

## Design Guide: TIDEP-01030

## 适用于高端角雷达的毫米波诊断和监控参考设计

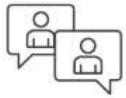


## 说明

此参考设计展示了毫米波雷达传感器内置的自主监控功能，该功能可通过尽可能减小在主机上处理的负载来提高设计效率。借助安全诊断库 (SDL)，此参考设计能在可编程数字内核、外设和存储器上执行诊断测试。此设计还配置并启用不同硬件元件的射频 (RF) 和模拟监控器功能。通过利用各种安全资源帮助实现符合 ASIL-B/SIL2 级标准的产品，此参考设计可缩短总体开发时间和产品上市时间。

## 资源

<a href="#">TIDEP-01030</a>	设计文件夹
<a href="#">AWR2944</a>	产品文件夹
<a href="#">AWR2944EVM</a>	工具文件夹
<a href="#">mmWave MCUPLUS SDK</a>	工具文件夹



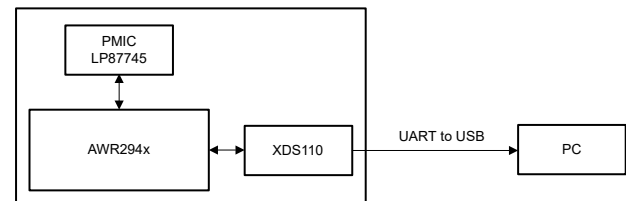
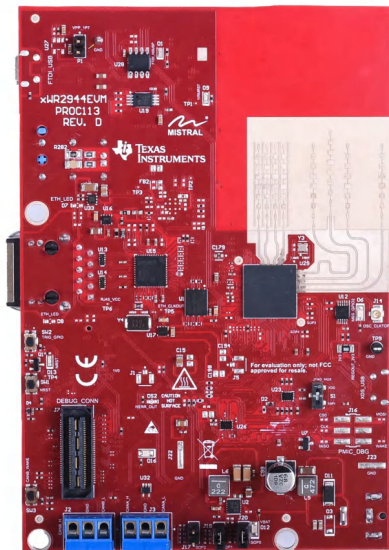
请咨询我司 TI E2E™ 支持专家

## 特性

- 演示了如何使用毫米波雷达传感器的内置诊断和监控功能来提高系统性能和稳健性
- 利用安全资源在不同的器件和应用中构建符合 ASIL-B/SIL2 标准的毫米波传感器，从而提高系统的实现效率
- 基于成熟的 EVM 硬件设计，可缩短产品上市时间

## 应用

- [远距离雷达](#)
- [中等距离和短距离雷达](#)
- [超短距离雷达](#)



## 1 系统说明

TIDEP-01030 为使用基于 77GHz 毫米波射频互补金属氧化物半导体 (RF-CMOS) 技术的 TI AWR2944 创建诊断和监控应用提供了参考。毫米波传感技术可在较大范围内检测车辆 (如汽车、摩托车和自行车), 无论环境条件如何 (如雨、雾或灰尘) 均可实现。TI 的毫米波传感器件将 76-81GHz 毫米波雷达前端与 ARM® 微控制器 (MCU) 和 TI DSP 内核集于一身, 旨在实现单芯片系统。

TI 毫米波片上系统 (SOC) 内置了用于诊断和监控的电路, 能够同时检测系统性故障和随机故障。这些安全机制显著降低了安全关键型应用的系统复杂性和成本。使用 SafeTI 诊断库 (SDL) 测试这些诊断机制非常重要。

TI 的雷达毫米波集成芯片 (IC) 包括硬件和固件元件, 可实现对毫米波模拟和数字子系统的监控。RadarSS 的这些内置功能通过固件 API 向应用公开。

此参考设计演示了毫米波雷达传感器内置诊断和监控功能的用法。此设计提供了快速开始符合 ASIL-B/SIL2 标准的产品开发所需的硬件、原理图和参考软件列表。此参考设计描述了示例用例以及在开发此应用时的设计原则、实现细节和所做的工程权衡。提供了针对复制设计的概括性说明。下面列出了该器件的一些关键诊断特性:

- 自检控制器 (STC)
- 可编程内置自检 (PBIST)
- 纠错码 (ECC)
- 总线安全
- 其他存储器或外设上的奇偶校验

有关详细信息, 请参阅安全手册。

### 备注

在本文档的以下部分中, 毫米波传感器指的是 AWR2944, EVM 指的是 AWR2944EVM (除非另有说明)。

## 2 系统概述

TI 的雷达毫米波集成芯片 (IC) 包括硬件和固件元件, 可实现对毫米波、模拟和数字部分的监控。器件的大多数数字元件具有内置诊断功能。

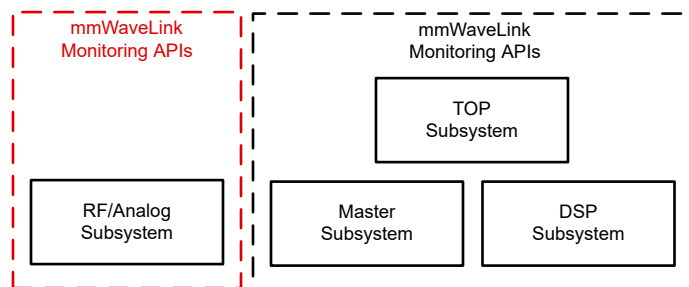


图 2-1. 毫米波传感器监控与诊断

模拟子系统包含器件的射频和模拟功能。AWR294x 具有三个或四个发送器以及四个接收器链, 还具有时钟振荡器和调频连续波 (FMCW) 信号生成电路 (清理 APLL、合成器、倍频器等)。雷达子系统负责初始化并校准模拟和射频模块。该子系统定期监控模拟和射频功能, 以确保所有模拟和射频模块在定义的限制范围内工作。MSS 或 DSS 应用可以通过 mmWavelink 监控 API 配置此功能, 并提供各种模式和报告选项。

TOP、主子系统和 DSP 子系统包含各种具有安全诊断功能的存储器和数字元件。可以使用安全诊断库配置和验证这些功能, 以管理器件的系统性故障和随机故障。

## 2.1 方框图

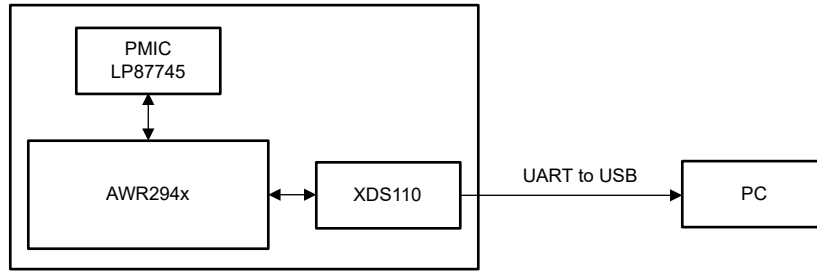


图 2-2. TIDEP-01030 方框图

## 2.2 设计注意事项

此参考设计展示了诊断和监控功能的用法。诊断测试通过 SDL 实施，而监控功能通过 mmWaveLink 库在 RadarSS 上启用。几组诊断测试具有破坏性，可能会导致软复位和/或热复位，因此在本参考设计中，这些测试在次级引导加载程序 (SBL) 中执行。这样，主应用程序流不会因为执行这些破坏性诊断测试而受阻。除这些 DIAG 测试外，在应用程序初始化期间，其余 DIAG 将在 MSS 以及 DSS 核心上执行。有关更多实现详细信息，请参阅节 2.4.2。

## 2.3 主要产品

### 2.3.1 LP87745

LP87745-Q1 有助于满足崭新平台（尤其是汽车雷达和摄像头以及工业雷达应用）的电源管理要求。该器件包含三个直流/直流降压转换器以及一个 5V 升压转换器开关和旁路开关。为了支持安全关键型应用，该器件集成了两个用于外部电源的电压监控输入和一个窗口看门狗。

#### 2.3.1.1 LP87745 特性

- 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性：
  - 器件温度等级 1：-40°C 至 +125°C 环境温度范围
- 符合功能安全标准的器件
  - 专为功能安全应用开发
  - 提供有助于 ISO 26262 功能安全系统设计满足 ASIL-C 和 SIL-2 要求的文档
  - 输入电源过压和欠压监控
  - 稳压器输出过压和欠压监控
  - 外部电源轨的欠压和过压监控
  - 问答看门狗
  - 电平或 PWM 错误信号监视器 (ESM)
  - BIST 和 CRC
- 输入电压：3.3V 标称 (3V 至 4V 范围)
- 三个低噪声直流/直流降压转换器：
  - 输出电压：0.9V 至 1.9V、0.8V (BUCK3)、0.82V (BUCK3)
  - 最大输出电流：3A、3A、3A
  - 开关频率：4.4MHz、8.8MHz 和 17.6MHz
- 5V 升压转换器
  - 最大输出电流：350mA
- 150mA LDO
  - 输出电压 1.8V 或 3.3V
- 输出短路和过载保护
- 输入过压保护 (OVP) 和欠压锁定 (UVLO)
- 过热警告和保护
- 串行外设接口 (SPI)

### 2.3.1.2 安全功能

LP8774x-Q1 器件是一款符合 ISO26262 的功能安全合规型电源管理 IC (PMIC)，可帮助安全系统设计满足 ASIL-C 和 SIL-2 的要求，并具有以下主要功能安全特性。有关安全机制以及如何在功能安全系统中集成该器件的更多详细信息，请参阅 [LP87745-Q1 适用于 AWR 和 IWR 雷达传感器的三个降压转换器和一个 5V 升压转换器](#) 数据表规格和 LP87745-Q1 功能安全手册 [SFFS159](#)。

- **对 VCCA 输入、稳压器输出和 VMON 输入的监控**

LP8774x-Q1 器件通过独立的电压监控器来监控降压转换器、升压转换器和 VIO\_LDO 的输出电压、VMON1 (通用电压监控器) 输入以及 VCCA 输入的欠压 (UV) 和过压 (OV) 情况。此外，稳压器输出通过短路和电流限制比较器进行监控。当相应的稳压器启用且完成 OV、UV 自检时，稳压器监控器启用。

- **有限状态机 (FSM) 和安全输出：NRSTOUT、nINT、CAN\_DIS**

LP8774x-Q1 器件集成了一个有限状态机 (FSM) 引擎，该引擎在运行状态转换期间管理器件的状态。该器件支持 NVM 可配置的上电、断电序列和错误处理。在发生严重错误的情况下，主处理器复位信号 (NRSTOUT) 被拉低，所有电源轨都被关断，以使系统保持在安全状态。如果发生中度错误事件，根据 NVM 配置，PMIC 可通过中断信号 (nINT) 和软件中断将这些事件通知处理器，并且可禁用控制器局域网 (CAN) 与 nINT 或 CAN\_DIS 信号的通信。

- **问答看门狗**

看门狗负责监控 MCU 是否正常运行。LP8774x-Q1 中的问答模式看门狗需要 MCU 以特定的时间间隔发出特定的消息，以便检测 MCU 是否正常运行。在运行期间，该器件通过 SPI 为 MCU 提供问题。MCU 会对问题执行一系列固定的算术运算，以计算所需的 32 位应答。该应答分为四个应答字节：应答 3、应答 2、应答 1 和应答 0，并且 MCU 必须通过 SPI 以正确的序列和时序发送这些应答。如果 MCU 应答或应答序列不正确，器件会检测到错误，对错误的响应则取决于 NVM/OTP 配置。如果存在持续错误，PMIC 错误计数器会溢出并且所有电源轨都将关断，以使系统保持在安全状态。

- **错误信号监控器 (ESM)**

LP8774x-Q1 器件具有错误信号监控器 (ESM)，用于监控 nERR 输入引脚上的 MCU 错误输出信号。默认情况下，ESM 会在 LP8774x-Q1 器件启动时禁用。要启动 ESM，MCU 会设置开始位。

在系统上电且 MCU 完成 LP8774x-Q1 配置后，ESM\_MCU\_START 通过软件启动。该器件支持电平模式或 PWM 模式。如果器件检测到 ESM 错误，对错误的响应取决于 NVM/OTP 配置。如果是持续错误，PMIC 错误计数器会溢出并且所有电源轨都会关闭，以使系统保持在安全状态。

- **ABIST、LBIST 和 CRC**

该器件具有模拟内置自检 (ABIST) 功能 (用于检查电压监控器和 TSD 比较器的运行状况) 以及逻辑内置自检 (LBIST) 功能 (用于在器件启动期间检查数字特性并向处理器发送通知)。器件调整寄存器、配置寄存器和 SPI 通信受 CRC 保护，以检测位错误。

### 2.3.2 AWR294x 毫米波传感器

该毫米波传感器是一款集成式单芯片调频连续波 (FMCW) 传感器，能够在 76-81GHz 频段内工作。该器件采用 TI 的低功耗 45nm RFCMOS 处理器构建，并且在超小封装中实现了出色的模拟和数字集成度。该器件包含四个接收器和三/四个发送器，并带有闭环锁相环 (PLL)，可实现高精度和线性调频脉冲合成。

该传感器包括一个内置无线电处理器 (BIST)，可进行射频校准和安全监测。基于实际的基带架构，传感器器件支持 15MHz 的中频带宽以及可重新配置的输出采样率。借助 ARM® Cortex® R5F 和德州仪器 (TI) C66xx 数字信号处理器 (DSP) (定点和浮点) 以及 4MB 的片上 RAM，可以开发高级算法。该器件满足 ASIL-B 要求，是汽车领域中低功耗、自监控、超精确雷达系统的理想选择。

## 2.4 系统设计

## 2.4.1 硬件方框图

可使用 AWR2944BOOST EVM 实施 TIDEP-01030。该 EVM 需要通过通用异步收发器 (UART) 连接到主机 PC，进行元映像加载和日志收集。

AWR2944EVM 包含以下特性：

1. AWR2944EVM 上具有 AWR2944 雷达器件
2. 电源管理电路可通过单个 5V 输入提供所需的所有电源轨
3. 四根板载 TX 天线和四根 RX 天线
4. 板载 XDS110，提供 JTAG 和 UART 接口，用于发送毫米波器件的诊断测试和监控报告

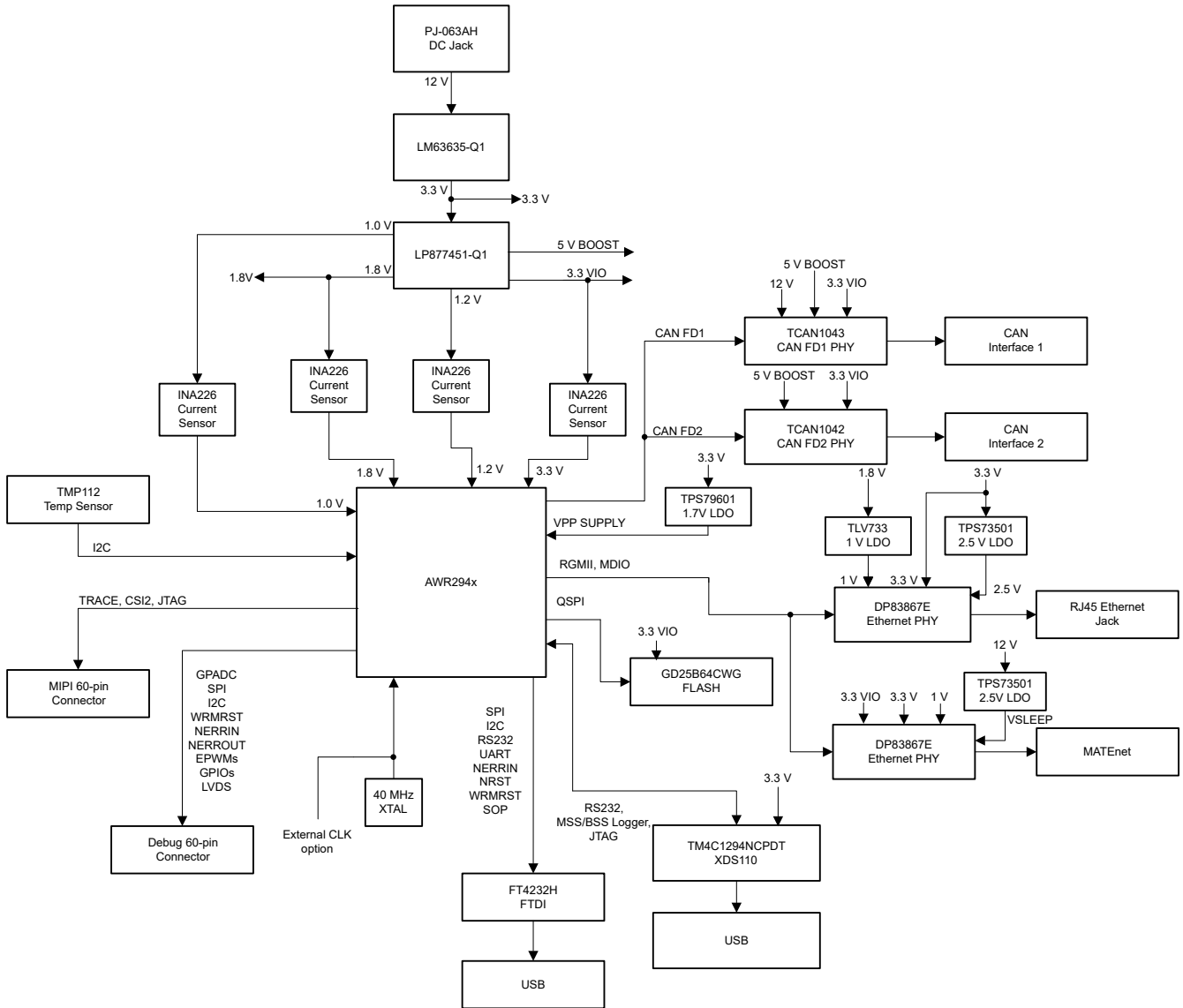


图 2-3. 方框图 AWR2944EVM

如需了解有关硬件的详细信息，请参阅以下内容：

- [AWR2944 评估模块 \(AWR2944EVM\)](#)

## 2.4.2 软件组件

此应用展示毫米波传感器的诊断和监控功能。此应用使用 SafeTI™ 诊断库 (SDL) 执行诊断测试，并使用 mmWaveLink 在射频前端配置监控。

在此参考设计应用中，在 MSS 内核的次级引导加载程序 (SBL) 中进行少数诊断测试。在这些测试结束时，SBL 将主应用加载到 MSS 和 DSS RAM 位置，并从监控闪存 (sFlash) 读取元映像。

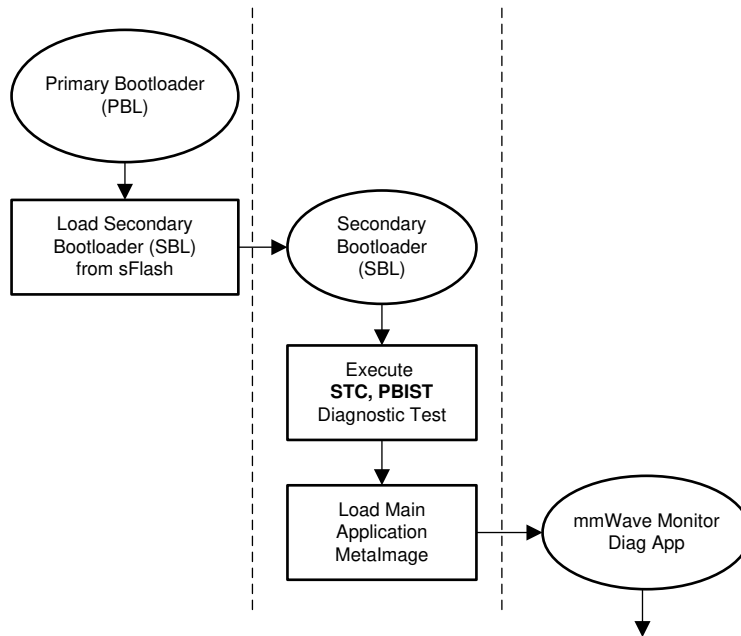


图 2-4. 应用控制流程图

图 2-5 显示了包含 MSS 和 DSS 映像的主应用的概要流程图。传感器的诊断和监控测试状态通过 UART 发送至 PC。

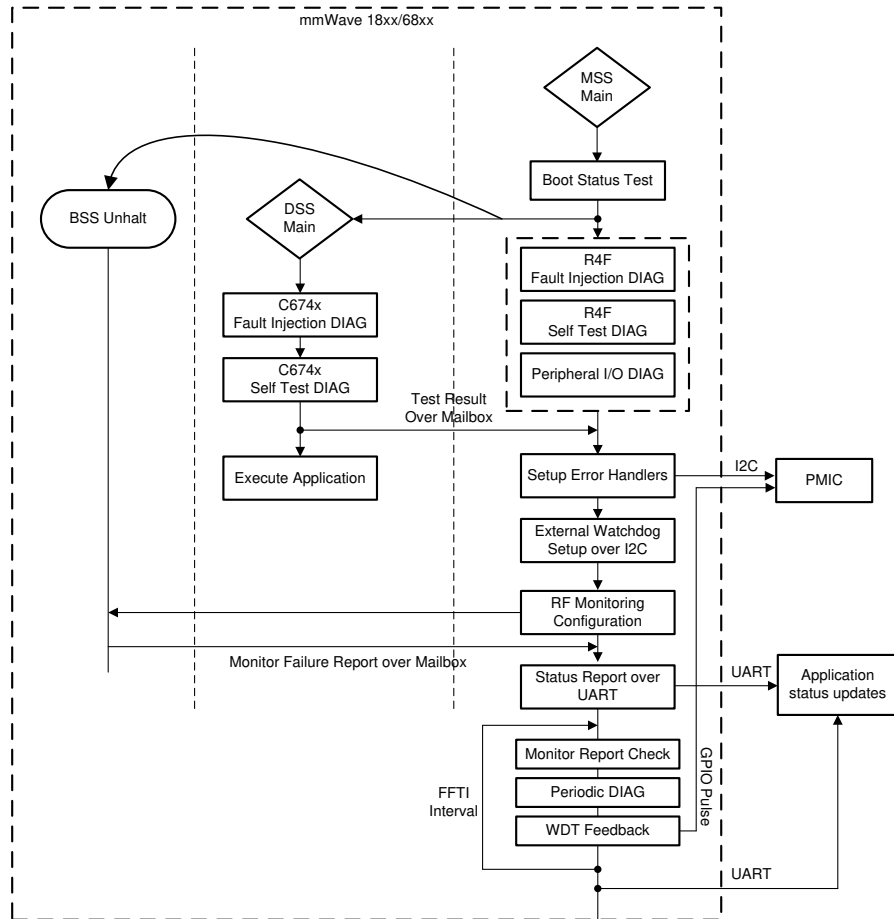


图 2-5. DIAG 和监控应用流程图

### 2.4.2.1 次级引导加载程序 (SBL)

次级引导加载程序主要负责通过串行接口接收应用元映像来更新 sFlash 中的该映像。然后，SBL 加载并运行更新的应用元映像。

ROM (主) 引导加载程序始终加载 SBL。应用可以选择更新或加载并运行应用元映像。

对于安全应用，SBL 可用于执行一些破坏性测试 (如 PBIST 和 STC)，这些测试需要在引导期间运行。这些 DIAG 可能会在执行期间导致内核复位，这是将这些测试移至 SBL 的主要原因。这些测试在加载主应用之前进行验证。如果出现故障，SBL 将中止并退出。

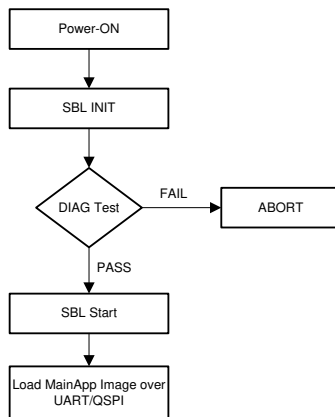


图 2-6. SBL 流程图

### 2.4.2.2 mmWaveLink API

mmWaveLink 库提供了其他 API，以便通过 Mailbox 接口与 RadarSS 进行通信。在此应用中，MSS/DSS 应用通过 mmWaveLink API 配置监控功能。之后，应用通过 mmWaveLink 回调以异步事件的形式从 RadarSS 接收监控报告。

### 2.4.2.3 毫米波安全诊断库 (SDL)

毫米波 SafeTI 诊断库 (SDL) 是一个函数集合，用于访问 TI 毫米波传感器各种安全机制的安全功能和响应处理程序。这些功能有助于开发涉及功能安全的软件应用程序。

SDL 提供了一组诊断 API 和底层驱动程序函数，用于访问诊断功能。这些安全机制在 *毫米波器件安全手册* 中进行了定义。

诊断库 (DIAG) 是一个软件诊断库，可提供 API 来访问安全功能以及注入或检测故障。

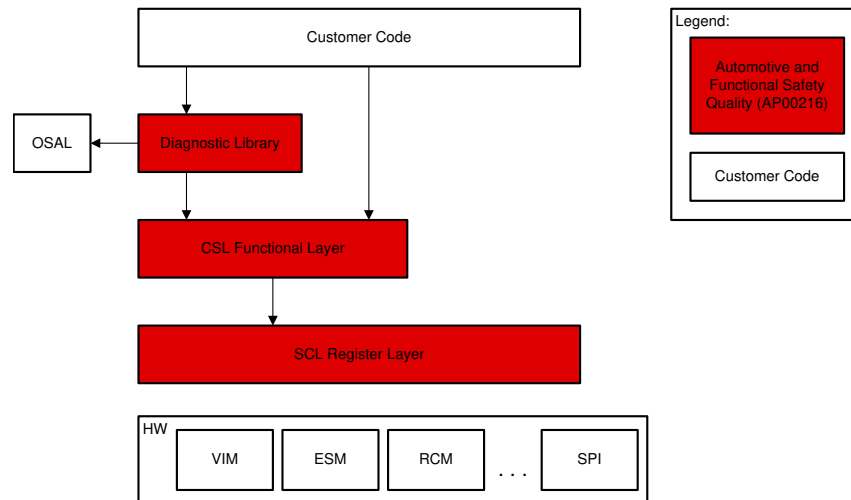


图 2-7. SDL 层架构

在图 2-7 中，红色方框表示的是功能安全质量，所有相关文件和报告均在 SDL 包中提供。

诊断库提供了“毫米波器件安全手册”中所规定的诊断的实现方案。

诊断测试类别（基于持续时间）：

- 一次性诊断
- 定期诊断
- 故障插入诊断：ECC、奇偶校验、MPU 诊断。
- 自检诊断：LBIST、PBIST、DCC、CCM 诊断。
- 外设 IO 诊断：外设环回，Nerror 输入/输出诊断
- 静态配置寄存器的回读：定期检查静态配置寄存器的诊断

#### 典型 DIAG 测试流

- 操作系统适配层 (OSAL) 定义添加和删除挂钩的能力。可以将挂钩添加到 ESM 错误和 CPU 异常中
- 硬件配置 - 需要为执行诊断而配置的硬件 IP 寄存器
- CPU 异常、ESM 错误 - 诊断生成 ESM 错误、CPU 异常
- 所有诊断处理程序都位于诊断层的内部



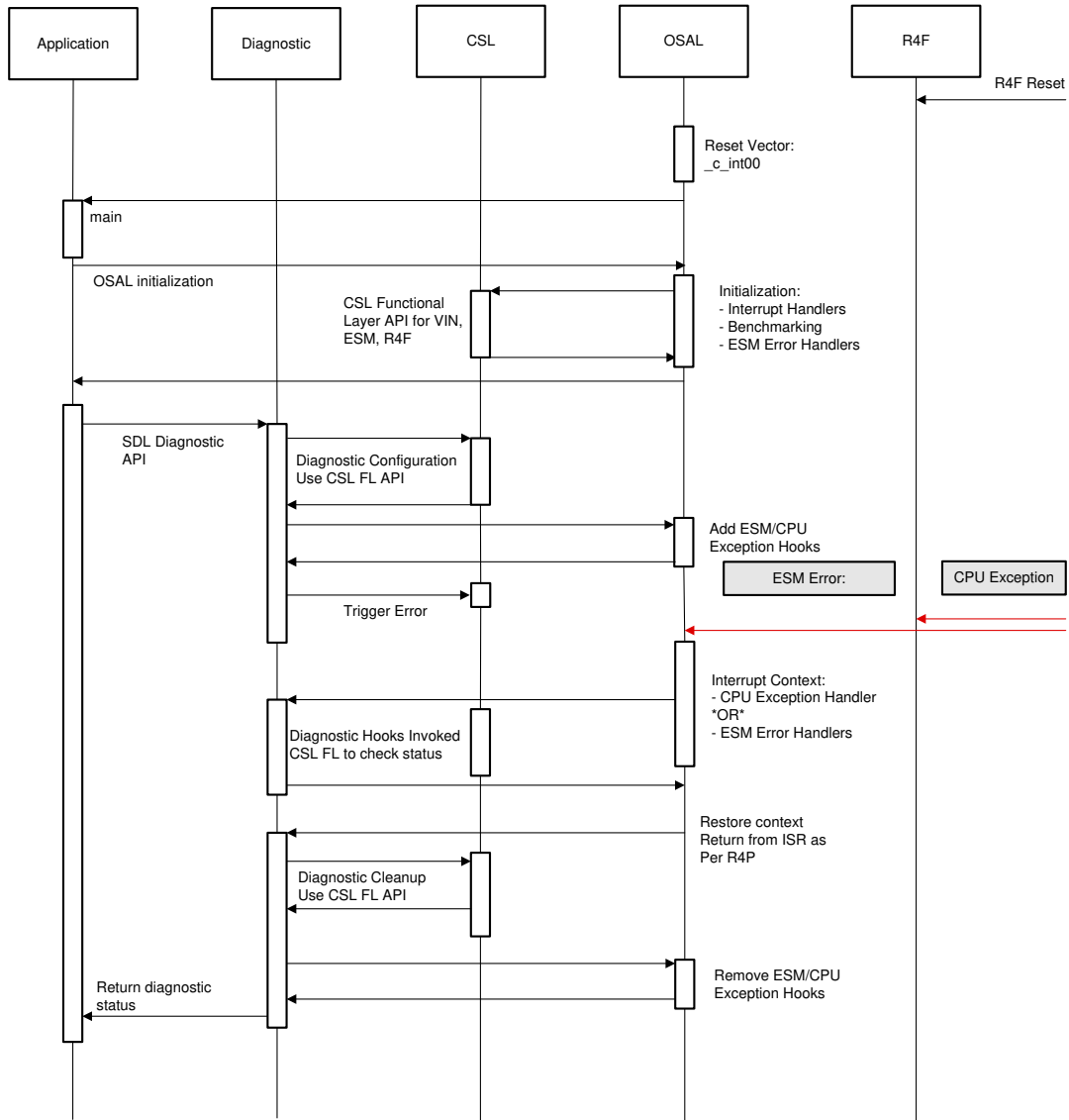


图 2-8. DIAG 测试流

#### 2.4.2.4 毫米波 SDK 软件方框图

毫米波软件开发套件 (SDK) 支持使用毫米波 EVM 来开发毫米波传感器应用。该 SDK 提供了基础元件，有助于设计人员专注于其应用。此外，SDK 提供了几个演示应用，作为将 SDK 集成到最终用户毫米波应用的指南。此参考设计是在 SDK 框架上开发的，并使用 SDL 库。

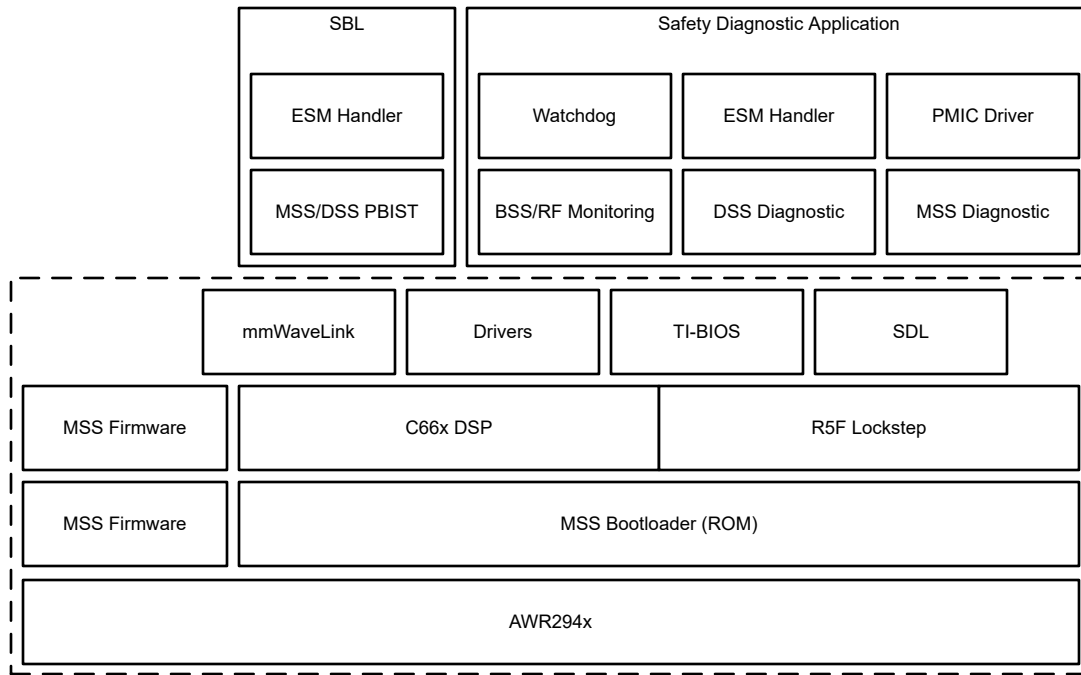


图 2-9. SBL 和应用方框图

### 3 硬件、软件、测试要求和测试结果

#### 3.1 硬件要求

德州仪器 (TI) 的 AWR2944EVM 是一款用于 AWR2944 毫米波传感器的易用型评估板。

本参考设计需要使用 AWR2944EVM 来执行参考应用。不过，客户也可以在评估板上运行此参考设计。

#### 3.2 测试设置

该测试设置包含通过 USB 电缆与 PC 连接的 AWR2944EVM。

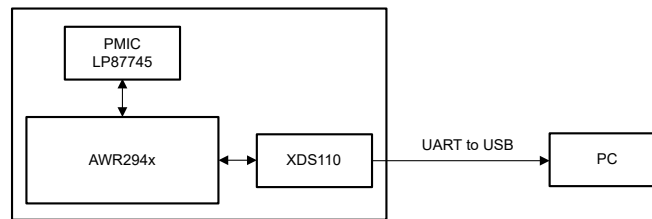


图 3-1. 测试设置

图 3-2 是参考设计应用的典型测试流程。

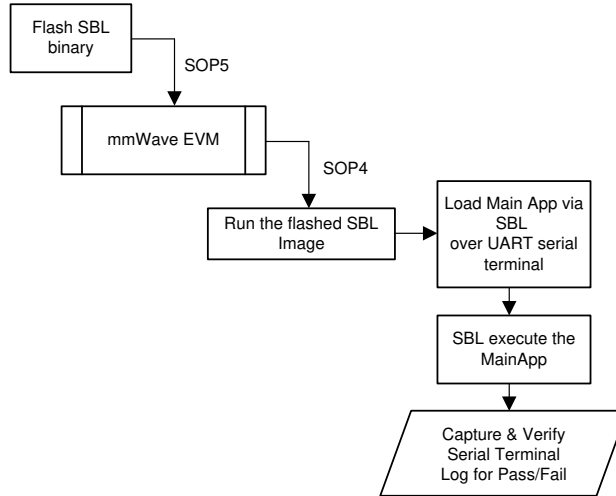


图 3-2. 典型测试流程

### 3.3 测试结果

AWR2944EVM 通过 USB 电缆与 PC 连接。首先刷新 SBL 映像，然后刷新主应用程序。有关执行此应用程序的确切步骤，请参阅软件包中的开始使用文档。

图 3-3、图 3-4 和图 3-5 显示 SBL 以及主应用程序执行的诊断测试的测试结果。

```

*****
**
DSS Safety Mechanims Logs
HWA Parity Test Application
HWA TEST START : starting
All test passed for HWA Parity Application
ECC Test Application for HWA Memory
ECC UC-1 and UC-2 Test
UC-1: Injected 1-bit error and got ESM Interrupt
UC-2: Injected 2-bit error and got ESM Interrupt
All Use_Cases have passed for ECC Test Application for HWA Memory.
ECC Test Application for L3 Memory
ECC UC-1 and UC-2 Test
UC-1: Injected 1-bit error and got ESM Interrupt
UC-2: Injected 2-bit error and got ESM Interrupt
All Use_Cases have passed for ECC Test Application for L3 Memory.
ECC Test Application for DSS Mailbox memory
ECC UC-1 and UC-2 Test
UC-1: Injected 1-bit error and got ESM Interrupt
UC-2: Injected 2-bit error and got ESM Interrupt
All Use_Cases have passed for ECC Test Application for DSS Mailbox memory.
DSS TPCC PARITY Example : Started
All tests have passed for TPCC Parity Test Application.
*****
**
MSS Safety Mechanims Logs
TCM Parity Test Application Startring
TCM PARITY Test Appliaction : Started
ESM_Test_init: Init MSS ESM complete
MSS TCM PARITY: ATCM0 Started
MSS ATCM0 Parity : Completed
ESM_Test_init: Init MSS ESM complete
MSS TCM PARITY: BTCH0 Started
MSS BTCH0 Parity : Completed
ESM_Test_init: Init MSS ESM complete
MSS TCM PARITY: BTCH1 Started
MSS BTCH1 Parity : Completed
ESM_Test_init: Init MSS ESM complete
MSS TCM PARITY: BITCM0 Started
  
```

图 3-3. 诊断测试结果 1

```

COM88 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help

All tests have passed for ECC Bus Safety Appliaction.
MCRRC Test Application
MCRRC AUTO CPU mode on Channel 1: Transfer Test Started...
Calculating Reference MCRRC signature Ualue.
MCRRC signature value : 0xc1c133adab4dd50fU
MCRRC Full Mode Computation Time: 5293us
Sector signature matches - Passed
Calculated MCRRC signature value : 0xc01c133adab4dd50fU
EDMA Data transfer completed !!
MCRRC Auto Mode Computation Time: 17us
MCRRC AUTO CPU mode on Channel 2: Transfer Test Started...
Using Pre-Defined Reference MCRRC signature Ualue.
Pre-defined MCRRC signature value : 0xc1c133adab4dd50fU
Sector signature matches - Passed
Calculated MCRRC signature value : 0xc01c133adab4dd50fU
EDMA Data transfer completed !!
MCRRC Auto Mode Computation Time: 15us
TPCC Parity Test Application for MSS Instance
MSS TPCC PARITY Example : Started
ESM_Test_init: Init MSS ESM complete
MSS TPCCB Parity
Param Register = 82000007
MSS TPCCB Parity : Completed
ESM_Test_init: Init MSS ESM complete
MSS TPCCB Parity
Param Register = 82000007
MSS TPCCB Parity : Completed
All tests have passed for TPCC Parity Test Application.
Debug: ADCBUF Instance 10292CE0 has been reopened successfully
*****
Debug: Launching the mmwaveLink
*****
Debug: CRC Channel 1 has been opened successfully
mmWave Link Initialization Pass
Debug: BootupStatus = 0x3b3b7ffa
Debug: Finished get radarSS bootup status to BSS
Get radarSS bootup status Pass
Debug: Finished r1RFSetDeviceCfg
Set Async event config status Pass
Debug: Set HSI clock successfully
  
```

图 3-4. 诊断测试结果 2

```

ti COMS0 - Yes SemVT
File Edit Setup Control Window Help

Debug: Finished information related to GPADC Internal Analog Signals monitoring
configurations to BES
Set rmWave Link GPADC Internal Analog Signals Config
Debug: Finished information related to APLL and Synthesizer's control voltage si
gnals monitoring configurations to BES
Set rmWave Link MmuaveLink_setRF11ContrWoltMonConfig Config
Debug: Finished information related to the DCC based clock frequency monitoring
configurations to BES
Set rmWave Link Dual Clk Config
Debug: Finished r1HfAnaMonConfig configurations to BES

-----
Start Monitoring Pass
Sensor Start
Debug: Frames are already stopped [21]
Sensor Stop

-----
Monitoring results Pass
-----
Debug: Monitoring Report
RL_RF_AE_MON_TEMPERATURE_REPORT_SB [0x13]
RL_RF_AE_MON_RX_GAIN_PHASE_REPORT [0xf]
RL_RF_AE_MON_RX_IF_STAGE_REPORT [0x5]
RL_RF_AE_MON_TX0_POWER_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_TX1_POWER_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_TX2_POWER_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_TX3_POWER_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_TX0_BALLBREAK_REPORT [0x1]
RL_RF_AE_MON_TX1_BALLBREAK_REPORT [0x1]
RL_RF_AE_MON_TX2_BALLBREAK_REPORT [0x1]
RL_RF_AE_MON_TX3_BALLBREAK_REPORT [0x1]
RL_RF_AE_MON_Adc_IX_GAIN_MISMATCH_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_SYNTHESIZER_FREQ_REPORT [0x1]
RL_RF_AE_MON_TX0_INT_ANA_SIG_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_TX1_INT_ANA_SIG_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_TX2_INT_ANA_SIG_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_TX3_INT_ANA_SIG_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_PPCLALO_INT_ANA_SIG_REPORT [0x3]
RL_RF_AE_MON_GPADC_INT_ANA_SIG_REPORT [0x7]
RL_RF_AE_MON_PLL_CONTROL_VOLT_REPORT [0x37]
RL_RF_AE_MON_DCC_CLK_FREQ_REPORT [0x3f]

-----
All tests have completed!!

```

图 3-5. 诊断测试结果 3

## 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 [TIDEP-01030](#) 中的设计文件。

#### 4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDEP-01030](#) 的设计文件。

### 4.2 工具与软件

#### 工具

**串行终端** 此应用程序接受输入并通过 **UART COM** 端口传输日志。需要使用串行终端工具通过 **COM** 端口连接到器件。

#### 软件

##### [诊断和监控参考应用程序](#)

应用程序源代码和二进制文件可在 **TI-Rex Radar Toolbox** 中找到。有关软件安装和执行步骤，请参阅同一软件包中提供的开始使用文档。

### 4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI), [“实现 TI 毫米波器件的功能安全”研讨会演示](#)
2. 德州仪器 (TI), [“LP87745-Q1 用于 AWR 和 IWR 雷达传感器的三个降压转换器和一个 5V 升压转换器”数据表](#)
3. 德州仪器 (TI), [“AWR2943/44 单芯片 76GHz 至 81GHz FMCW 雷达传感器”数据表](#)

### 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

TI E2E™ and SafeTI™ are trademarks of Texas Instruments.  
ARM® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.  
所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司