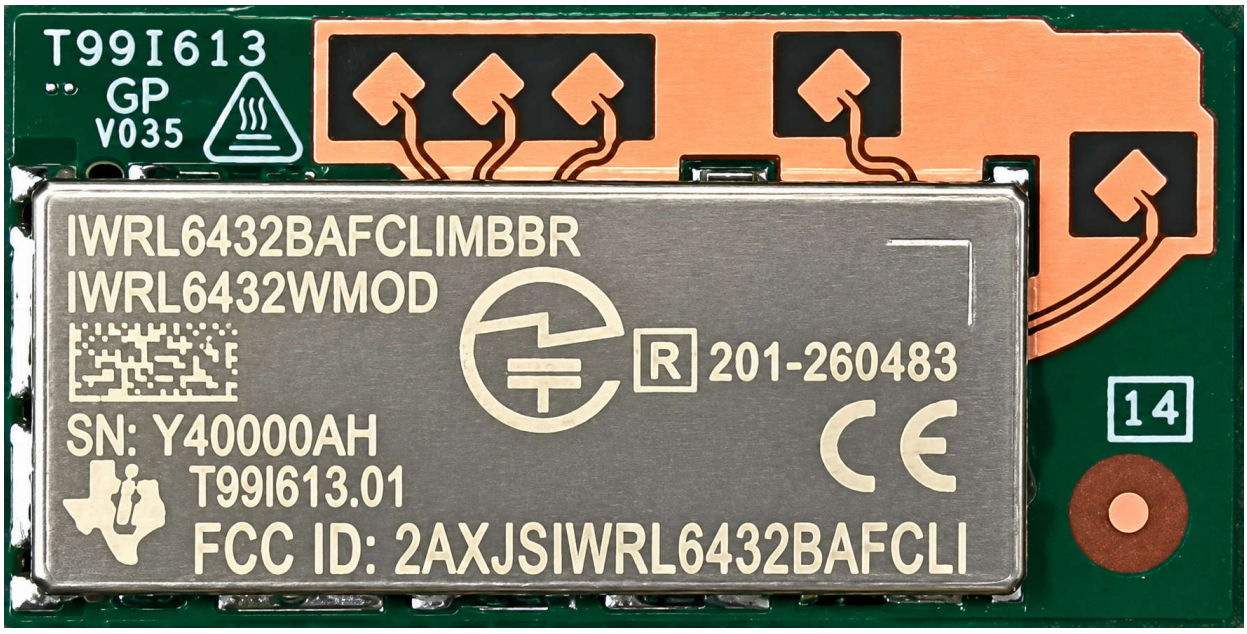


图 6-1. 模块顶部

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

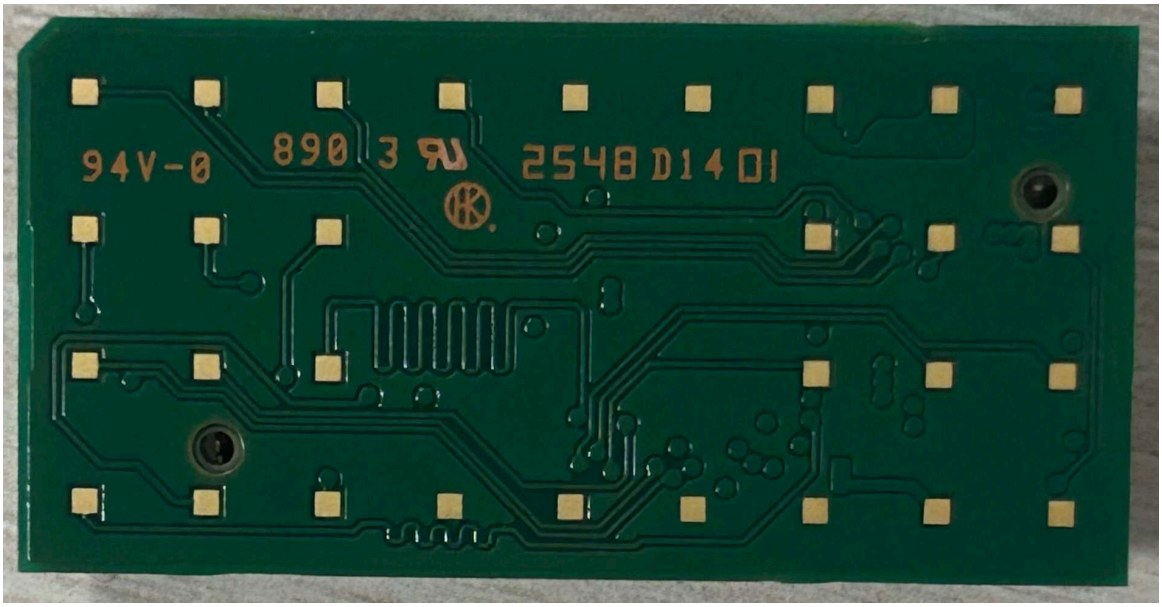


图 6-2. 模块底部

6.2 功能方框图

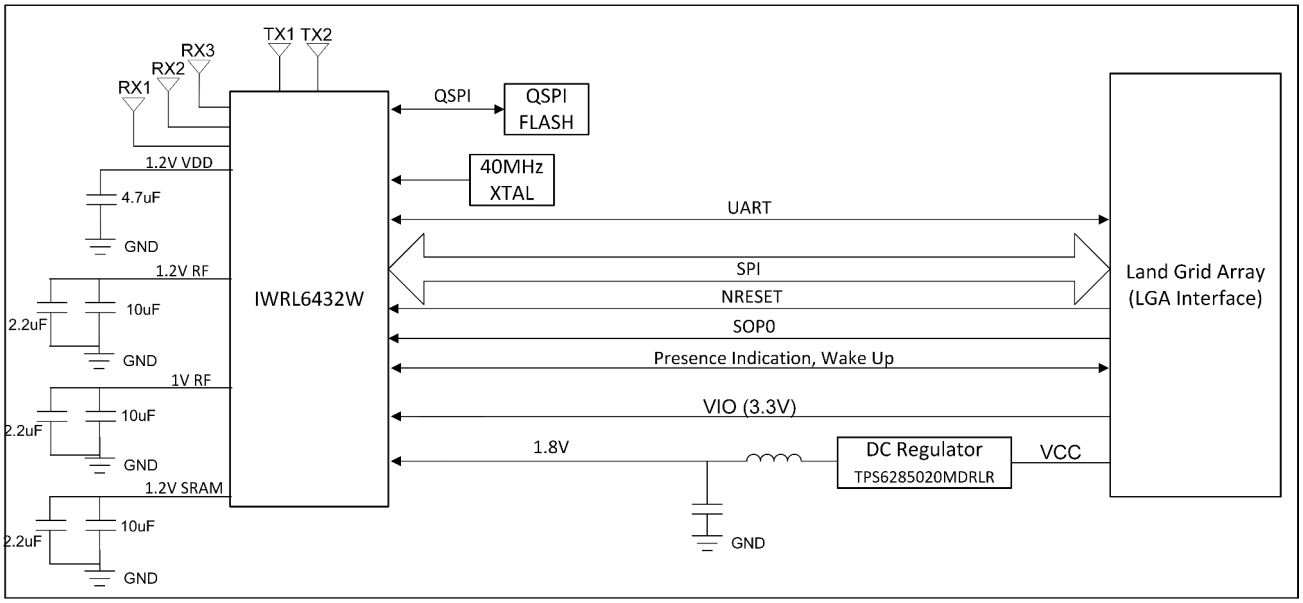


图 6-3. 功能方框图

6.3 子系统

6.3.1 主机接口

本节提供了外部微控制器单元 (MCU) 与 IWRL6432WMOD 毫米波雷达模块进行接口连接的软件集成指南。它涵盖了硬件接口信号、运行模式、SPI 通信协议、固件库集成、API 使用模式以及推荐的编码实践。

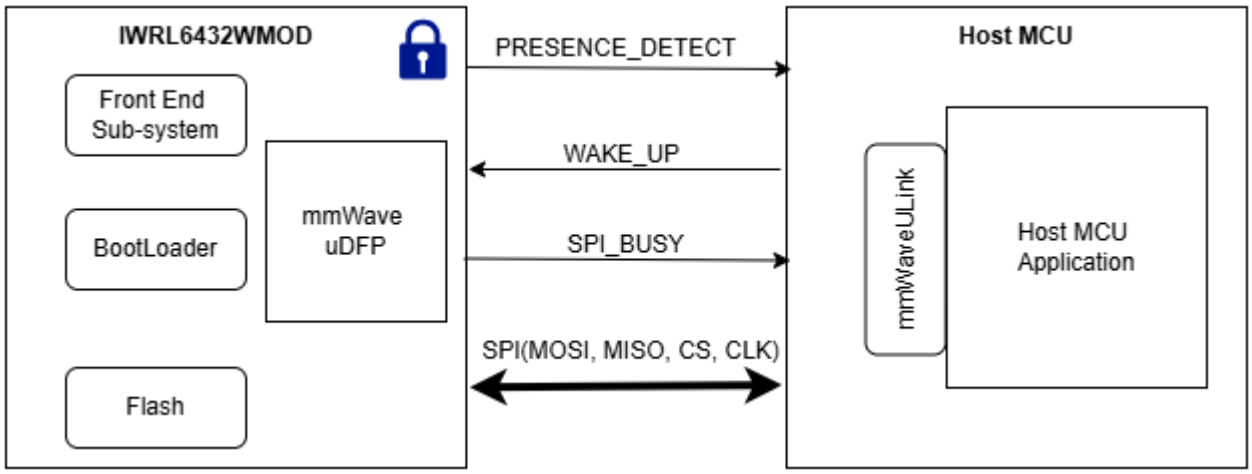


图 6-4. 主机接口

6.3.1.1 接口信号说明

IWRL6432WMOD 通过一组专用硬件信号与外部主机 MCU 进行通信。主要数据通道为同步 SPI 总线。额外的 GPIO 信号则用于协调电源状态以及中断驱动的通信流程。

信号	方向（来自主机）	类型	说明
SPI (MOSI/MISO/SCLK/CS)	双向	SPI 总线	主要同步串行接口。主机 MCU 为 SPI 控制器；IWRL6432WMOD 为 SPI 外设。
SPI_BUSY	输入至主机	GPIO – 模块输出	高电平有效。当模块正在处理命令且无法接受新的 SPI 传输时，该信号会被模块置为有效。主机在发起数据传输之前，必须通过轮询或中断来检查此信号。
PRESENCE_DETECT	输入至主机	GPIO – 模块输出	在自主模式和多区域模式下：高电平表示检测到有人存在。在详细模式下：信号翻转以指示帧结束，允许主机同步读取数据。
WAKE_UP	主机输出	GPIO – 输入至模块	高电平有效。主机在进行任何 SPI API 传输之前必须将其置为有效，并在传输完成后将其置为无效。防止模块在通信期间进入深睡眠状态。**在客户硬件上，应使用下拉电阻（小于 10KΩ）将 WAKE_UP（模块唤醒输入）拉至低电平。**
nRESET	主机输出	GPIO – 输入至模块	低电平有效。主机释放（置为无效）该信号以对模块进行上电。在正常运行期间必须保持高电平。

备注

在将 CS 置为有效并开始任何 SPI 传输之前，必须先检查并确认 SPI_BUSY 为低电平。在 SPI_BUSY 为高电平时发起传输可能会损坏该次传输数据，并导致不可预测的模块行为。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.1.2 工作模式

IWRL6432WMOD 具有 3 种不同的运行模式：

1. 自主模式
2. 多区域模式
3. 详细模式

选择正确的模式决定了是否需要主机 MCU、通过 SPI 可获取哪些数据，以及配置如何存储。该模式在固件加载时进行选择，在运行期间无法通过全面复位以外的方式进行动态更改。下表列出了这些运行模式之间的差异。

	自主模式	多区域模式	详细模式
是否需要主机 MCU	否	是	是
主机 MCU 接口	不适用	SPI	SPI
IWRL6432WMOD 输出信息	二进制数据（通过 GPIO 指示有人/无人）	有人/无人二进制数据。点云、每个独立区域的区域占用状态	有人/无人二进制数据。点云、每个独立区域的区域占用状态
PRESENCE_DETECT 输出功能	指示有人存在	指示有人存在	指示帧结束
配置存储	外部闪存（位于 IWRL6432WMOD 内部）	主机 MCU	主机 MCU
应用场景：	无需 MCU 的简单独立检测	带有 MCU 开销的分区存在检测	完整雷达数据捕获与自定义处理

6.3.2 器件固件

IWRL6432WMOD 附带存在和运动检测软件，该软件已预编程至模块内置的外部闪存中。客户可通过 uDevice 固件包 (MMWAVE-UDFP-APPSW) 中定义的一组简易 API，根据应用场景配置该模块，包括最大距离、检测灵敏度、运动灵敏度及关注区域等。

有关 API 以及配置该模块所需遵循顺序的更多详细信息，请参阅 MMWAVE-UDFP-APPSW 固件包中提供的文档

<MMWAVE_UDFP_INSTALL_PATH>\Host\mmWaveULink_Interface_Control_Document.pdf

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 器件认证

TI 的 IWRL6432WMOD 模块已获得 FCC、ETSI/CE 和日本 MIC 的模块化认证。基于 IWRL6432WMOD 构建产品的 TI 客户可以从中受益，减少测试成本并缩短上市时间。

备注

FCC ID 必须同时放置在用户手册和包装上。该模块包含 4 磅字号的 FCC ID 和标识。

表 7-1. 器件认证

监管机构	规格	ID
FCC（美国）	器件 15.255 + MPE FCC 射频暴露	2AXJSIWRL6432BAFCLI
ETSI/CE（欧盟）	EN 305 550-2 v1.2.1	
	EN 301 489-1 v2.2.3	
	EN 301 489-51 v2.1.1	
	EN 62368-1:2020+A11:2020	
MIC（日本）	JRL 2-1-8	201-260483

备注

在日本境内运行该器件的客户必须启用“MIC 合规模式”位。未启用此项将导致该器件的认证失效。

7.1 FCC 认证和声明

TI 的 IWRL6432WMOD 模块作为单模块发送器已获得 FCC 的批准。这些模块是带有 FCC 模块化许可的无线电模块。用户应注意，未经合规负责方明示同意的任何更改或修改都可能导致用户操作本设备的授权失效。

该器件符合 FCC 规则的第 15 部分。运行同时受两项条件制约：

1. 该器件不得造成有害干扰。
2. 该器件必须接受接收到的任何干扰，包括可能导致该器件运行异常的干扰。

备注

FCC 射频辐射暴露声明：本设备符合针对非受控环境规定的 FCC 辐射暴露限制。最终用户必须遵循特定的操作说明，以符合射频暴露限制。此发送器不得与任何其他天线或发送器并置或协同操作。

备注

针对 B 类数字器件的 FCC 15.105(b) 声明：根据 FCC 规则第 15 部分的规定，本设备已经过测试，证明符合针对 B 类数字设备的限制要求。这些限制旨在针对住宅安装中的有害干扰提供合理的保护。本设备会产生、使用并可辐射射频能量，如不按照指导手册进行安装和使用，可能会给无线电通讯带来有害干扰。但是，不能保证在特定安装中不会发生干扰。如果此设备确实对无线电或电视接收造成有害干扰（可通过关闭和打开设备来确定），建议用户尝试采取以下一种或多种措施来纠正干扰：

1. 调整接收天线的方向或位置。
2. 增加该设备和接收器之间的隔离距离。
3. 将设备连接到另一条电路的插座上，该电路不是接收器连接的电路。
4. 咨询经销商或有经验的无线电/电视技术人员以获得帮助。

备注

射频暴露信息 (MPE)：该器件已经过测试，符合适用的射频接触限制。安装和操作本设备时，辐射体和人员之间的最小距离应为 20cm。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.2 ETSI/CE

IWRL6432WMOD 模块符合欧盟无线电设备指令。有关更多详细信息，请参阅 IWRL6432WMOD 器件的 EU 符合性声明的全文。

备注

在所有运行模式下，只要间隔距离大于或等于 20cm，该器件即符合欧盟理事会建议 1999/519/EC 中给出的射频暴露限值。在操作时，用户应使人员与该器件保持至少 20cm 的距离。

7.3 终端产品标示

该模块的设计符合 FCC 声明 FCC ID：2AXJSIWRL6432BAFCLI。最终产品必须在可见区域标记以下内容：**“Contains FCC ID: 2AXJSIWRL6432BAFCLI”**。仅当满足所有 FCC 合规性要求时，才可以使用模块的 FCC ID。

7.4 面向最终用户的手册信息

OEM 集成商必须注意，不要在集成了该模块的最终产品的用户手册中向最终用户提供有关如何安装或移除该射频模块的信息。

备注

本数据手册记载的测试条件范围外的操作不受支持，并可能导致 TI 提供的保修失效。如果用户选择将 IWRL6432WMOD 配置为在测试条件之外运行，则器件必须在受保护且受控的环境（例如射频屏蔽室）内运行，并且用户必须确保符合监管要求。

最终用户手册必须包含本文件中显示的所有必需的监管信息和警告。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 应用、实施和布局

备注

以下“应用”部分中的信息不属于 TI 元件规范，TI 不担保其准确性和完整性。客户应负责确定 TI 组件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计是否能够实现，以确保系统功能。

8.1 应用信息

8.1.1 典型应用

该模块支持两种系统拓扑结构。

- 拓扑 1：自主模式，能够通过 GPIO 发送存在检测信号
- 拓扑 2：辅助器件模式，由外部 MCU 控制

8.1.1.1 自主模式

在自主模式下，雷达的线性调频脉冲配置（用于设置雷达的距离、灵敏度和用户定义的检测参数）预先存储在模块串行闪存中。应用软件启动并从闪存读取配置，通过 GPIO（存在检测 GPIO）提供存在/不存在指示。例如，此 GPIO 可用于打开/关闭简单的照明继电器电路。有关使用 SPI 将配置存储到闪存的步骤，请参阅 MMWAVE-UDFP-APPSW 或 BP-IWRL6432WMOD 用户指南。

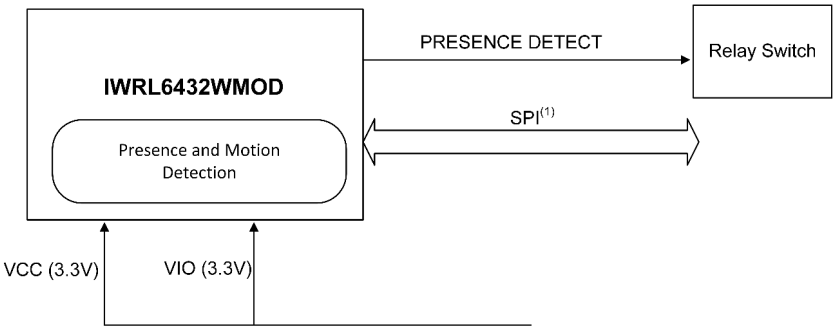


图 8-1. 自主模式

1. 仅用于将配置存储到闪存中。该接口在生产过程中只能使用一次。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.2 辅助器件模式

在辅助器件模式下，IWRL6432WMOD 与外部主机 MCU 相连。SPI 是用于配置该模块的主要主机通信接口。主机需要集成“mmWaveuLink/uLINK”库，才能在其系统软件中控制该模块。主机通过 SPI 接口将配置（SPI 消息）发送到该模块。该模块通过专用 GPIO（存在指示输出）提供存在检测信号。在此模式下，该模块还可以通过同一 SPI 接口向主机发送点云信息。主机可以解读点云数据以执行更高阶的处理，例如跟踪。

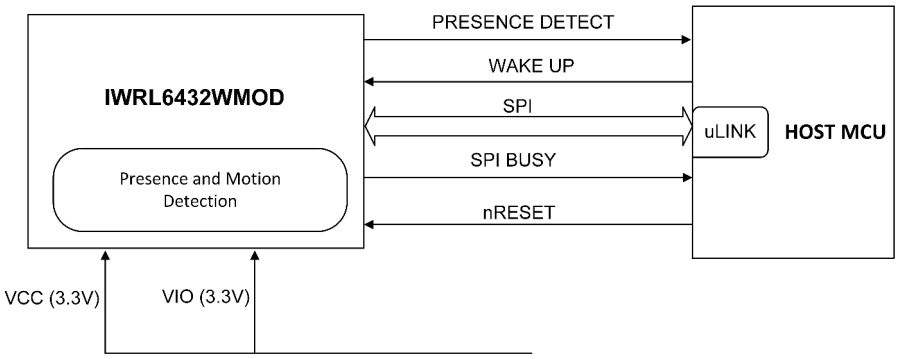


图 8-2. 辅助器件模式

8.2 测试结果

该模块在开放空间中进行了测试。图 8-3 中详细展示了用于此测试的配置。

表 8-1. 测试结果

方位角	存在检测
0°	15m
+45°	13m
-45°	12m
+60°	9m
-60°	7m

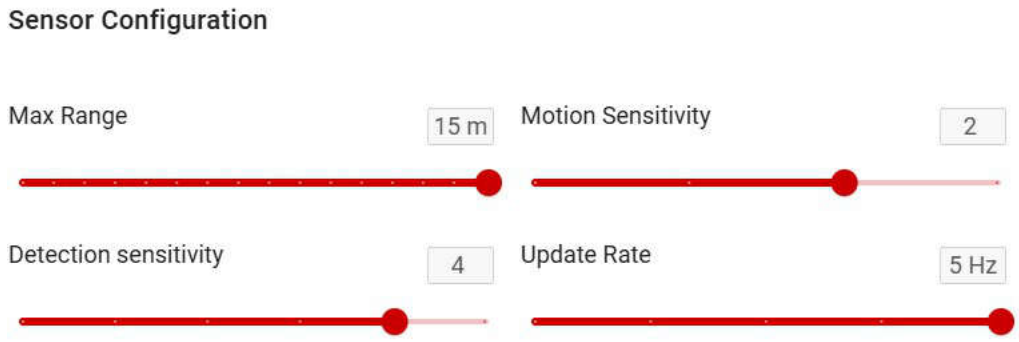


图 8-3. 测试配置

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9 器件和文档支持

9.1 器件命名规则

为了指明产品开发周期所处的阶段，TI 为所有微处理器 (MPU) 和支持工具的器件型号分配了前缀。每个器件都具有以下三个前缀中的其中一个：X、P 或 null（无前缀）（例如，*IWRL6432W*）。德州仪器 (TI) 为其支持工具推荐使用三种可能的前缀指示符中的两个：TMDX 和 TMDS。这些前缀代表了产品开发的发展阶段，即从工程原型 (TMDX) 直到完全合格的生产器件和工具 (TMDS)。

器件开发进化流程：

X 试验器件不一定代表最终器件的电气规格，并且可能不使用生产封装流程。

P 原型器件不一定是最终的器件芯片，并且不一定符合最终电气规格。

无 完全合格的器件芯片量产版本。

支持工具开发演变流程：

TMDX 还未经德州仪器 (TI) 完整内部质量测试的开发支持产品。

TMDS 完全合格的开发支持产品。

X 和 P 器件和 TMDX 开发支持工具在供货时附带如下免责条款：

“开发中的产品用于内部评估用途。”

生产器件和 TMDS 开发支持工具已进行完全特性描述，并且器件的质量和可靠性已经完全论证。TI 的标准保修证书对该器件适用。

预测显示原型器件（X 或者 P）的故障率大于标准生产器件。由于这些器件的预期最终使用故障率仍未确定，故德州仪器 (TI) 建议请勿将这些器件用于任何生产系统。请仅使用合格的生产器件。

TI 的器件命名规则还包含具有器件产品系列名称的后缀。此后缀表示封装类型（例如 MBB0030A）、温度范围（例如，无后缀表示默认的商用温度范围）。图 9-1 提供了读取任一 *IWRL6432WMOD* 器件完整器件名称的图例。

如需采用 MBB0030A 封装类型的 *IWRL6432WMOD* 器件的可订购器件型号，请参阅本文档的“封装选项附录”，访问 TI 网站 (www.ti.com) 或联系您的 TI 销售代表。

有关裸片上器件命名规则标识的其他说明，请参阅*器件标识*。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

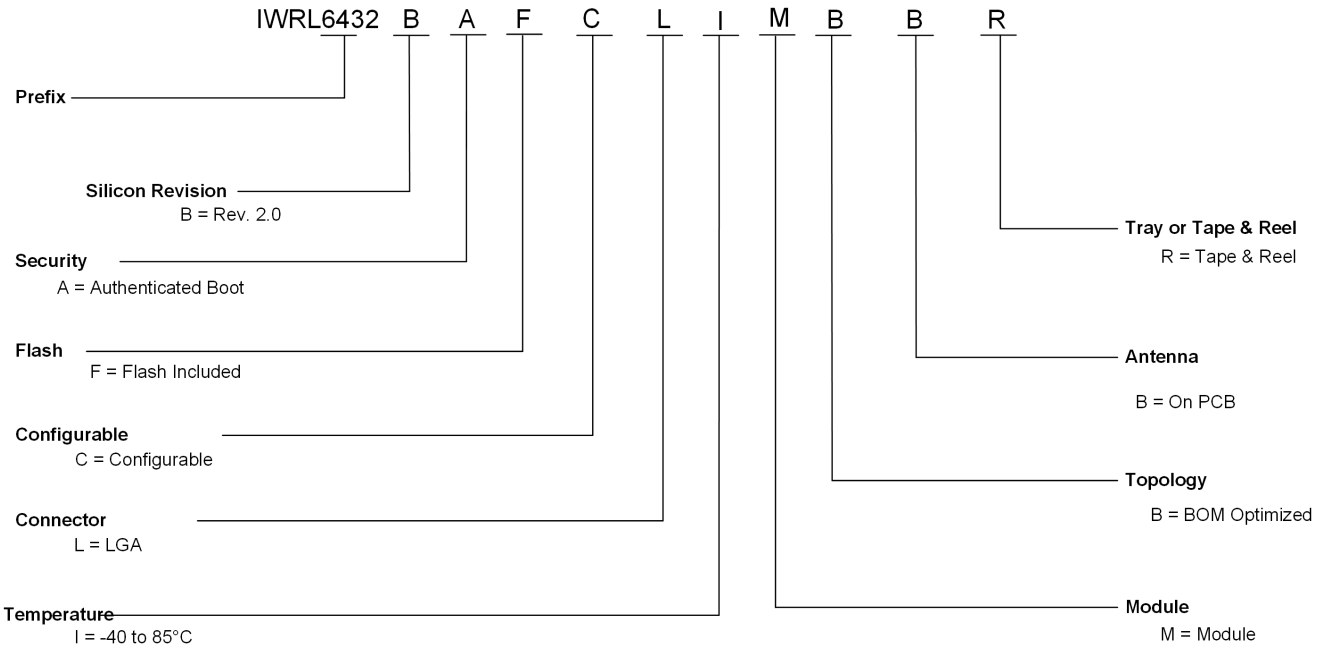


图 9-1. 量产器件命名规则

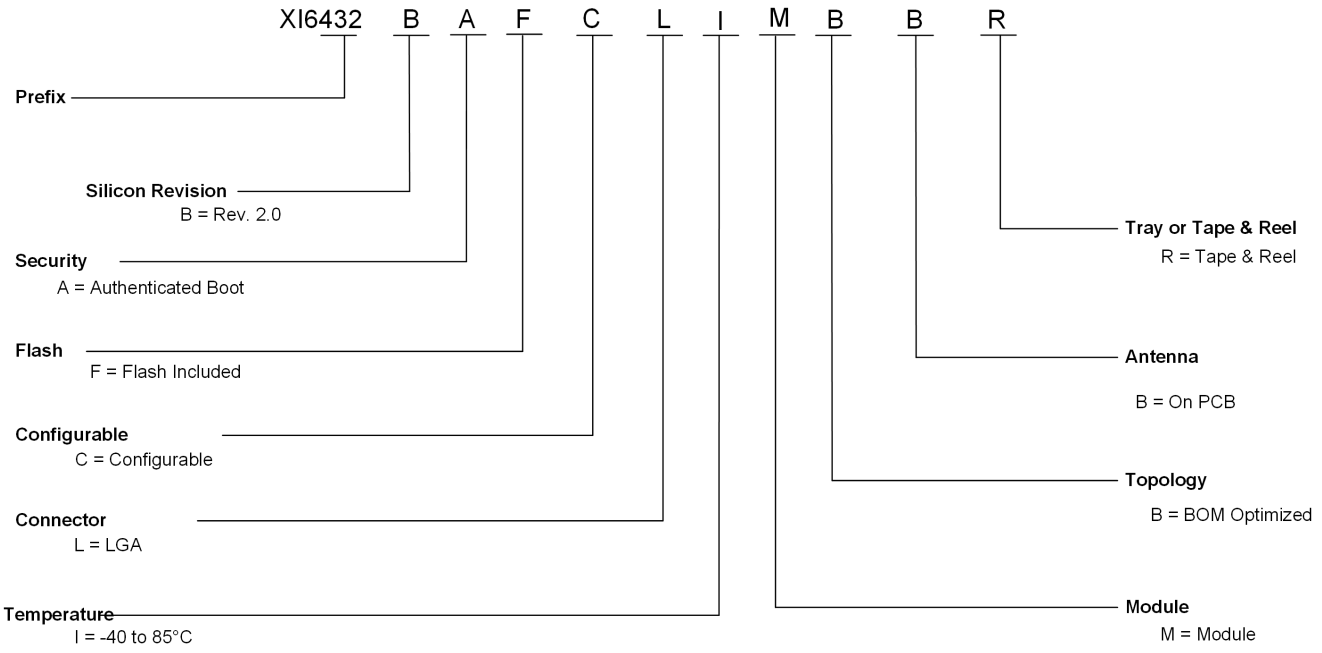


图 9-2. 预量产器件命名规则

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9.2 器件标识

图 9-3 展示了 IWRL6432WMOD 雷达器件的封装符号示例。

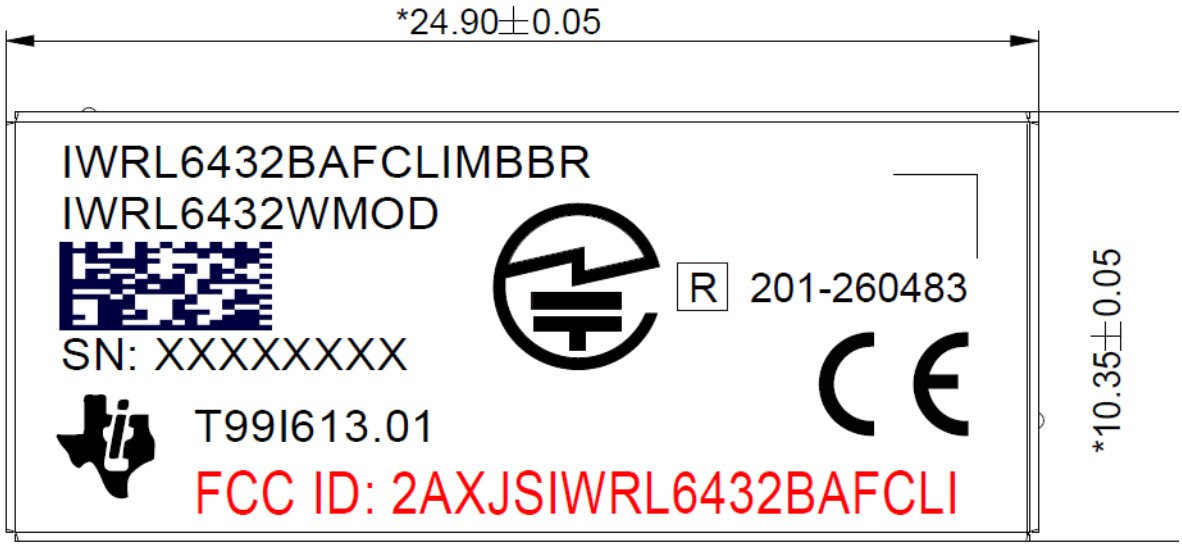


图 9-3. 器件产品标识示例

此标识编号包含以下信息：

- **第 1 行：**可订购器件型号
- **第 2 行：**通用器件型号
- **第 3 行：**条形码
- **第 3 行：** Giteki Mark
- **第 4 行：**Serial Number
- **第 5 行：**TI 标识
- **第 5 行：**CE 标识
- **第 5 行：**制造商器件型号
- **第 6 行：**FCC ID 编号

标识	说明
IWRL6432BAFCLIMBBR	TI 可订购器件型号
IWRL6432WMOD	TI 通用器件型号
SN：XXXXXXXX	序列号：保留供 TI 使用
T99I613.01	制造商器件型号
条形码	条形码标识符
QR	产品页面
2AXJSIWRL6432BAFCLI	FCC ID 编号
201-260483	Giteki ID

9.3 文档支持

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

下面列出了介绍外设以及其他配套技术资料的最新文档。

- IWRL6432WMOD 器件数据表

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9.4 支持资源

TI E2E™ 支持论坛是工程师的重要参考资源，有助于直接从专家那里获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或自行提出问题，以获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

9.5 商标

E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

9.6 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.7 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10 回流焊信息

本节介绍了有关回流焊的操作指南。

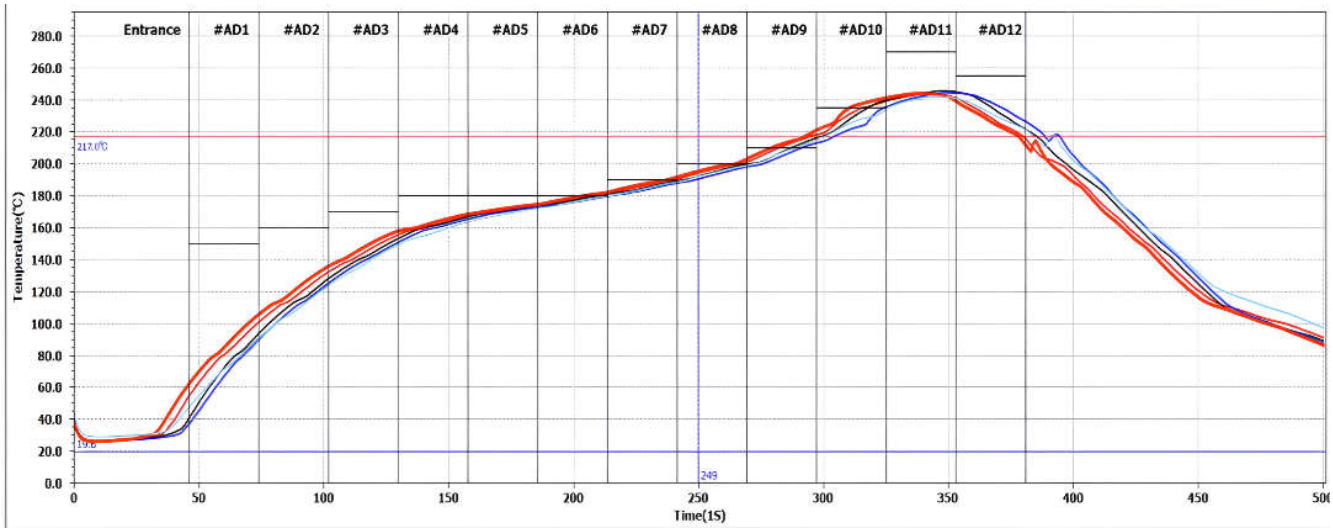


图 10-1. 模块回流焊曲线

参数		最小值	典型值	最大值	单位
预热/浸泡时间 (t_s)	150°C (T_{smin}) 至 180°C (T_{smax})	60		120	秒
回流焊	高于 217°C (T_L)	50		90	秒
斜升速率 (T_L 至 T_P)		0		3	°C/sec
峰值温度 (T_P)		240		250	°C
斜降速率 (T_P 至 T_L)		-3		0	°C/sec
O_2 含量				3000	PPM

- T_s — 浸泡时间
- t_{smin} — 最低浸泡温度
- T_{smax} — 最高浸泡温度
- T_L — 液态温度
- T_P — 峰值温度

11 修订历史记录

Changes from June 4, 2026 to June 18, 2026 (from Revision A (June 2026) to Revision B (June 2026)) **Page**

- 射频规格：添加了最大天线增益。 7
- 模块图像：更新了 RTM 模块映像。 16
- FCC 认证和声明：更新了 FCC 合规性注释。 20
- 终端产品标示：添加了新的部分。 21
- 面向最终用户的手册信息：添加了新的部分。 21

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

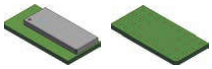
12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关该数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

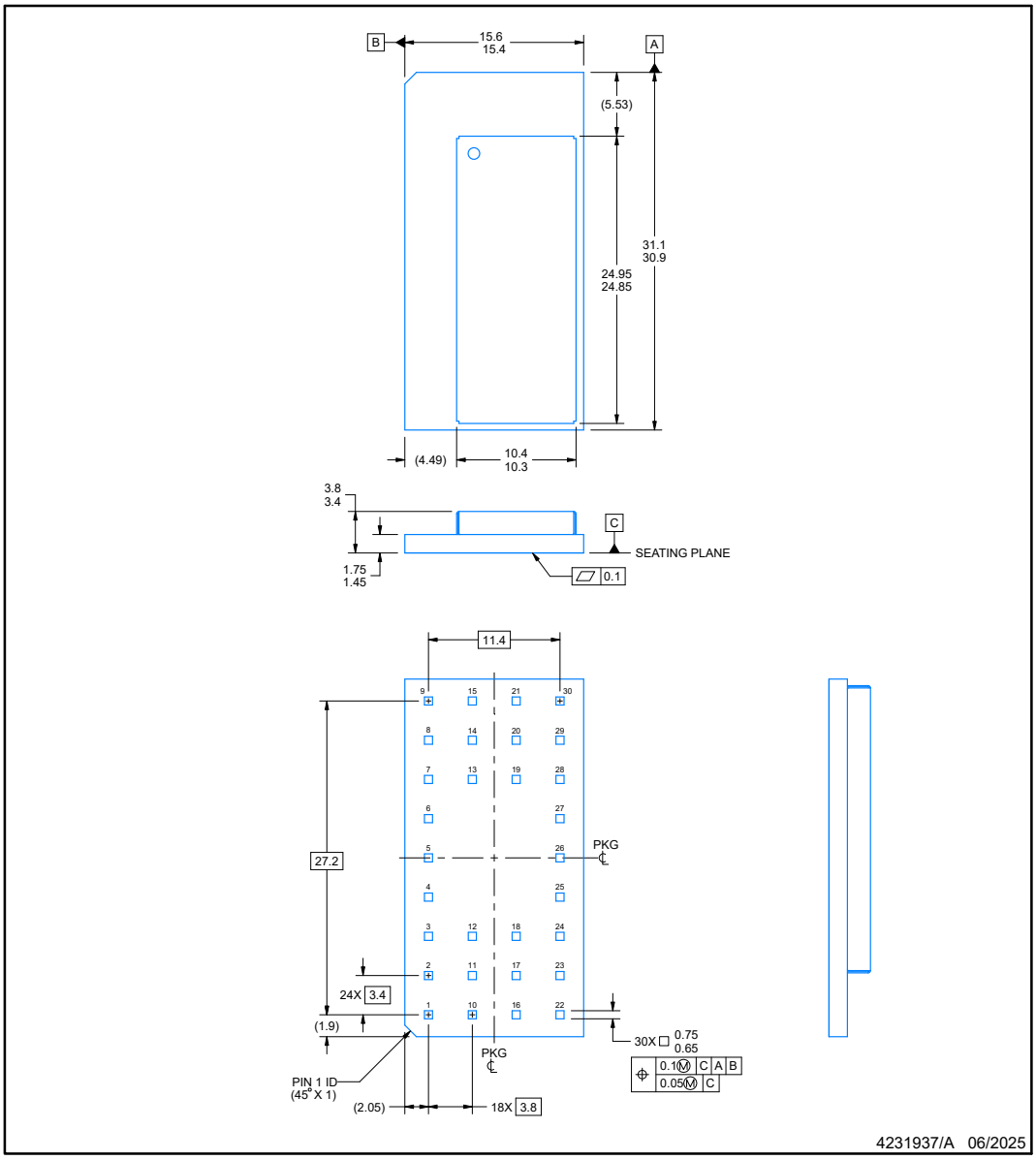
PACKAGE OUTLINE

MBB0030A



QFM - 3.8 mm max height

QUAD FLATPACK MODULE - NO LEAD



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

Texas Instruments
www.ti.com

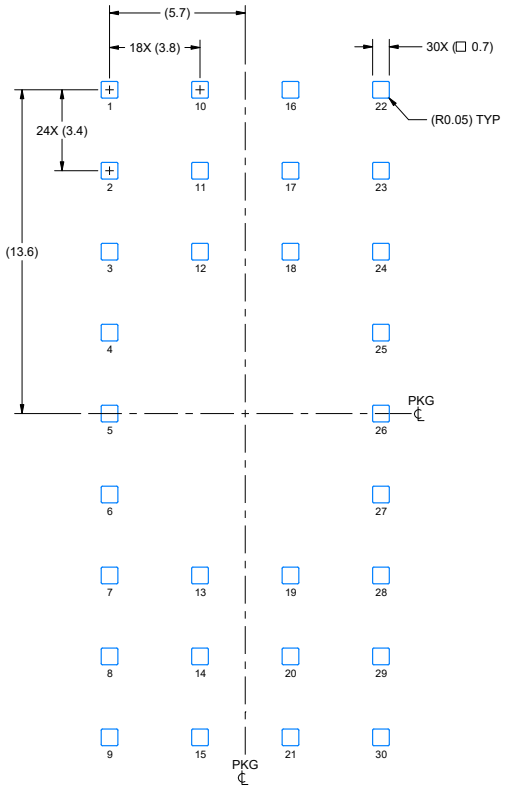
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

EXAMPLE BOARD LAYOUT

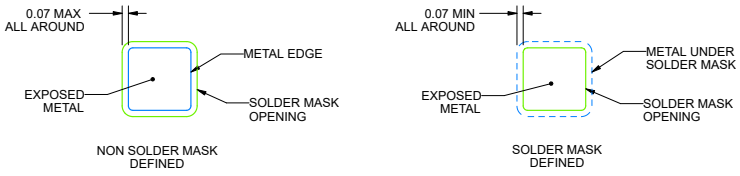
MBB0030A

QFM - 3.8 mm max height

QUAD FLATPACK MODULE - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 4X



SOLDER MASK DETAILS

4231937/A 06/2025

NOTES: (continued)

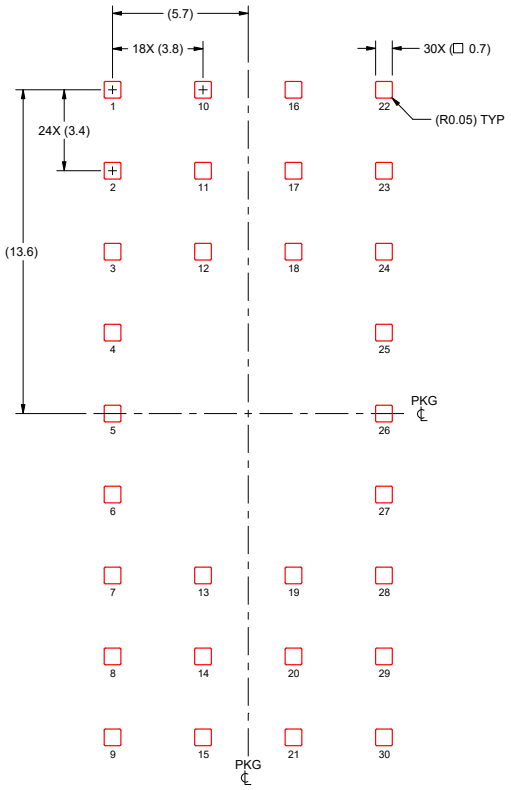
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

EXAMPLE STENCIL DESIGN

MBB0030A — **QFM - 3.8 mm max height**

QUAD FLATPACK MODULE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 4X

4231937/A 06/2025

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
IWRL6432BAFCLIMBBR	Active	Production	QFM (MBB) | 30	600 | LARGE T&R	Exempt	Call TI	Call TI	-40 to 85	
XI6432BAFCLIMBBR	Active	Preproduction	QFM (MBB) | 30	600 | LARGE T&R	Exempt	Call TI	Call TI	-40 to 85	

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

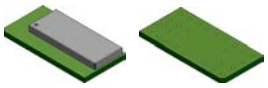
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

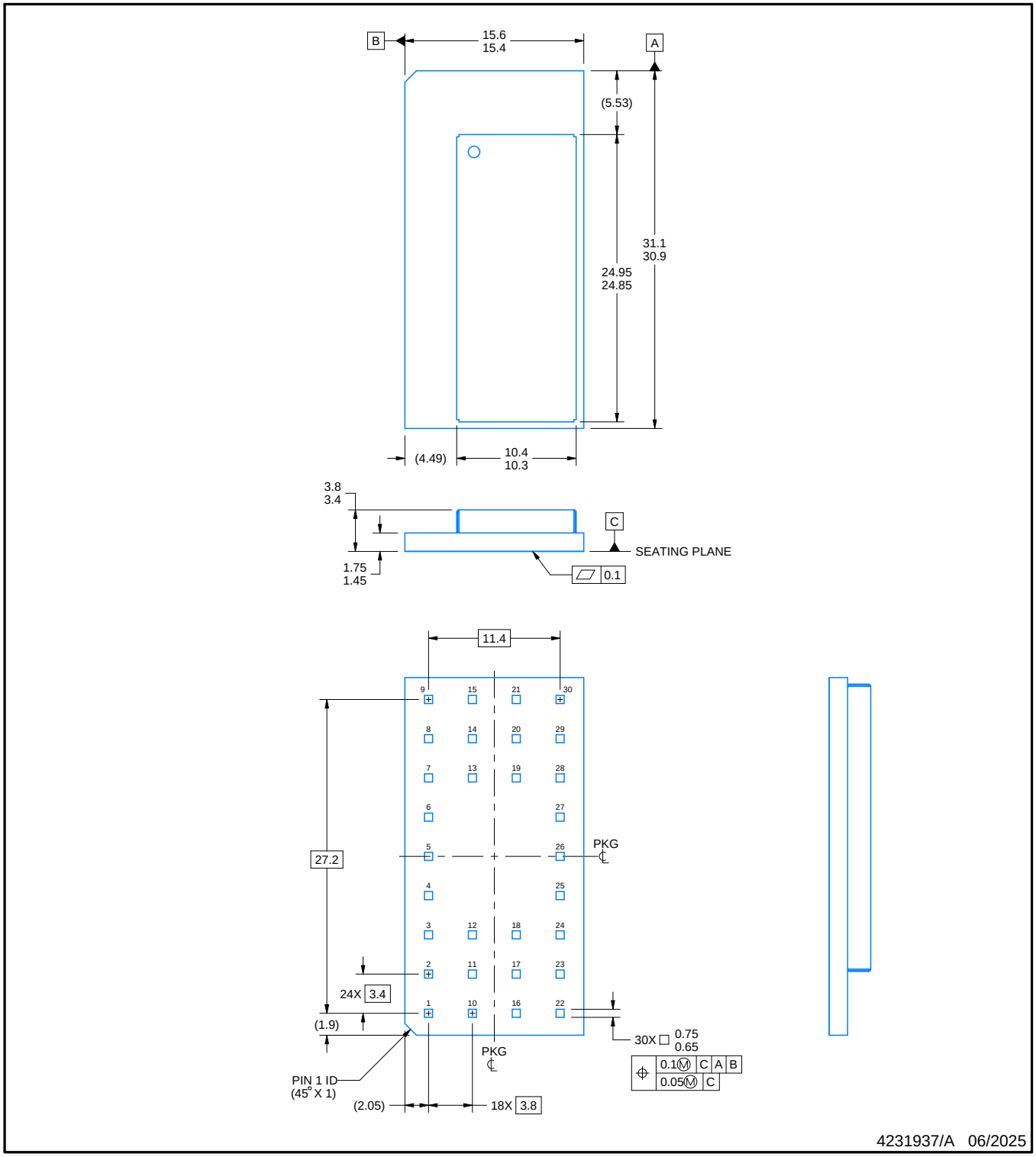
PACKAGE OUTLINE

MBB0030A



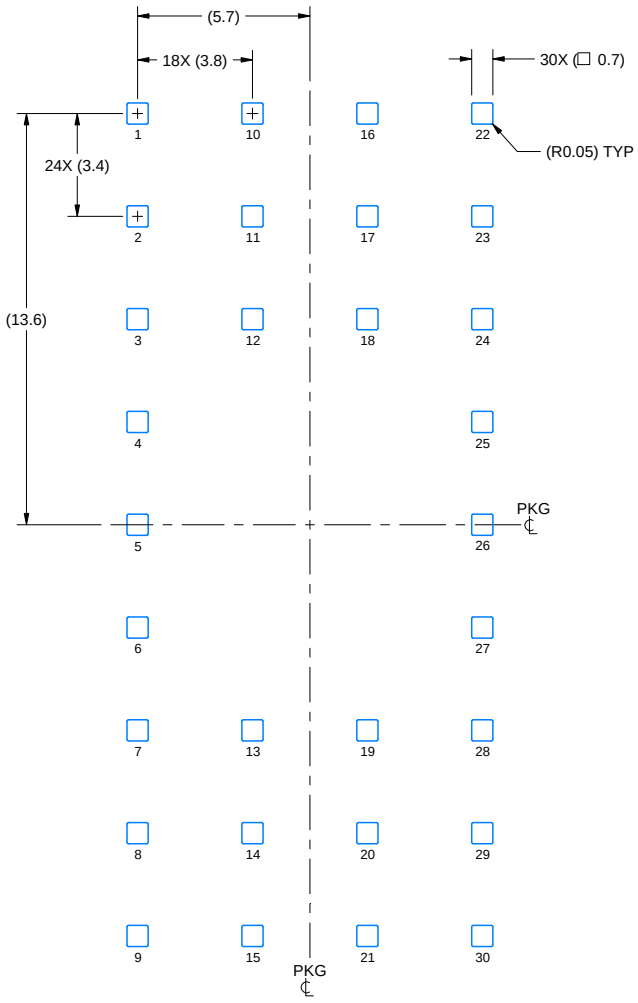
QFM - 3.8 mm max height

QUAD FLATPACK MODULE - NO LEAD

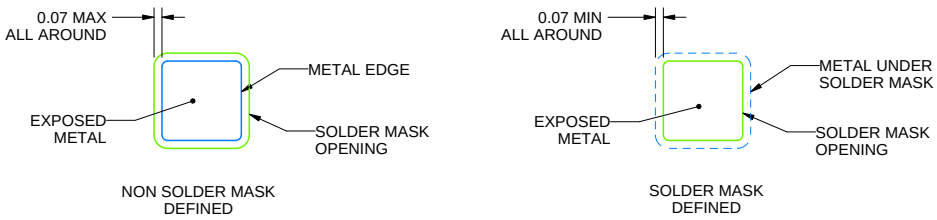


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 4X



SOLDER MASK DETAILS

4231937/A 06/2025

NOTES: (continued)

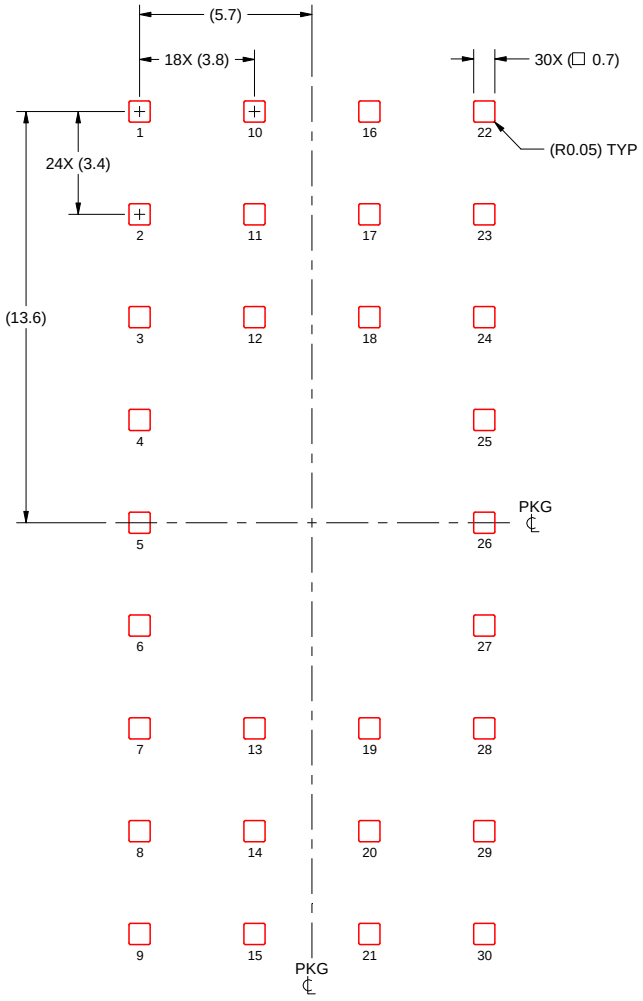
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

MBB0030A

QFM - 3.8 mm max height

QUAD FLATPACK MODULE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 4X

4231937/A 06/2025

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 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。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月