

Design Guide: TIDA-010254

支持 Sub-1GHz 和 Bluetooth® 5.2 的电池供电毫米波雷达传感器参考设计



说明

此工业参考设计演示了如何使用具有 Sub-1GHz 或 Bluetooth® 5.2 无线通信功能并由电池供电的 IWRL6432 60GHz 毫米波雷达。该设计由锂电池供电，演示了人数统计、人员跟踪和运动跟踪应用。尽管该设计与任何现有的 IWRL6432 软件兼容，但演示结果通过 Sub-1G 或蓝牙发送到远程主机。该设计使用 LAUNCHXLCC1352R1 无线微控制器 (MCU) LaunchPad™ 开发套件，并通过图形用户界面 (GUI) 直观地显示雷达传感数据和检测结果。

资源

TIDA-010254	设计文件夹
IWRL6432、CC1352R	产品文件夹
TPS628502、BQ25616	产品文件夹
LAUNCHXL-CC1352R1	工具文件夹

特性

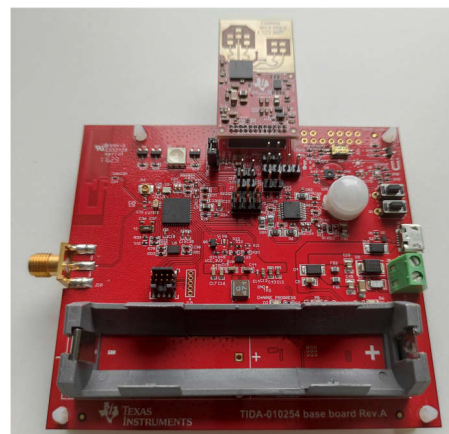
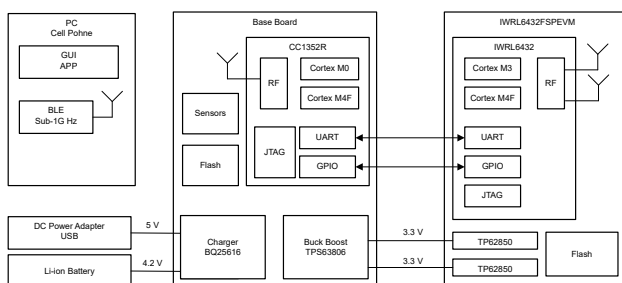
- 采用 IWRL6432 的低功耗、低成本 57GHz 至 64GHz 毫米波雷达
- 使用 CC1352R 实现远距离低功耗 Sub-1GHz 或 BLE 无线连接
- 电池供电，实现高效率和小外形尺寸
- 提供低功耗测试结果
- 演示人数统计和人员跟踪软件

应用

- [占位检测 \(人员跟踪、人数统计\)](#)
- [运动检测器](#)
- [可视门铃](#)
- [自动门](#)
- [IP 网络摄像头](#)



请咨询我司 TI E2E™ 支持专家



1 系统说明

在楼宇安全系统和防火安全系统中，经常需要进行人员跟踪和人数统计。此外，人类手势识别还可以用于智能家居和视频监控系統。毫米波雷达技术提供人或物体的距离、速度和反射角数据，可以采用不同的应用特定方式进行处理。该参考设计通过使用 IWRL6432 低功耗、57GHz 至 64GHz 毫米波雷达传感器演示了这些应用。该设计的毫米波雷达模块采用 22mm × 42mm 印刷电路板 (PCB) 蚀刻天线 (带有 2 个发射元件和 3 个接收元件)。

该设计的无线射频通信部分使用 CC1352R 微控制器，该微控制器可提供远距离连接和超低功耗。CC1352R 是一款多协议 Sub-1GHz 和 2.4GHz 无线微控制器 (MCU)，支持低功耗 Bluetooth® 5.2、IEEE 802.15.4、Zigbee® 等。

该参考设计利用锂离子电池作为主电源 (连接 3.0V 至 4.2V 输入端子)。TPS63806 宽 V_{IN} 降压/升压转换器用于将该电池输入转换为 3.3V 输出为系统供电。此外，该板还可以通过 USB 或外部直流输入供电，也可用于为锂离子电池充电。

本设计指南介绍了该参考设计的设计理论和测试结果。

1.1 关键系统规格

表 1-1. 关键系统规格

参数	规格
输入电源	18650 锂离子电池
电源容量	3.7V 时 2000mAh
雷达类型	IWRL6432 毫米波雷达
系统功耗	180mW (最大值)
雷达视场方位角	±60°
雷达视场仰角	±40°
雷达最大距离	人员范围为 10m (仅限测试环境)
雷达距离分辨率	0.18 m
雷达最大速度	36 m/s
雷达速度分辨率	约 0.08m/s (轻微移动检测模式)
人员跟踪 (# ppl)	3 至 5
无线电协议	低功耗蓝牙 (BLE)、Sub-1GHz
无线电发射器频率	2440MHz、915MHz
无线电发射功率	5dBm、12dBm

2 系统概述

此系统设计包含两个模块：雷达模块和无线射频通信模块。这两个模块指定为用于雷达模块的 IWRL6432FSPEVM 和用于无线通信模块的基础板。

IWRL6432FSPEVM 由基础板的 3.3V 电源供电。IRWL6432FSPEVM 通过串行外设接口 (SPI) 和通用异步接收器/发送器 (UART) 与无线射频微控制器 CC1352R 进行通信。IRWL6432FSPEVM 将 UART 用作毫米波固件可编程接口。

基础板还包含光学传感器、温度传感器、霍尔效应传感器和被动红外 (PIR) 传感器，用于环境情况和噪声优化。

2.1 方框图

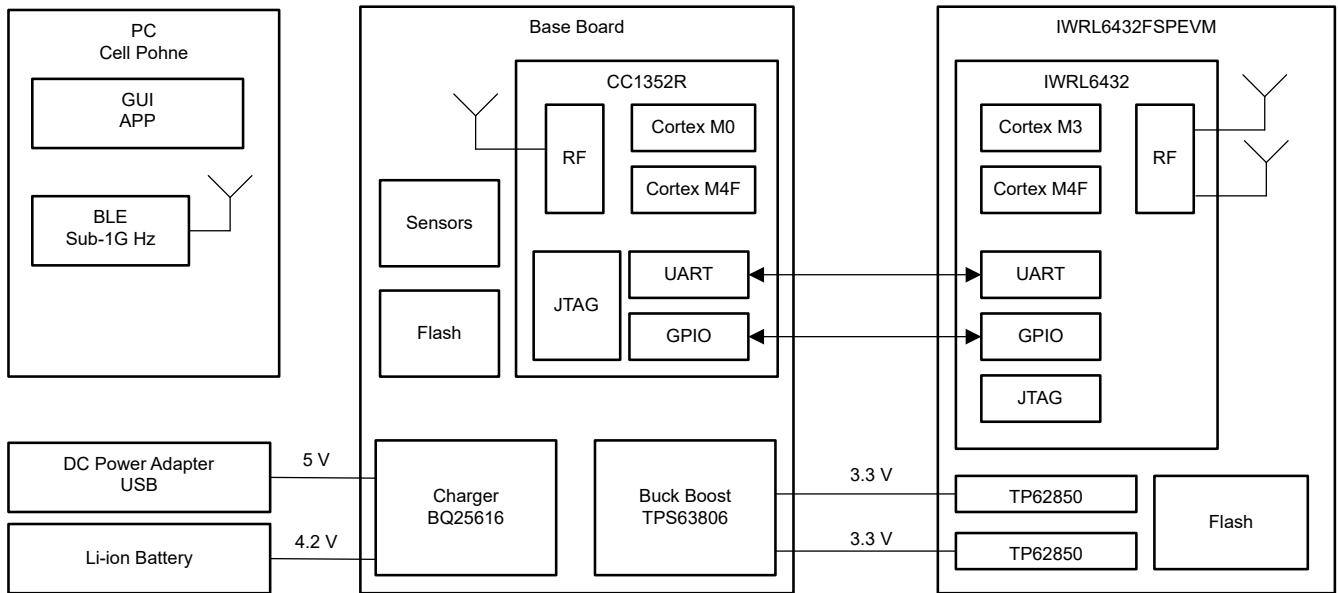


图 2-1. TIDA-010254 方框图

2.2 设计注意事项

在此设计中，毫米波雷达结果数据通过 UART 端口发送，然后 CC1352R 通过 BLE 或 Sub-1GHz 将结果数据发送到无线客户端（个人计算机 (PC) 或手机）。

2.2.1 毫米波传感器应用

此设计中展示了毫米波人员跟踪和计数应用示例。这些示例来自毫米波 SDK 演示 `motion_and_presence_detection` 项目。UART 波特率设置为“1250000”，以获得更好的 GUI 跟踪帧速率并简化 CC1352R 编码。示例配置与 IWRL6432EVM 相同。

有关毫米波人员跟踪和人员计数示例的更多详细信息，请参阅 [IWRL6432 人员跟踪](#)。

2.2.2 IWR6432 UART 通信

CC1352R 通过 UART 命令与 IWRL6432 器件进行通信，并对其配置，波特率为 1250000。

```

sensorStop 0
channelCfg 7 3 0
chirpComnCf 16 0 0 128 4 28 0
chirpTimingCf 6 32 0 40 60.5
frameCfg 2 0 200 64 100 0
antGeometryCf 0 0 1 1 0 2 0 1 1 2 0 3 2.418 2.418
guiMonitor 2 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0
sigProcChainCf 32 2 3 2 8 8 1 0.3
cfarCfg 2 8 4 3 0 11.0 0 0.5 0 1 1 1
aoaFovCfg -70 70 -40 40
rangeSelCfg 0.1 10.0
clutterRemoval 1
compRangeBiasAndRxChanPhase 0.0 1.00000 0.00000 -1.00000 0.00000 1.00000 0.00000 -1.00000 0.00000
1.00000 0.00000 -1.00000 0.00000
adcDataSource 0 adc_data_0001_CtestAdc6Ant.bin
    
```

配置完成后，IWR6432 开始通过此 UART 端口将雷达结果数据连续发送回 CC1352R。然后，CC1352R 通过 BLE 或 Sub-1GHz 以无线方式将数据发送到 PC 或手机。

2.2.3 LAUNCHXLCC1352R1 通信

LAUNCHXLCC1352R1 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件用作 BLE 或 Sub-1GHz 客户端，用于接收从基础板上 CC1352R 器件发送的雷达结果数据。然后，LAUNCHXLCC1352R1 使用虚拟 UART 端口将数据发送到 PC 或手机 GUI (不同 PC 上的用户 UART COM 端口号可以不同)。

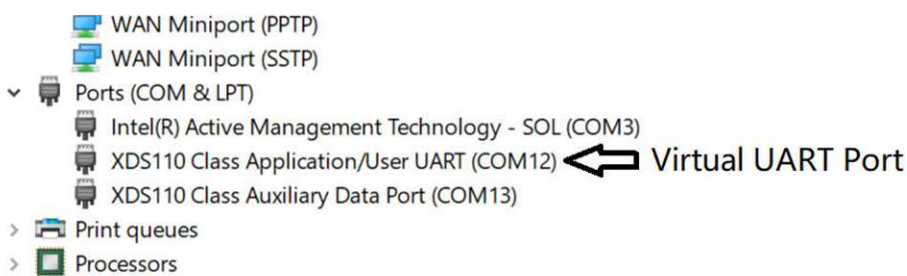


图 2-2. PC 或手机 GUI 上的虚拟 UART 端口

虚拟 UART 端口波特率设置为“1250000”。

该虚拟 UART 端口还用于向基础板上的 IWRL6432 器件发送配置。

在本设计中，LAUNCHXLCC1352R1 中实现了一个简单的串行套接字客户端 BLE 应用示例。

2.2.4 传感器应用

此系统设计在基础板上包含四个不同的传感器。

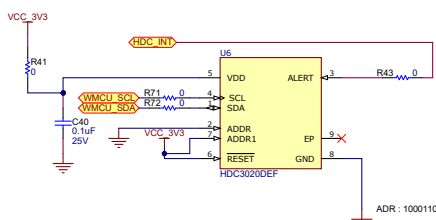


图 2-3. 湿度和温度传感器

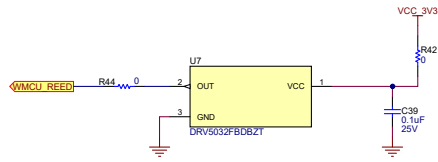


图 2-4. 霍尔效应传感器

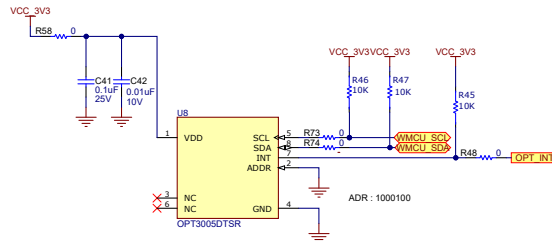


图 2-5. 环境光传感器

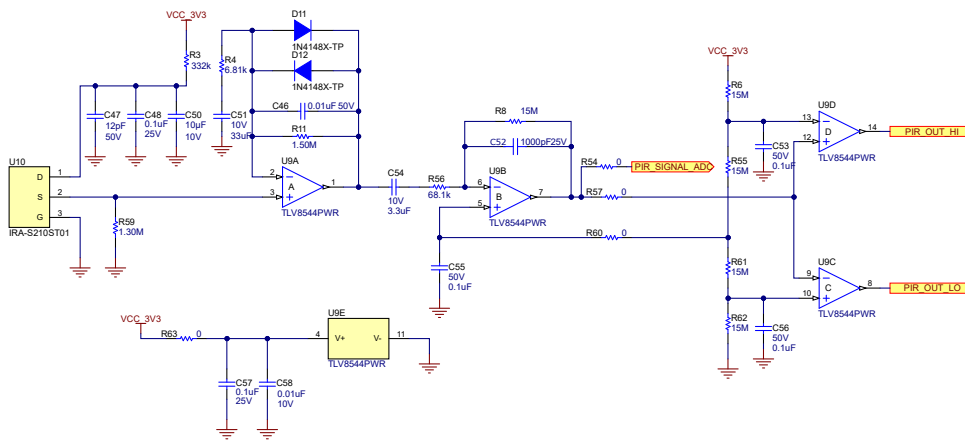


图 2-6. PIR 传感器

这些传感器由基础板上的 CC1352R 控制。传感器数据用于优化 IWRL6432 器件配置，或将器件从低功耗模式唤醒，从而延长电池寿命。

传感器数据也可以通过 BLE 或 Sub-1GHz 以无线方式发送到 PC 或手机，并显示在 GUI 中。

2.2.5 电源设计

本系统设计考虑以下电源规格：

- IWRL6432 雷达需要多个电压轨。为了实现更低的功耗，该设计使用三个电源轨：3.3V、1.8V 和 1.2V。

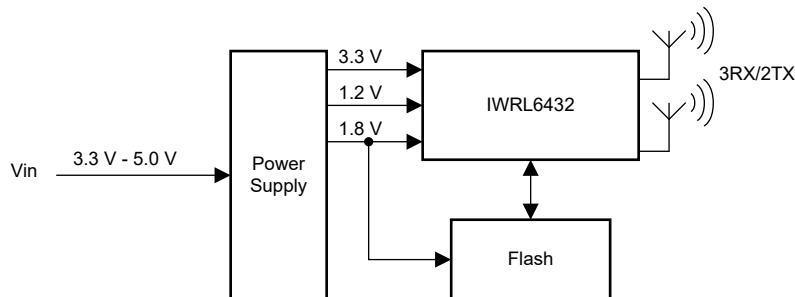


图 2-7. IWRL6432 3 电源轨结构

- CC1352R 器件需要 3.3V 电压轨。
- 湿度和温度传感器、霍尔效应传感器、环境光传感器和 PIR 传感器都需要 3.3V 电源轨。
- 主电源为 3.0V 至 4.2V 锂离子电池，可选择 5V USB 或外部直流电源。

2.2.6 IWRL6432 电源注意事项

IWRL6432 器件采用三个电源轨运行：1.2V 数字电源、SRAM 和射频电源、3.3V IO 电源和 1.8V 模拟电源。表 2-1 列出了每个电源轨上的峰值电流。典型功耗取决于使用的线性调频脉冲剖面 and 帧配置。

表 2-1. 电源轨电流要求

电源轨	峰值电流
3.3V	90mA
1.8V	270mA
1.2V	1100mA

2.3 重点产品

2.3.1 IWRL6432

IWRL6432 毫米波传感器器件是一款基于调频连续波 (FMCW) 雷达技术的集成式单芯片毫米波传感器。该器件能够在 57GHz 至 64GHz 频段内运行，主要分为四个电源域：

射频、模拟子系统：该块包含发送和接收射频信号所需的所有射频和模拟元件。

前端控制器子系统 (FECSS)：FECSS 包含负责雷达前端配置、控制和校准的处理器。

应用子系统 (APPSS)：在 APPSS 中，该器件实现了一个用户可编程的 Arm® Cortex® M4，允许自定义控制和汽车接口应用。顶部子系统 (TOPSS) 是 APPSS 电源域的一部分，包含时钟和电源管理子块。

硬件加速器 (HWA)：HWA 块通过卸载通用雷达处理（例如快速傅里叶变换 (FFT)、恒定误报率 (CFAR)、缩放和压缩）来对 APPSS 进行补充。

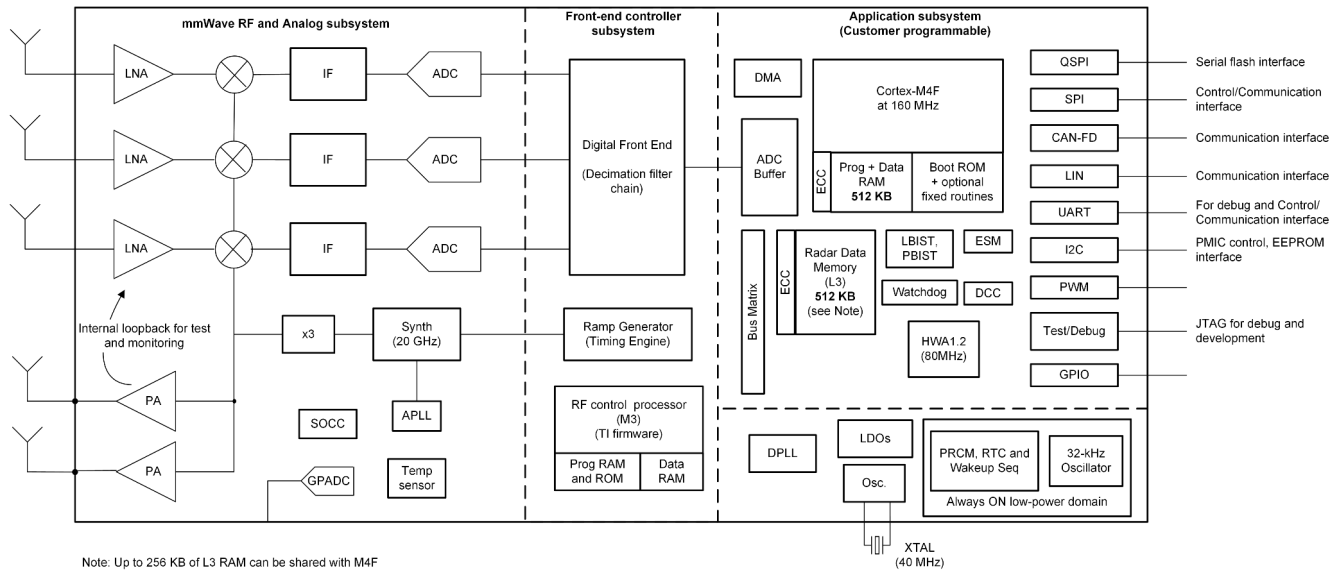


图 2-8. IWRL6432 方框图

IWRL6432 器件专为上述每个电源域配备单独的旋钮，可根据用例要求控制其状态（上电或断电）。该器件还具有运行各种低功耗状态（如睡眠和深度睡眠）的功能，其中低功耗睡眠模式是通过时钟门控和关闭器件的内部 IP 块来实现的。该器件还提供了保留器件某些内容的选项，例如在此类情况下保留的应用图像或射频配置文件。

此外，该器件采用 TI 的低功耗 45nm 射频 (RF) 互补 MOS (CMOS) 工艺制造，以超小的外形尺寸实现了出色的集成度。IWRL6432 专为工业（和个人电子产品）领域的低功耗、自监控、超精确雷达系统而设计，适用于楼宇和工厂自动化、商业和住宅安全、个人电子产品、存在和运动检测以及用于人机界面的手势检测和识别等应用。

2.3.2 CC1352R

SimpleLink™ MCU CC1352R 器件是一款多协议、多频带 Sub-1GHz 和 2.4GHz 无线 MCU，支持 Thread、Zigbee、低功耗蓝牙 5.2、IEEE 802.15.4g、支持 IPv6 的智能对象 (6LoWPAN)、MIOTY、Wi-SUN®、专有系统（包括 Sub-1GHz 和 2.4GHz 的 TI 15.4-Stack）和通过动态多协议管理器 (DMM) 驱动程序实现的并发多协议。该器件经过优化，可用于楼宇安防系统、HVAC、智能仪表、医疗、有线网络、便携式电子产品、家庭影院和娱乐以及联网外设市场中的低功耗无线通信和高级检测。该器件的突出特性包括：

- 多频带器件，通过 DMM 驱动程序支持面向 Sub-1GHz 和 2.4GHz 的并发多协议
- [SimpleLink™ CC13x2 和 CC26x2 软件开发套件 \(SDK\)](#) 提供丰富灵活的协议栈支持。
- 对于 Sub-1GHz，最大发送功耗为 +14dBm（电流消耗为 24.9mA）；对于 2.4GHz，最大发送功耗为 +5dBm（电流消耗为 9.6mA）
- 具有 0.85μA 的低待机电流（完全 RAM 保持），从而延长无线应用的电池寿命
- 支持工业温度，在 85°C 下最低待机电流为 5μA
- 通过具有快速唤醒功能的可编程、自主式超低功耗[传感器控制器 CPU](#) 实现高级检测。例如，传感器控制器能够在系统电流为 1μA 时进行 1Hz ADC 采样。
- 低 [SER（软错误率）](#) 时基故障 (FIT)，可延长运行寿命，不会对工业市场造成干扰，SRAM 奇偶校验功能一直开启，可防止潜在辐射事件导致的损坏
- 软件控制的专用无线电控制器 (Arm® Cortex®-M0) 提供灵活的低功耗射频收发器功能，支持多个物理层和射频标准
- 出色的无线电灵敏度 (-121dBm) 和稳健性（选择性与阻断）性能，适用于 SimpleLink 远距离模式

CC1352R 器件是 SimpleLink MCU 平台的一部分，该平台包括 Wi-Fi®、低功耗蓝牙、Thread、Zigbee、Sub-1GHz MCU 和主机 MCU，它们共用一个通用、易于使用的开发环境，其中包含单核软件开发套件 (SDK) 和丰富的工具集。借助一次性集成的 SimpleLink 平台，可以将产品组合中的任何器件组合添加至您的设计中，从而在设计要求变更时实现 100% 代码重用。如需更多信息，请参阅 [SimpleLink™ MCU 平台](#)。

CC1352R

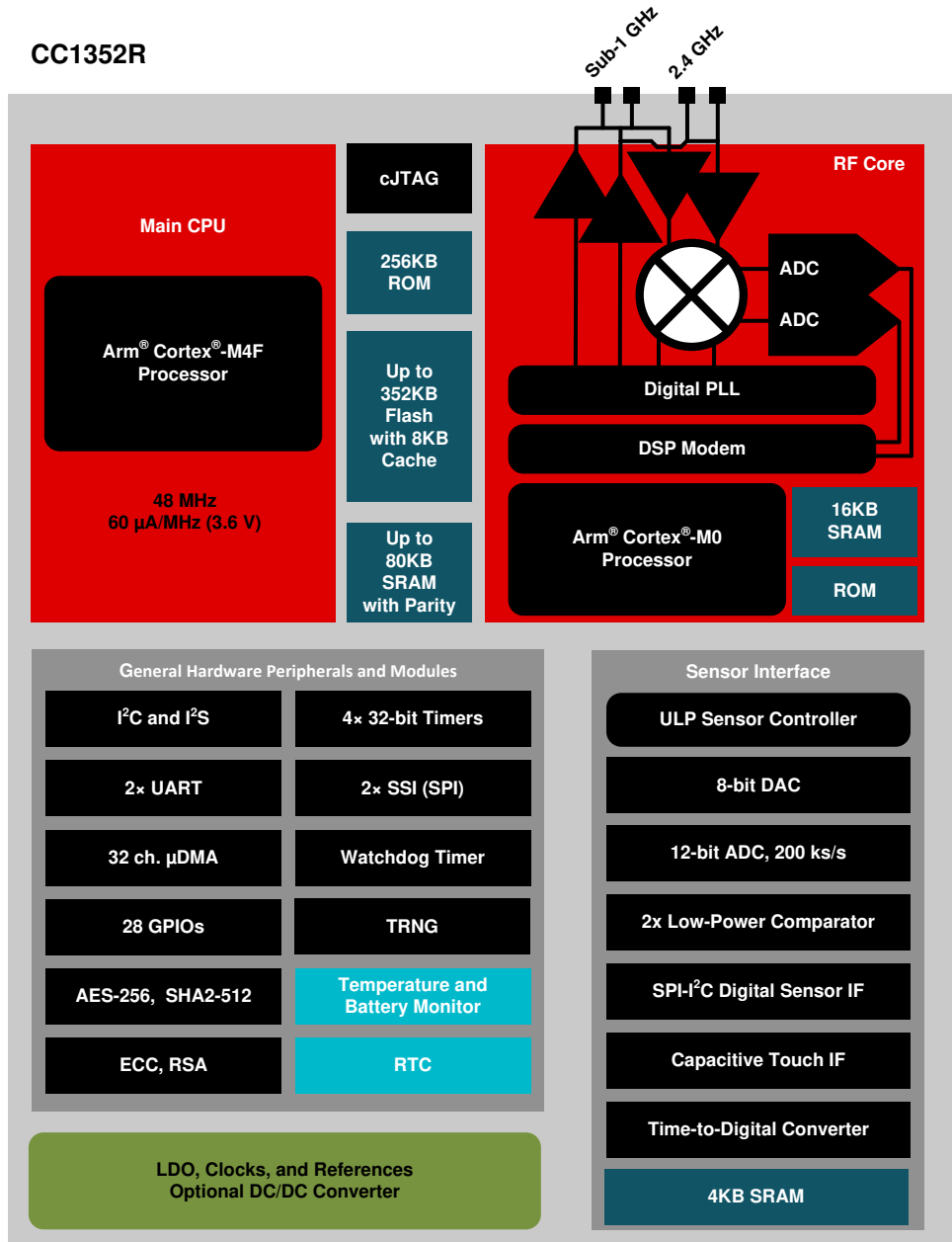


图 2-9. CC1352R 方框图

2.3.3 BQ25616

BQ25616 (和 BQ25616J) 是适用于单节锂离子电池和锂聚合物电池的高度集成型 3A 开关模式电池充电管理和系统电源路径管理器件。该器件在系统和电池之间高度集成输入反向阻断场效应晶体管 (FET) (RBFET , Q1) 、高侧开关 FET (HSFET , Q2) 、低侧开关 FET (LSFET , Q3) 以及电池 FET (BATFET , Q4) 。其低阻抗电源路径对开关模式运行效率进行了优化, 缩短了电池充电时间并延长了放电阶段的电池运行时间。

该器件可为扬声器、工业和医疗便携式设备等各种应用提供快速充电功能和高输入电压支持。输入电压和电流调节可以为电池提供最大的充电功率。该设计还集成了自举二极管以进行高侧栅极驱动, 从而简化系统设计。硬件设置和状态报告提供了简单的配置来设置充电设计。

该器件支持多种输入源, 包括标准 USB 主机端口、USB 充电端口、兼容 USB 的高电压适配器和无线电源。该器件符合 USB 2.0 和 USB 3.0 电源规范, 具有输入电流和电压调节功能。该器件根据内置 USB 检测通过 D+ 和 D- 引脚设置默认输入电流限值。当器件内置 USB 接口确定输入适配器未知时, 器件的输入电流限值通过 ILIM 引脚设置电阻器值决定。

2.3.4 TPS62850

TPS62850x 是一系列引脚对引脚 1A、2A (持续) 和 3A (峰值) 易用型高效同步降压直流/直流转换器。这些器件基于峰值电流模式控制拓扑。低阻开关可支持高达 2A 的持续输出电流和 3A 的峰值电流。用户可通过外部方式在 1.8MHz 至 4MHz 范围内调节开关频率, 亦可在该频率范围内将其同步至外部时钟。在 PWM 和 PFM 模式下, TPS62850x 会在轻负载时自动进入省电模式, 从而在整个负载范围内保持高效率。TPS62850x 在 PWM 模式下提供 1% 的输出电压精度, 这有助于设计具有高输出电压精度的电源, 从而满足数字处理器和 FPGA 的严格电源电压要求。

TPS62850x 采用 8 引脚 1.6mm x 2.1mm SOT583 封装。

2.3.5 HDC3020

HDC302x 是一款基于集成式电容的相对湿度 (RH) 和温度传感器。该器件能够在宽电源电压范围 (1.62V 至 5.5V) 内提供高测量精度, 并能以 2.5mm x 2.5mm 的小巧封装尺寸实现超低功耗。温度传感器和湿度传感器均在美国国家标准与技术研究院 (NIST) 可追溯的生产装置上进行 100% 的测试和微调, 并通过根据 ISO/IEC 17025 标准校准的设备进行验证。

偏移误差校正功能可减少相对湿度 (RH) 传感器因老化、暴露于极端工作条件和污染物环境所产生的偏移, 使器件恢复到精度规格内。在电池供电的物联网 (IoT) 应用中, 自动测量模式和警报功能可通过更大程度减少 MCU 睡眠时间降低系统功耗。有四种不同的 I2C 地址支持高达 1MHz 的速度。加热元件用于消散冷凝和湿气。

HDC3020 采用不带保护套的空腔封装。以下两个器件型号提供保护套选项, 以保护空腔 RH 传感器: HDC3021 和 HDC3022。HDC3021 具有可拆卸保护胶带, 可用于保形涂层和 PCB 清洗。HDC3022 配有可靠的 IP67 滤膜, 可防尘防水并免于 PCB 清洗。

2.3.6 OPT3005

OPT3005 传感器用于测量可见光的强度。传感器的光谱响应与人眼的视觉响应紧密匹配，并且对 850nm 和 940nm 的红外光阻隔率超强（在入射角较大时）。

OPT3005 是一款用于测量人眼可见光强度的单芯片照度计。OPT3005 具有精密的光谱响应和超强的红外 (IR) 阻隔功能，因此能准确测量人眼可见光的强度，且不受光源及 850nm 或 940nm 主动照明产生的任何杂散光影响。对于为追求美观效果而需要将传感器安装在深色玻璃下的工业设计（尤其是 850nm 或 940nm 近红外 (NIR) 照明）而言，超强的红外阻隔功能还有助于保持高精度。此类系统通常具有来自盖板玻璃的大量 NIR 杂散反射，这会影响光传感器测量。OPT3005 的精密光学滤波经过验证，可适应此类杂散 NIR 反射，并可真正测量人眼感知的环境光。OPT3005 专门针对构建基于光线的人眼般体验的系统而设计，是人眼匹配度低且红外阻隔能力差的光电二极管、光敏电阻或其他环境光传感器优选的替代产品。

凭借内置的满量程设置功能，无需手动选择满标量程即可在 20mlux 至高达 166klux 范围内进行测量。该功能允许在 23 位有效动态范围内进行光测量。

2.3.7 DRV5032

DRV5032 器件是一款超低功耗数字开关霍尔效应传感器，专为紧凑型系统和电池电量敏感型系统而设计。该器件提供了多种磁性阈值、采样率、输出驱动器和封装以适配各种应用。

当施加的磁通密度超过 BOP 阈值时，器件会输出低电压。输出会保持低电平，直到磁通量密度低于 BRP，随后输出将驱动高电压或变成高阻抗，具体取决于器件版本。通过集成内部振荡器，该器件可对磁场 54 进行采样，并以 20Hz 或 5Hz 的速率更新输出，以实现超低电流消耗。可提供全极和单极磁响应。

此器件可在 1.65V 至 5.5V 的 VCC 范围内工作，并采用标准 SOT-23、TO-92 和小型 X2SON 封装。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

此参考设计包括：

- 一个基础板和一个连接到此基础板的 IWRL6432FSPEVM。
- LAUNCHXLCC1352R1 无线 MCU LaunchPad™：通过 BLE 与基础板通信，并通过与 PC GUI 的 USB 链路进行 UART 仿真。
- 18650 锂离子电池用作基础板和 IWRL6432FSPEVM 的电源。
- 带 GUI 的 PC，可直观地显示雷达传感数据和检测结果。

3.1.1 入门硬件

3.1.1.1 IWRL6432FSPEVM 初始化：IWRL6432 编程

请完成以下步骤来初始化 IWRL6432FSPEVM：

1. 将 IWRL6432FSPEVM 连接到基础板 (J1) 上的插座连接器。
2. 使用基础板上的 S3 选择 IWRL6432 电源感应 (SOP) 模式。表 3-1 提供了 SOP 模式的说明。“0”表示将引脚拉低，“1”表示将引脚拉高。开关 S3 位置“关”代表“0”，“开”代表“1”。

表 3-1. SOP 模式

模式	SOP0	SOP1	模式说明
1	0	0	刷写模式：IWRL6432 将用户应用程序刷写到 QSPI 闪存
2	1	0	功能模式：IWRL6432 将用户应用程序从 QSPI 闪存加载到内部 RAM，并从 RAM 运行应用程序。

3. 将 SOP 模式设置为刷写模式，如图 3-1 所示。

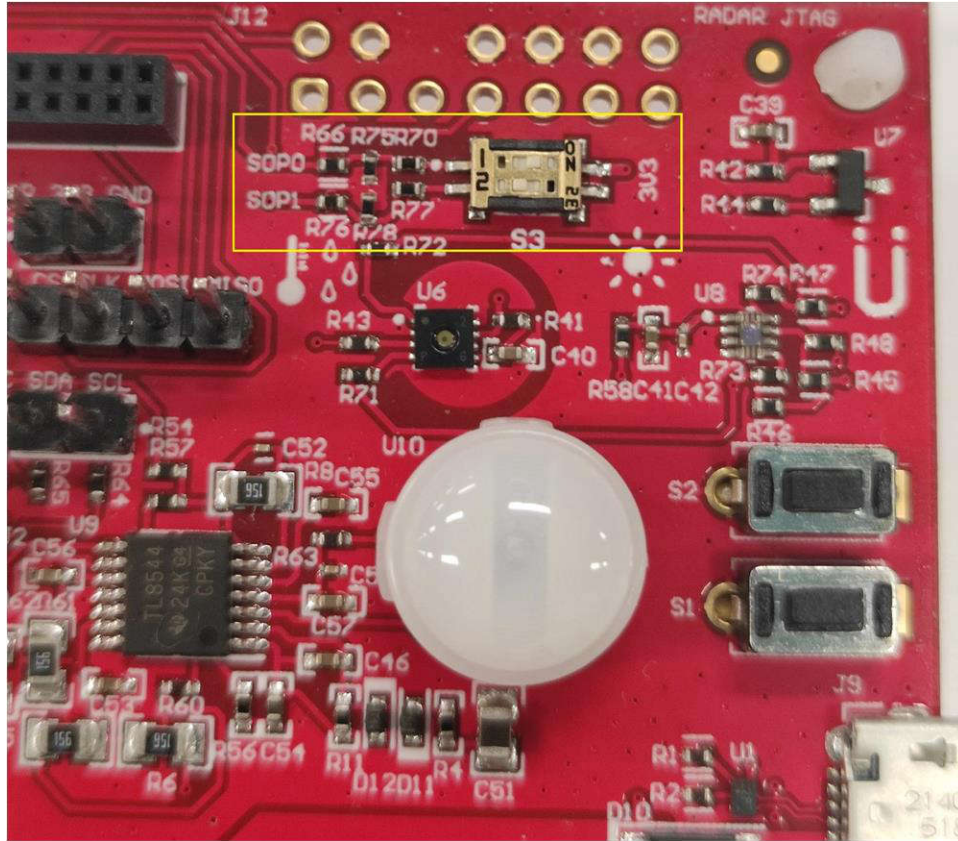


图 3-1. 将 SOP 配置为刷写模式

图 3-2 展示了如何使用 LaunchPad 和移除 XDS 跳线。

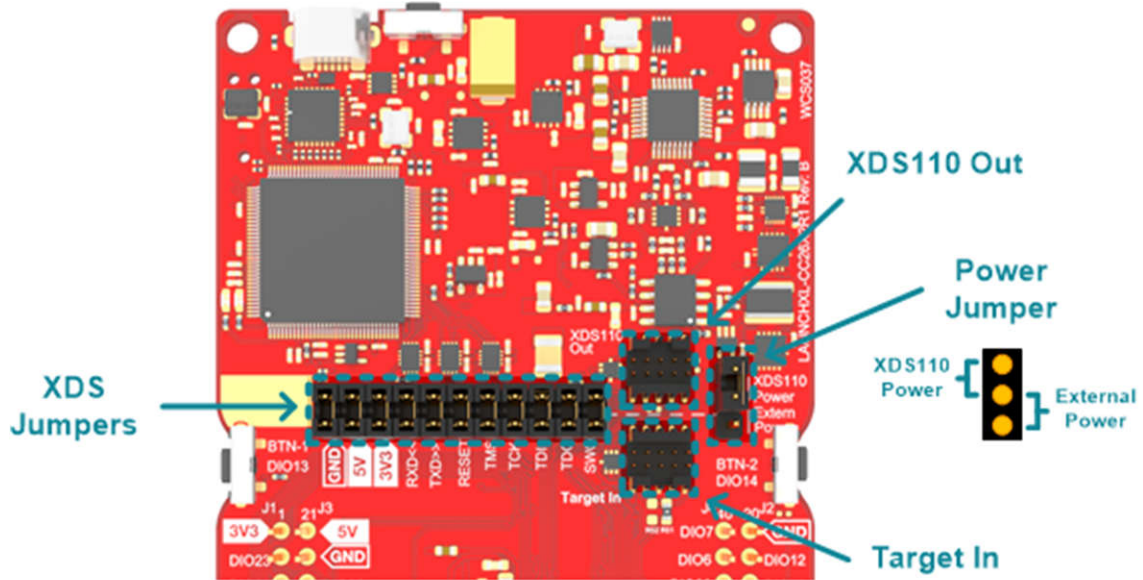


图 3-2. 移除 XDS 跳线

- 使用跳线将基础板上的 IWRL6432 UART 端口连接到调试器的 LaunchPad XDS110 UART 引脚。

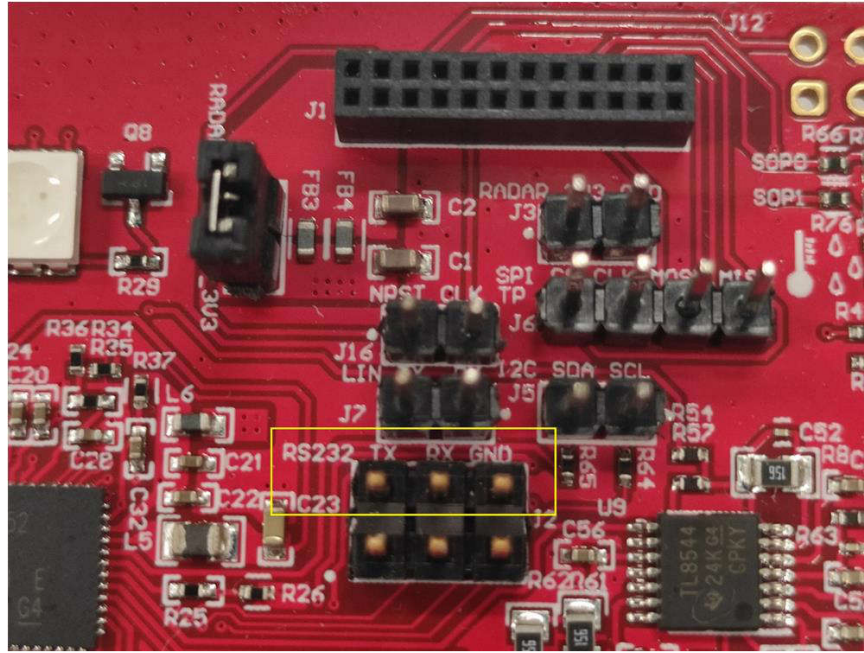


图 3-3. 基础板上的 IWRL6432 UART 端口

- 使用 18650 锂离子电池、5V USB 或外部直流电源为基础板和 IWRL6432FSPEVM 供电。

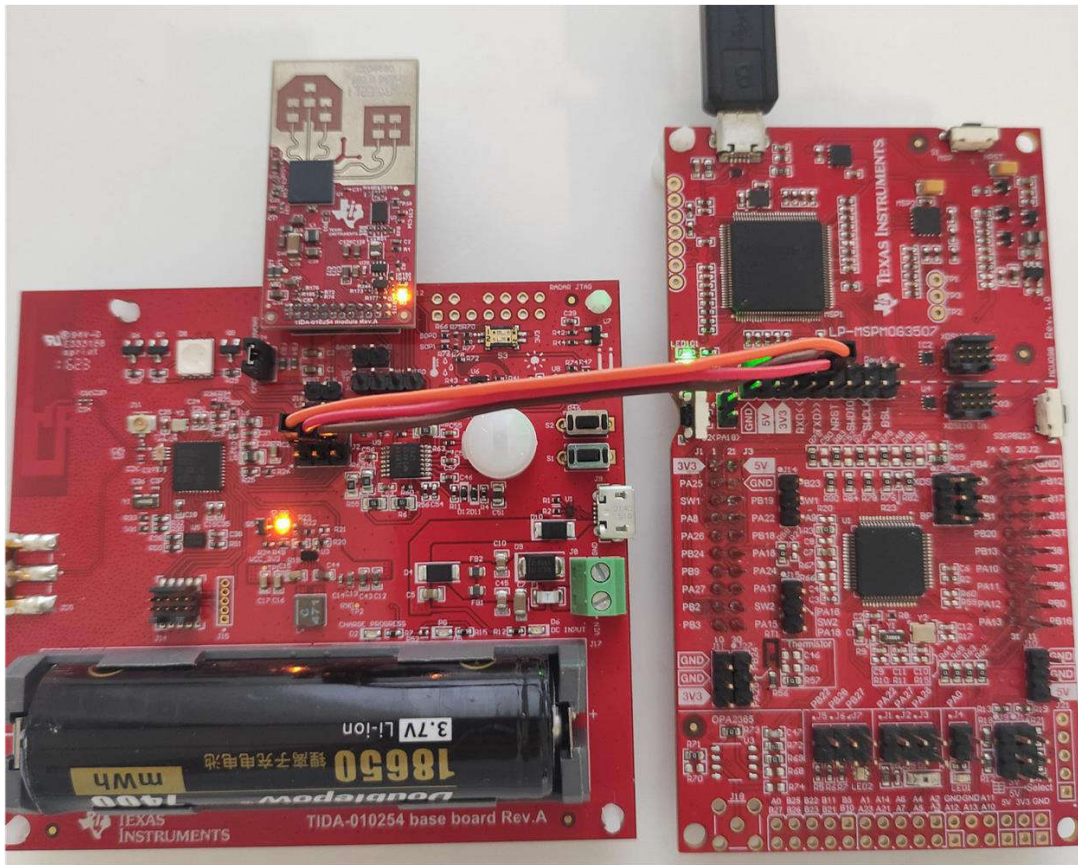


图 3-4. 用于编程的 IWRL6432 硬件设置

IWRL6432 已准备好编程。

TI 提供了毫米波软件开发套件 (SDK)，用于将二进制文件刷写到 IWRL6432。请参阅 [MMWAVE-L-SDK](#) 工具页面获取此 SDK。

UNIFLASH 软件也可用于刷写 IWRL6432。

请按照以下步骤刷写 IWRL6432：

1. 打开 UniFlash 软件
2. 从 **Category** 标题中选择 *mmWave*
3. 从可用器件字段中选择 *IWRL6432*
4. 点击 **Start** 按钮。

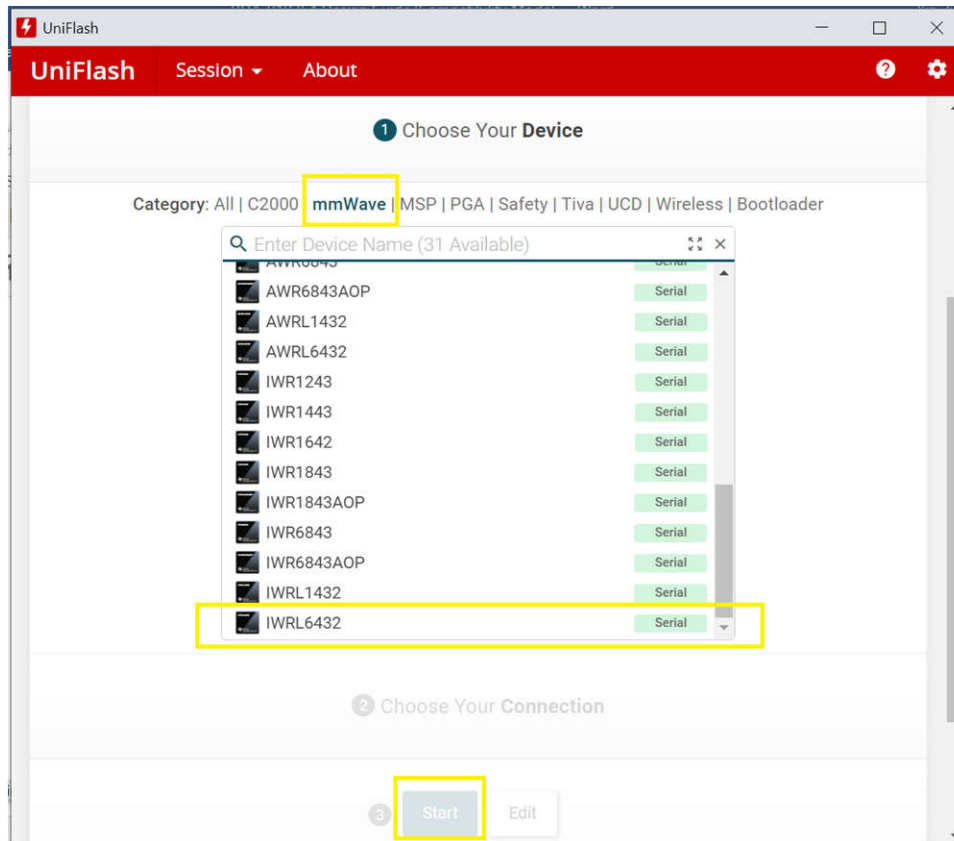


图 3-5. IWRL6432 的 UniFlash 软件配置

IWRL6432 编程完成后，移除基础板 IWRL6432 UART 端口 (J2) 上的跳线，并使用开关 S3 将 SOP 模式设置为功能模式。

3.1.1.2 基础板初始化：CC1352R 编程

按如下步骤初始化 CC1352R 器件：

1. 使用 10 引脚扁平带状电缆，将基础板上的 JTAG 连接器 (J14) 连接到 LaunchPad XDS110 输出连接器，如图 3-6 所示。

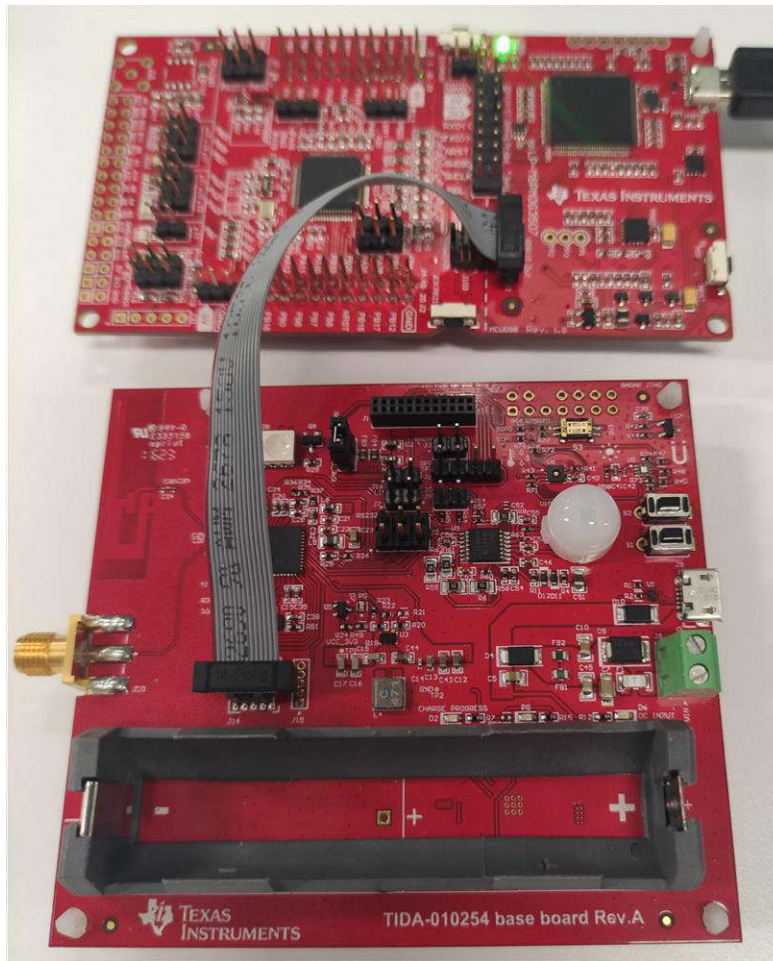


图 3-6. 电缆连接

2. 使用 UNIFLASH 软件或 Code Composer Studio™ 软件将二进制文件刷写到 CC1352R。请参阅 [SIMPLELINK-LOWPOWER-F2-SDK](#) 工具页面。
3. 打开 UNIFLASH 软件。
4. 从 *Category* 标题中选择 *Wireless*
5. 从可用器件字段中选择 *CC1352R1F3*
6. 点击 *Start* 按钮。

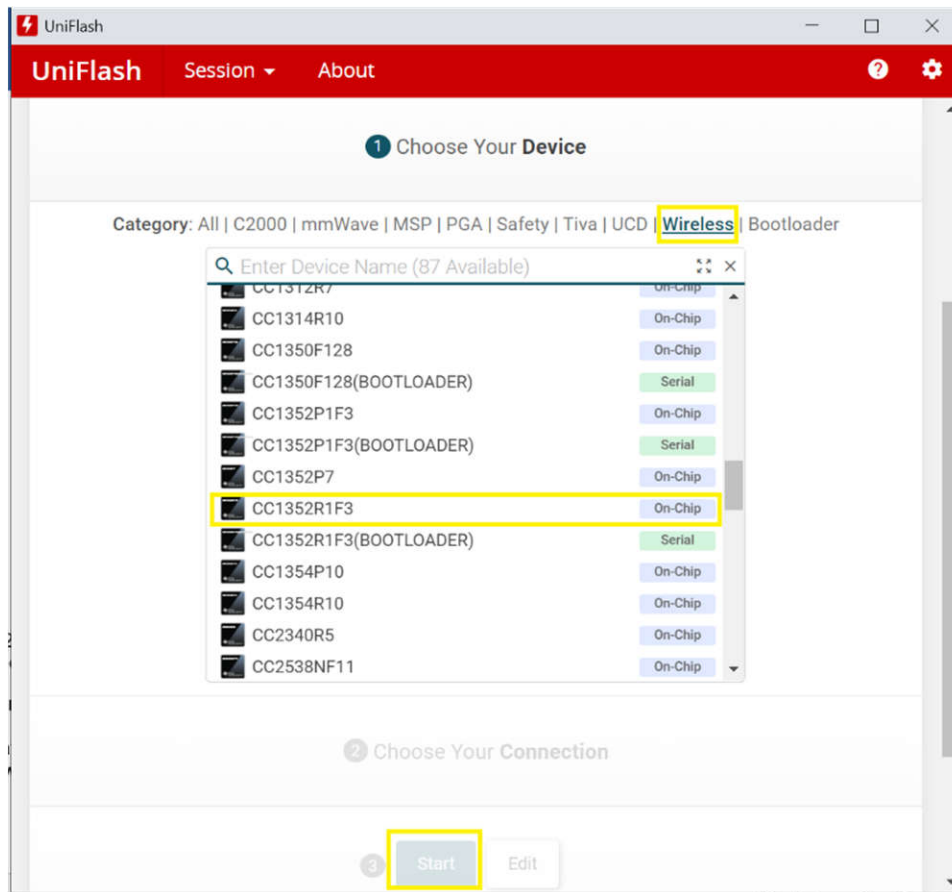


图 3-7. CC1352R 的 UniFlash 软件配置

3.2 软件要求

此参考设计包括：

- 毫米波 SDK 中的运动和存在检测示例，该示例以 1250000 的固定 UART 波特率刷写到 IWRL6432。毫米波 SDK 可从 [MMWAVE-SDK](#) 获取。更改示例的 syscfg 中的闪存设置以支持 IWRL6432FSPEVM 上的 W25Q16JVUXIQ。
- SimpleLink SDK 的简单串行套接字服务器示例，该示例以固定的 UART 波特率 1250000 刷写到基础板上的 CC1352R。此特殊的 SimpleLink SDK 可从 [simplelink_cc13x2_26x2_sdk-4.10.00.00](#) 获取。
- SimpleLink SDK 的简单串行套接字客户端示例，该示例以固定的 UART 波特率 1250000 刷写到 LAUNCHLCC1352R1 无线 MCU LaunchPad™ 上的 CC1352R。SimpleLink SDK 可从 [simplelink_cc13x2_26x2_sdk-4.10.00.00](#) 获取。
- 具有 IWR6432 配置文件的 GUI：软件会直观地显示雷达数据。

使用 UniFlash 软件或 Code Composer Studio™ 软件将这些示例的二进制文件刷写到相关器件中。

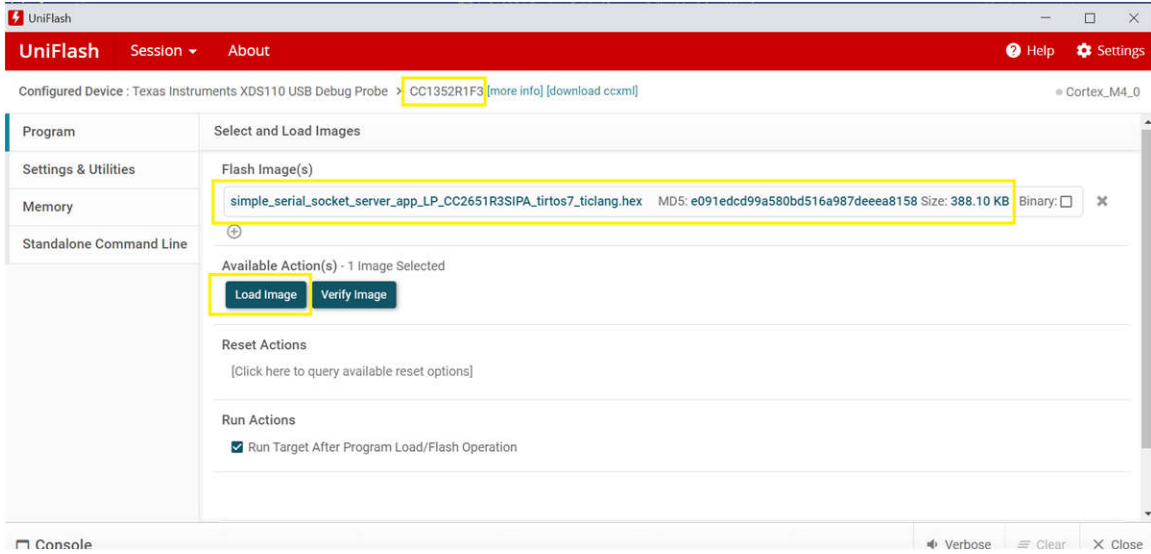


图 3-8. 适用于 CC1352R 的 UniFlash 软件加载映像

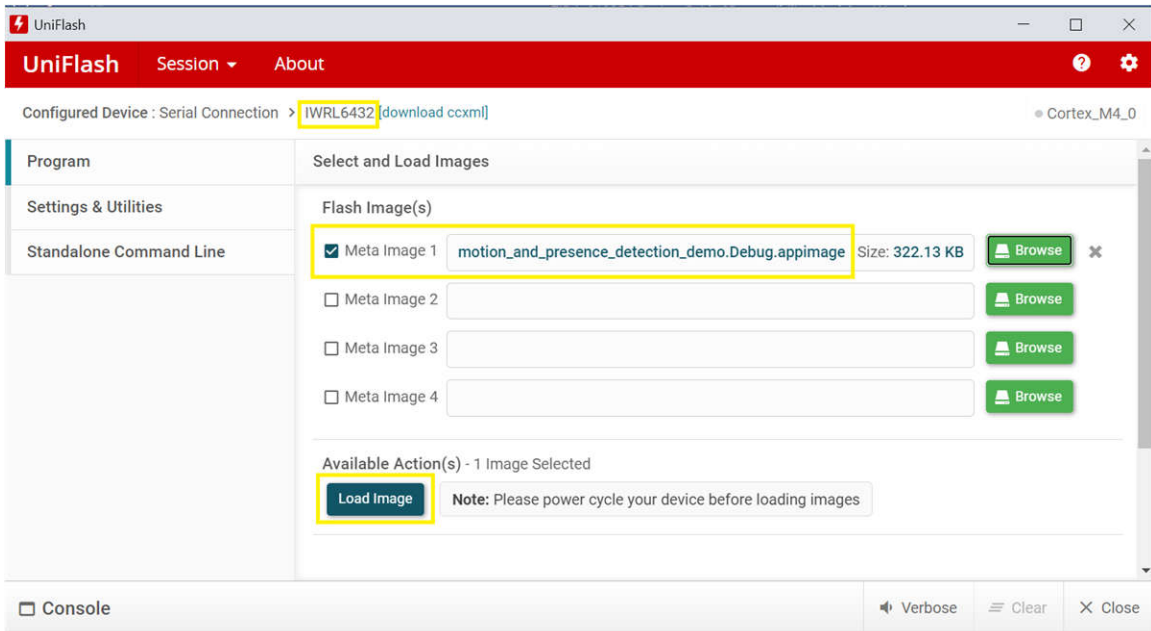


图 3-9. 适用于 IWRL6432 的 UniFlash 软件加载映像

3.3 测试设置

3.3.1 演示设置

使用以下设置过程进行演示：

1. 将基础板和 IWRL6432FSPEVM 夹在三脚架上。高度比地面高 1.9m，没有向下倾斜：0 度。
2. 使用 18650 锂离子电池为基础板和 IWRL6432FSPEVM 供电。

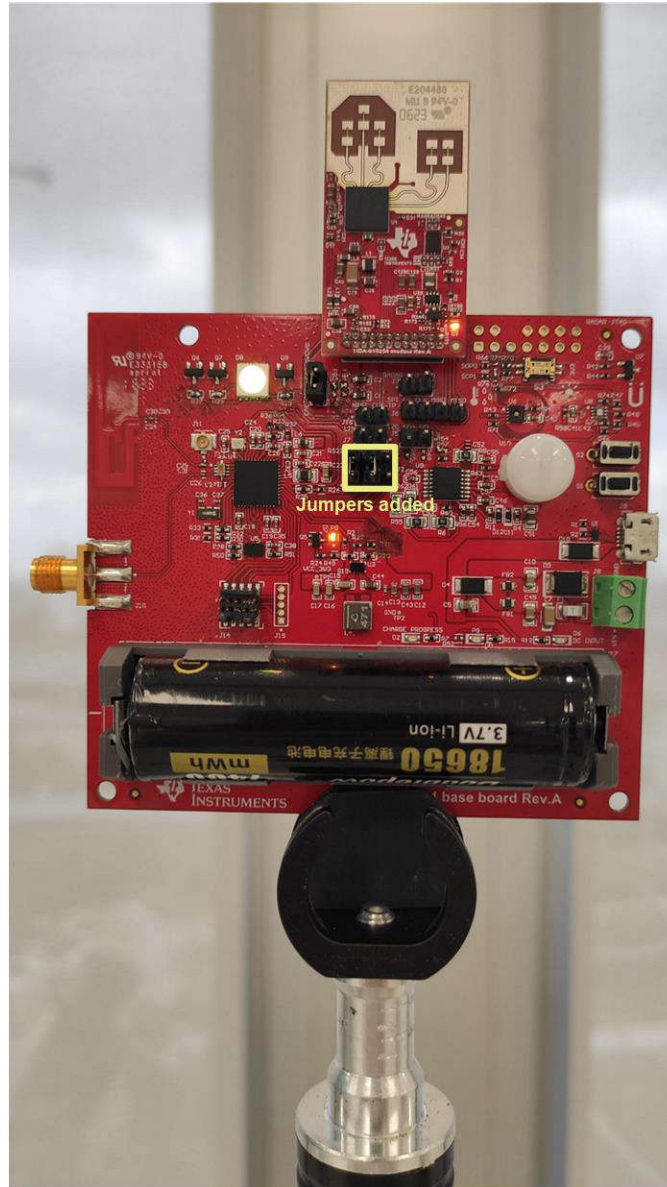


图 3-10. 在三脚架上使用基础板和 IWRL6432FSPEVM

3. 使用 USB 电缆加电并将 LAUNCHXLCC1352R1 无线 MCU LaunchPad™ 连接到 PC。

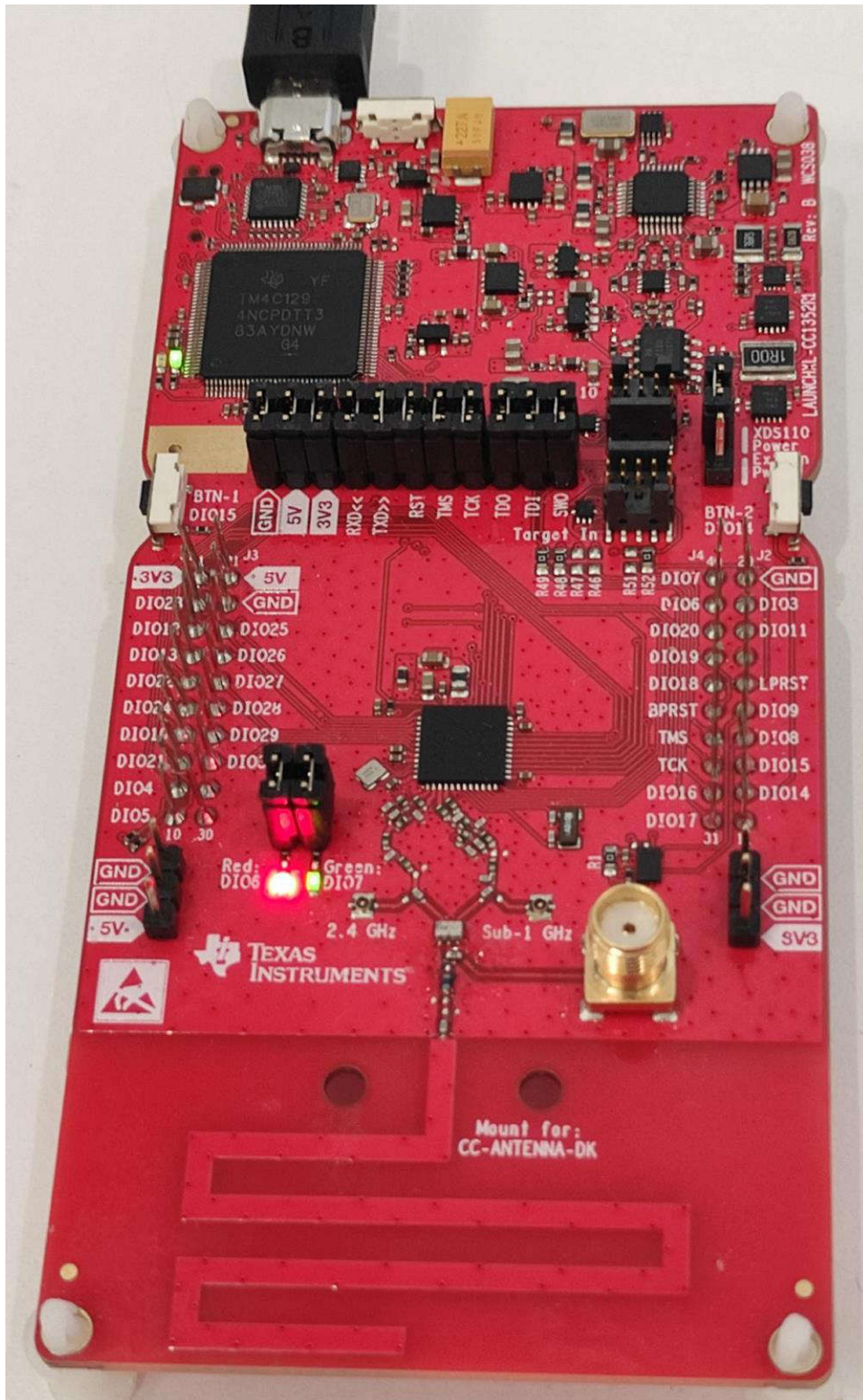


图 3-11. LAUNCHXLCC1352R1 已连接至 PC

4. 将 LAUNCHXLCC1352R1 放置在距基础板和 IWRL6432FSPEVM 不到 1m 的位置。



图 3-12. 演示位置设置

5. 在 PC 上运行 GUI 软件并开始演示。点击图 3-13 中所示 3 个步骤的按钮。查看步骤 2 中的 GUI 配置文件（位于 TIDA-010254 中）。

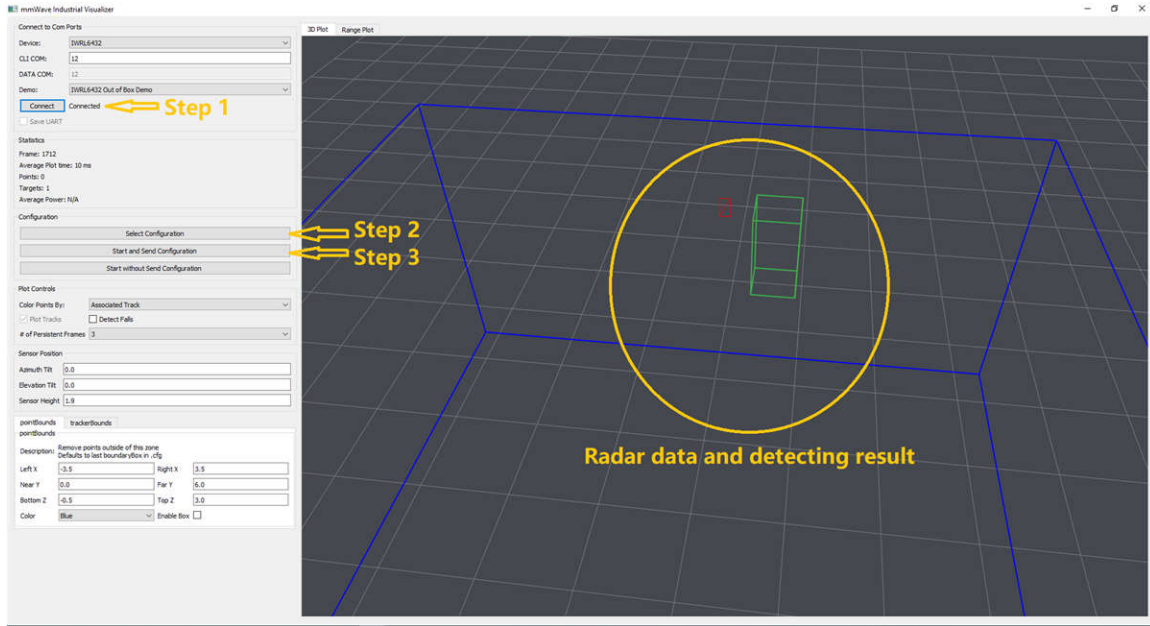


图 3-13. 用于演示的 GUI 软件

3.4 测试结果

3.4.1 雷达检测距离测量

IWR6432FSPEVM 在 PCB 上使用与 XWRL6432BOOST 相同的基于 FR4 的天线。该天线包括三个接收器和两个发送器。

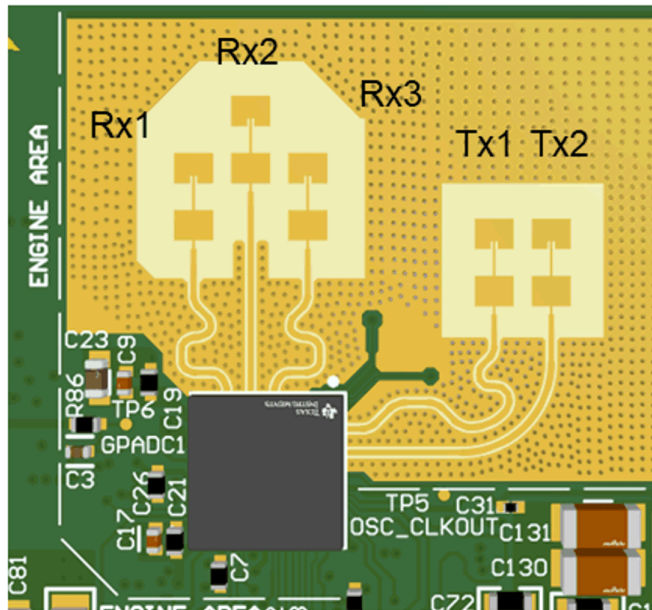


图 3-14. EVM 的 TX 和 RX 天线

备注

XWRL6432BOOST 在不同的天线对上具有大约 5dBi 至 6dBi 的天线增益。

IWR6432FSPEVM 具有与 XWRL6432BOOST 相同的方位角和仰角天线辐射方向图。

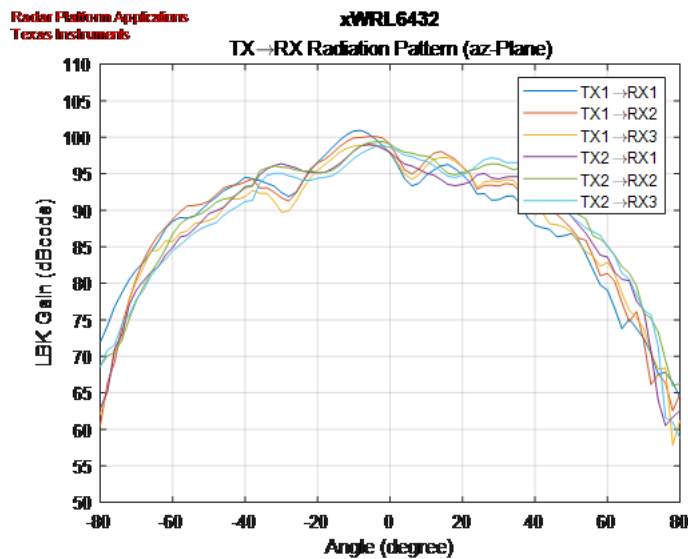


图 3-15. 随方位角变化的天线辐射图

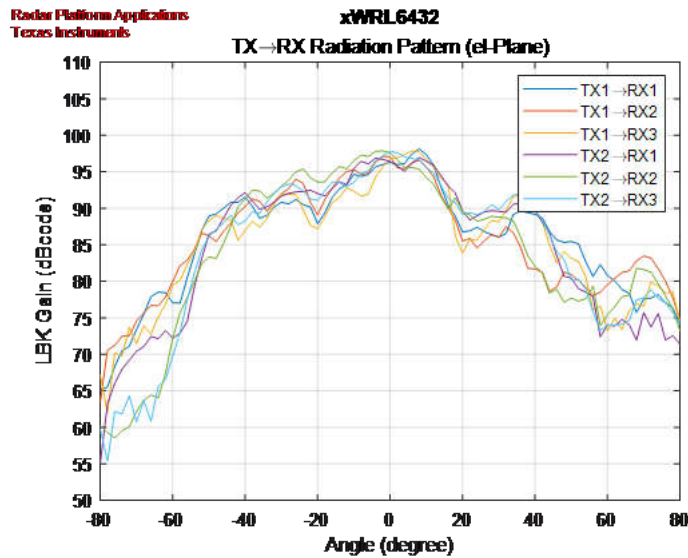


图 3-16. 随仰角变化的天线辐射图

表 3-2 提供了雷达检测距离测量的结果。

表 3-2. 雷达检测距离

方位角 (度)	0	30	60
运动定位示例 ⁽¹⁾	9 m	8m	5m
静态定位示例 ⁽¹⁾	10m	9 m	6m

(1) 由于测试环境限制，超过 10m 时不进行测试。

3.4.2 人员计数测试结果

该演示展示了 GUI 软件中的三人跟踪。

有关毫米波人员跟踪和人员计数测试结果的更多详细信息，请参阅 [IWRL6432 人员跟踪](#) 用户指南。

3.4.3 无线范围测试结果

此演示利用低功耗蓝牙 (BLE) 串行端口配置文件 (SPP) 协议将雷达检测数据传输到 GUI 软件。在简单串行套接字客户端示例中，[连接间隔](#)等 BLE 配置使用最小值。

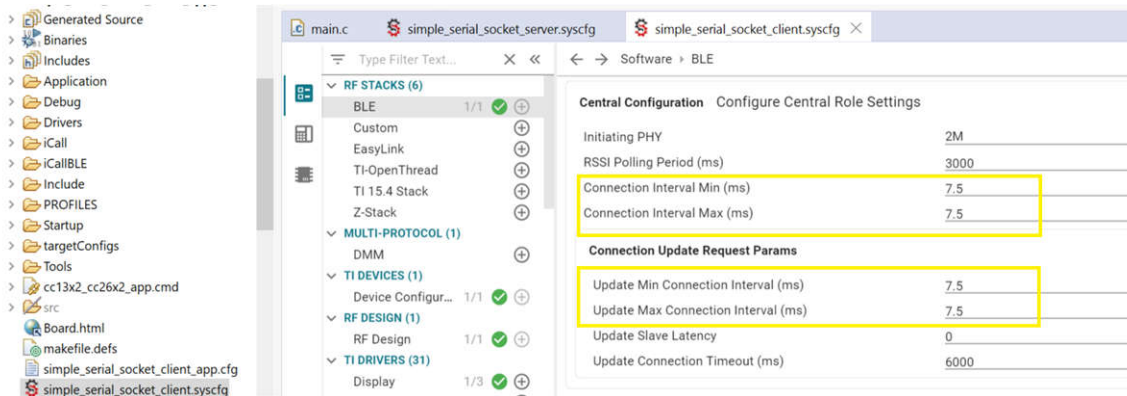


图 3-17. CC1352R BLE 协议配置

该演示表明，LAUNCHXLCC1352R1 的位置在基础板和 IWRL6432FSPEVM 附近。在演示期间，在露天办公环境中测得的距离约为 8m。



图 3-18. 无线范围测试

3.4.4 功耗测试结果

演示结果表明，LAUNCHXLCC1352R1 的位置靠近基础板和 IWRL6432FSPEVM。

表 3-3 列出了电源测量的结果。电流是在 IWRL6432FSPEVM 和 18650 锂离子电池的输入端测量的。

表 3-3. 功耗

测量器件	最小电流	平均电流	最大电流
18650 锂离子电池	7.33mA	33.37mA	160.20mA
IWRL6432FSPEVM ⁽¹⁾	0.59mA	27.82mA	155.27mA

(1) IWRL6432FSPEVM 在低功耗模式下进行了优化。例如，在功耗测试期间移除了 LED 和一些上拉电阻。

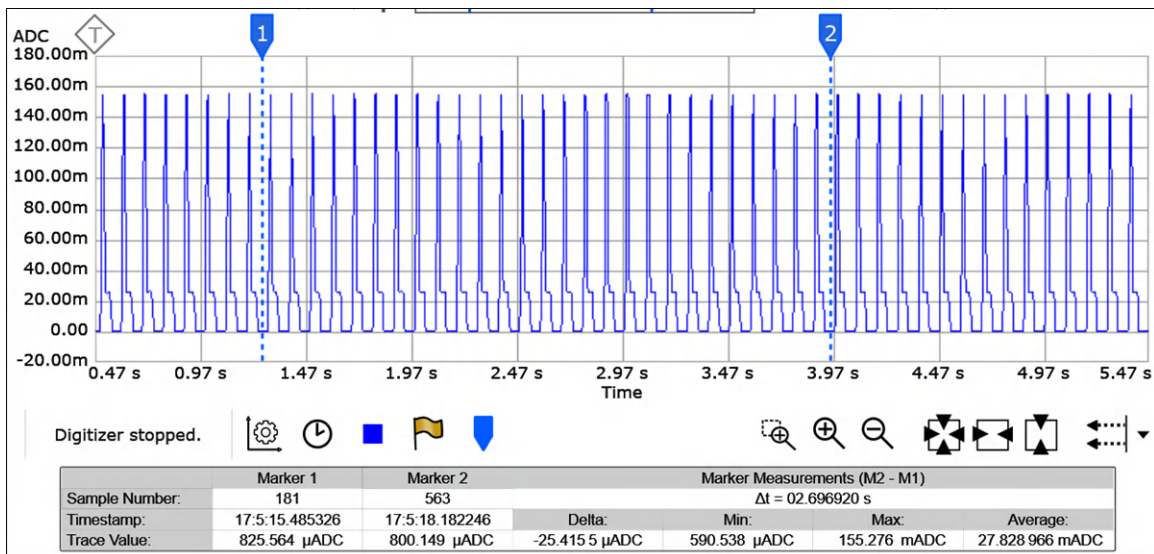


图 3-19. IWRL6432FSPEVM 电流波形图

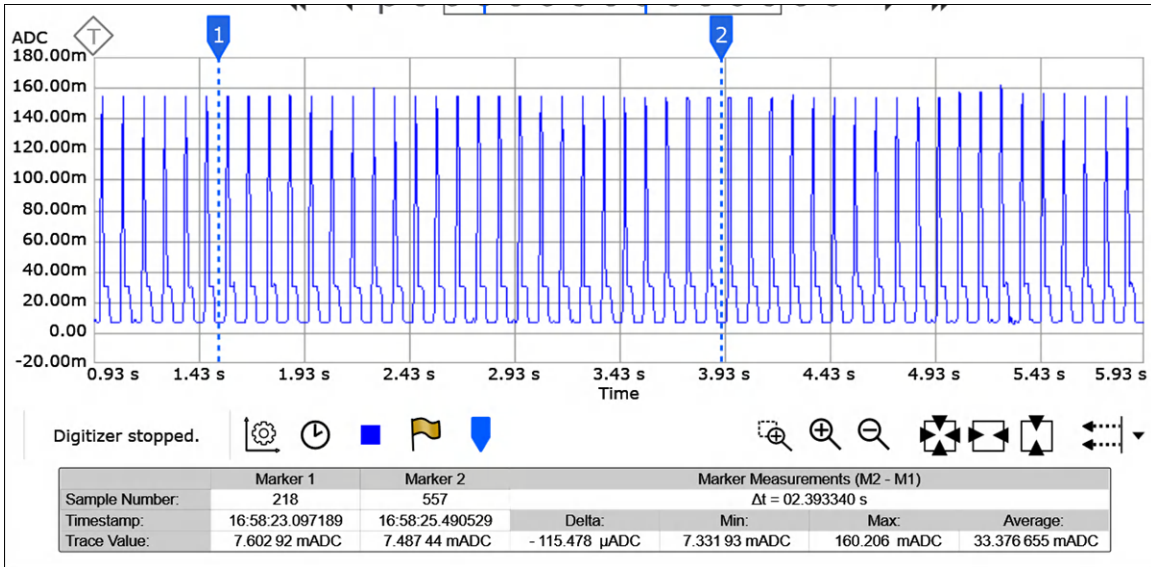


图 3-20. 18650 锂离子电池电流波形图

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-010254](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-010254](#) 的设计文件。

4.1.3 PCB 布局建议

4.1.3.1 布局图

此设计 IWRL6432FSPEVM 使用 Isola 的 PCB 材料 FR408HR 来满足 60GHz 天线和传输线要求。其余层使用 FR409HR 3x1652、2x2116 和 1080。

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk
	Top Overlay		Overlay			
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.8mil	3.2
1	Top Layer		Signal	1oz	1.378mil	
	Dielectric 1	Isola FR408HR (DUAL PLY, 2x1067, SPREAD GLASS)	Core		5mil	3.3
2	L2_GND1		Signal	1oz	1.2mil	
	Dielectric 6	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
	Dielectric 5	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
	Dielectric 4	FR408HR 0.71 1652*3+2116*2	Core		27.95mil	3.85
	Dielectric 7	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
	Dielectric 2	Isola FR408HR 1080 RC65	Prepreg		2.86mil	3.36
3	L3_PWR1		Signal	1oz	1.2mil	
	Dielectric 3	Isola FR408HR (DUAL PLY, 2x1067, SPREAD GLASS)	Prepreg		5mil	3.3
4	Bottom Layer		Signal	1oz	1.378mil	
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.8mil	3.2
	Bottom Overlay		Overlay			

图 4-1. IWRL6432FSPEVM PCB 层堆叠

4.1.4 Altium 工程

要下载 Altium Designer® 工程，请参阅 [TIDA-010254](#) 中的设计文件。

4.1.5 Gerber 文件

要下载电路板的 Gerber 文件，请参阅位于 [TIDA-010254](#) 的设计文件。

4.1.6 装配图

要下载电路板的装配图，请参阅位于 [TIDA-010254](#) 的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

Code Composer Studio™ Code Composer Studio 是适用于 TI 微控制器和处理器的集成开发环境 (IDE)。Code Composer Studio 包含一整套用于开发和调试嵌入式应用的工具。Code Composer Studio 可在 Microsoft® Windows®、Linux® 和 macOS® 桌面上进行下载。此外，可以通过访问 [TI 开发人员专区](#) 在云中使用该产品。

软件

UNIFLASH UniFlash 是一款软件工具，用于对 TI 微控制器和无线连接器件上的片上闪存以及 TI 处理器的板载闪存进行编程。UniFlash 提供图形界面和命令行界面。

4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI), [IWRL6432 单芯片 57GHz 至 64GHz 工业雷达传感器](#) 数据表
2. 德州仪器 (TI), [CC1352R SimpleLink™ 高性能多频带无线 MCU](#) 数据表
3. 德州仪器 (TI), [IWRL6432BOOST BoosterPack™ 单芯片、低功耗毫米波雷达传感器插件模块](#)
4. 德州仪器 (TI), [低功耗毫米波雷达解决方案使电池供电类接近感应产品实现新功能](#) 应用简报

4.4 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，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](#)。

4.5 商标

LaunchPad™, TI E2E™, SimpleLink™, and Code Composer Studio™ are trademarks of Texas Instruments.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

Zigbee® is a registered trademark of ZigBee Alliance.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

Wi-SUN® is a registered trademark of Wi-SUN Alliance.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds.

macOS® is a registered trademark of Apple Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

JUSTIN YIN 是德州仪器 (TI) 楼宇自动化系统工程与营销 (SEM) 团队的系统工程师，负责开发适用于楼宇安全系统和防火安全系统的传感参考设计解决方案。他在上海交通大学获得了控制工程硕士学位，并在上海工程技术大学获得了自动化理学学士学位。

COLIN HICE 是德州仪器 (TI) 楼宇自动化系统工程和营销 (SEM) 团队的一名系统工程师。Colin 拥有科罗拉多州立大学的电气工程理学学士学位。他协助开发了适用于楼宇自动化应用的智能传感设计，包括雷达和被动红外解决方案。

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