

## 摘要

本应用报告将介绍 AWR2243 引导加载程序流程。

## 内容

1 引言.....	2
2 基本引导加载程序流程.....	5
2.1 引导模式 - SFLASH.....	6
2.2 引导模式 - SPI.....	7
3 通过 UART (引导加载程序服务) 编程串行数据闪存.....	9
3.1 要下载的文件.....	9
3.2 闪存编程序列.....	9
3.3 支持的命令和格式.....	10
3.4 刷写序列.....	12
4 修订历史记录.....	13

## 插图清单

图 1-1. AWR2243 器件的简化示意图.....	2
图 1-2. 引导加载程序的刷写模式.....	3
图 1-3. 引导加载程序的执行模式 (从 SFLASH 加载映像).....	3
图 1-4. 引导加载程序的执行模式 (通过 SPI 加载映像).....	4
图 2-1. 基本引导加载程序流程图.....	5
图 2-2. 映像加载序列.....	6
图 2-3. ROM 辅助映像下载序列.....	7
图 2-4. 引导模式 - SPI.....	8
图 3-1. 主机 ↔ XWR 器件 UART 通信.....	11
图 3-2. 刷写序列.....	12

## 表格清单

表 1-1. 通电检测 (SOP) 线路和引导模式.....	3
表 3-1. 支持的命令和格式.....	10

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

# 1 引言

AWR2243 器件可大致分为两个子系统：

- 主子系统：
  - 引导加载程序 - 负责器件初始化、引导时间测试、APLL 开环校准、加载应用程序映像、将映像下载到 SFLASH ( 器件管理模式 - SOP5 )。
  - 功能固件 - 负责整个器件的外部主机 API 通信、BSS API 握手、数据路径 (LVDS/CSI2) 控制、安全和监控。
- 雷达/毫米波子系统：
  - 负责实时配置射频/模拟和数字前端，以及定期安排校准和功能安全监控。因此，毫米波前端具有自包含特性，能够自我调整以处理温度和老化效应，并且从外部主机的角度来看具有极高的易用性。

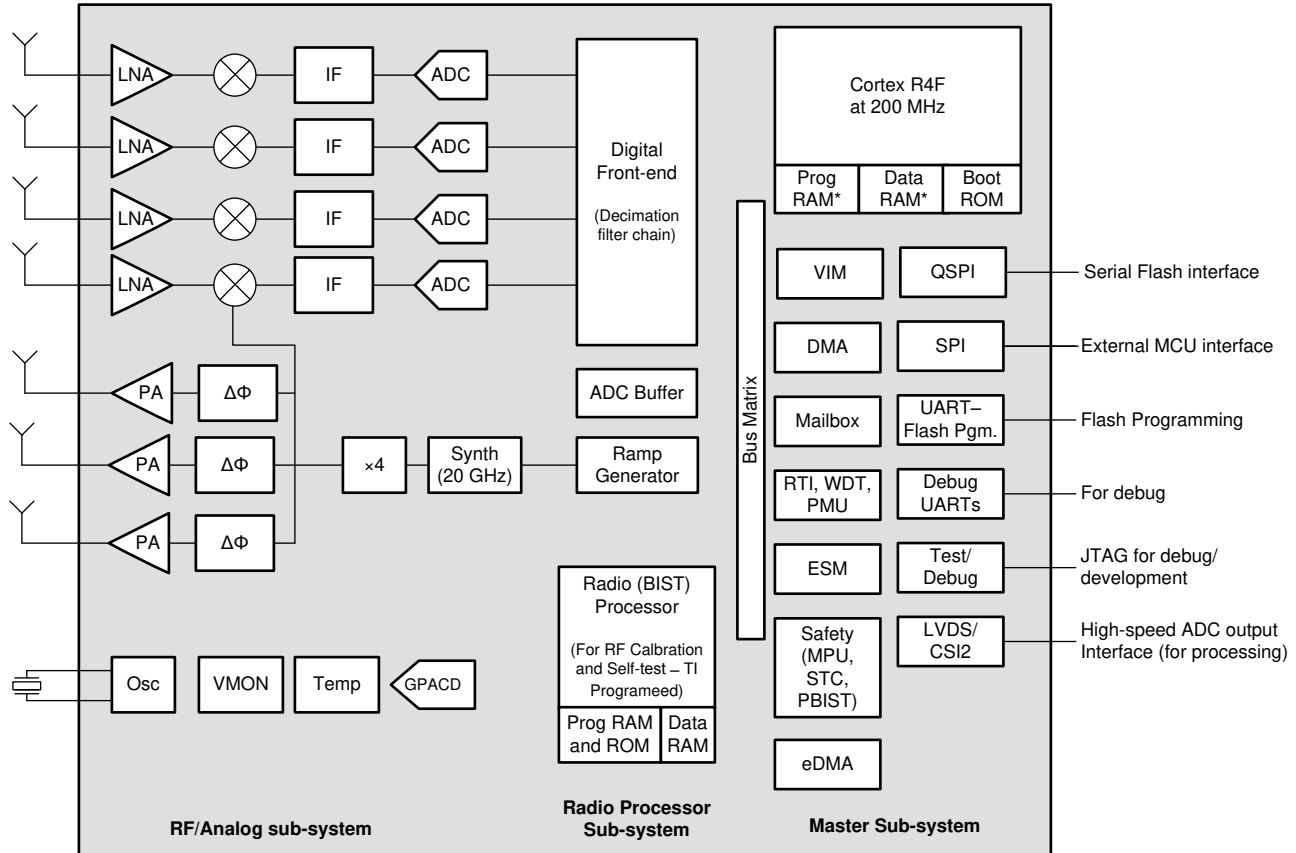


图 1-1. AWR2243 器件的简化示意图

- 主子系统是在 AWR2243 器件复位取消置位后激活的第一个可编程块。AWR2243 器件的引导加载程序托管在主子系统的只读存储器 (ROM) 中，并立即取得控制权。
- 从此时开始，AWR2243 引导加载程序可在两种模式下运行：刷写模式和执行模式。
- 引导加载程序会查找通电检测 (SOP) I/O ( SOP 线路 - 从外部驱动以选择特定模式 ) 的状态。

表 1-1. 通电检测 (SOP) 线路和引导模式

SOP2	SOP1	SOP0	引导加载程序模式和运行方式
0	0	1	功能模式 主要部署模式。加载补丁 ( 通过 SFLASH 或 SPI ) 后, 功能固件开始执行, 器件通过 SPI 由命令进行控制。在所选的高速接口 (LVDS/CSI2) 上可以获取 ADC 数据。
1	0	1	器件管理模式 闪存编程模式。使用通过 UART 传输映像的刷写实用程序将映像 ( 补丁 ) 下载到 SFLASH 上。

- 引导加载程序的器件管理 ( 刷写 ) 模式允许外部实体将客户应用程序映像加载到 SerialDataFlash (SDF)。

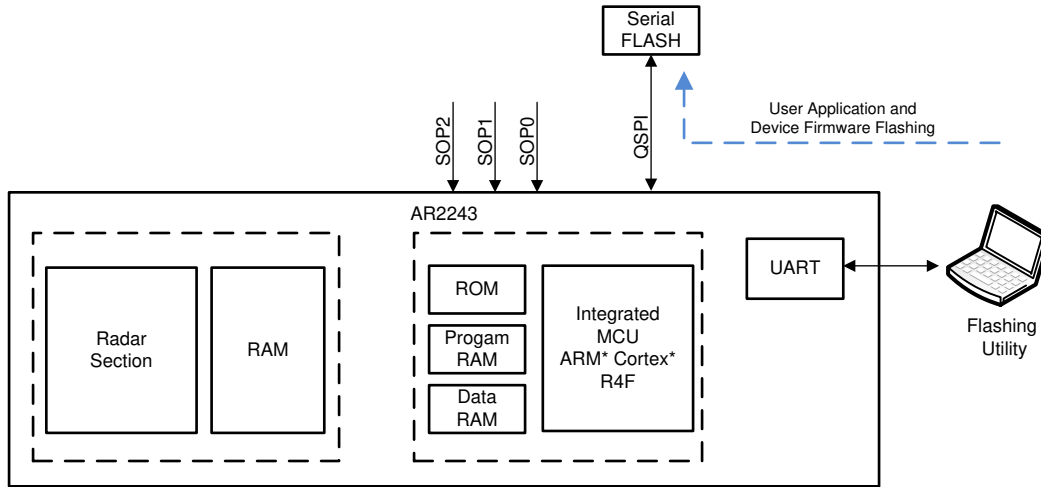


图 1-2. 引导加载程序的刷写模式

- 引导加载程序的执行 ( 或功能 ) 模式具有两种引导模式：
  - 引导模式 - SFLASH ( 开发阶段 )

如果检测到存在包含有效映像的串行闪存, 引导加载程序会将存储在 SDF 中的映像重新定位到 R4F 和雷达段存储器子系统。在该过程即将结束时, 引导加载程序会传递控制 MSS 功能固件。

SFLASH 仅存在于器件的开发版本中, 此类版本中的功能固件 ( MSS 和雷达段 ) 不从 ROM 执行, 因此映像较大。

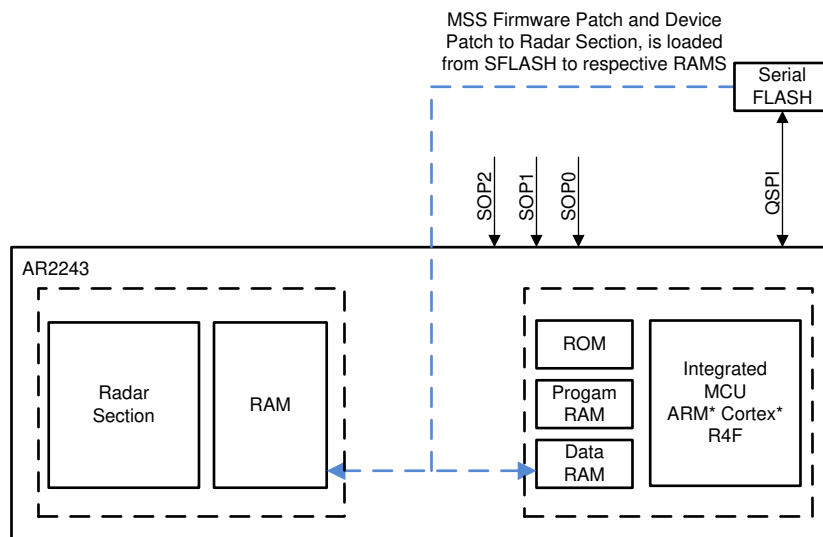


图 1-3. 引导加载程序的执行模式 ( 从 SFLASH 加载映像 )

- 引导模式 - SPI ( 部署阶段 )

如果未检测到串行闪存或在串行闪存中未检测到有效映像，引导加载程序会通过 SPI 从外部主机接收数据，将映像（补丁）加载到 MSS R4F 和雷达段子系统的相应存储器中。在该过程即将结束时，引导加载程序会传递控制 MSS 功能固件。

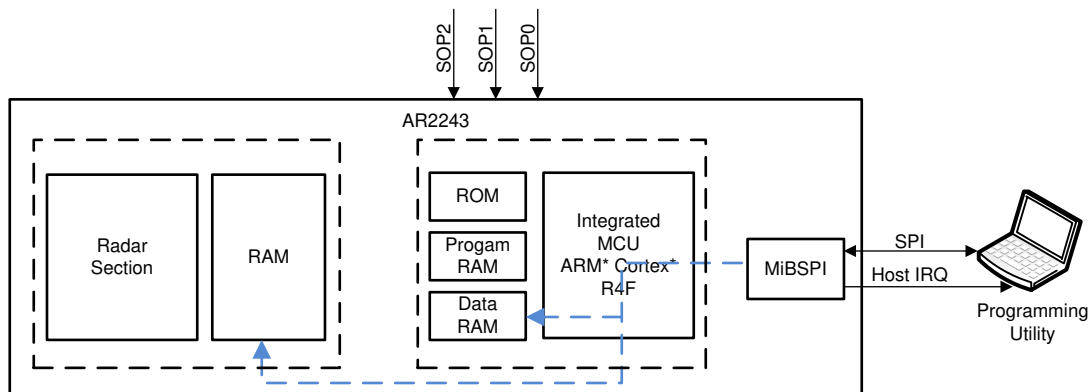


图 1-4. 引导加载程序的执行模式（通过 SPI 加载映像）

## 2 基本引导加载程序流程

引导加载程序操作大致可分为三个阶段：

- 器件初始化：引导加载程序使用“内置自检”(BIST)引擎进行硬件诊断(例如, RAM 测试)
- 通过启动 APLL 来设置根时钟
- 检查 SOP 线路以继续刷写模式或执行模式

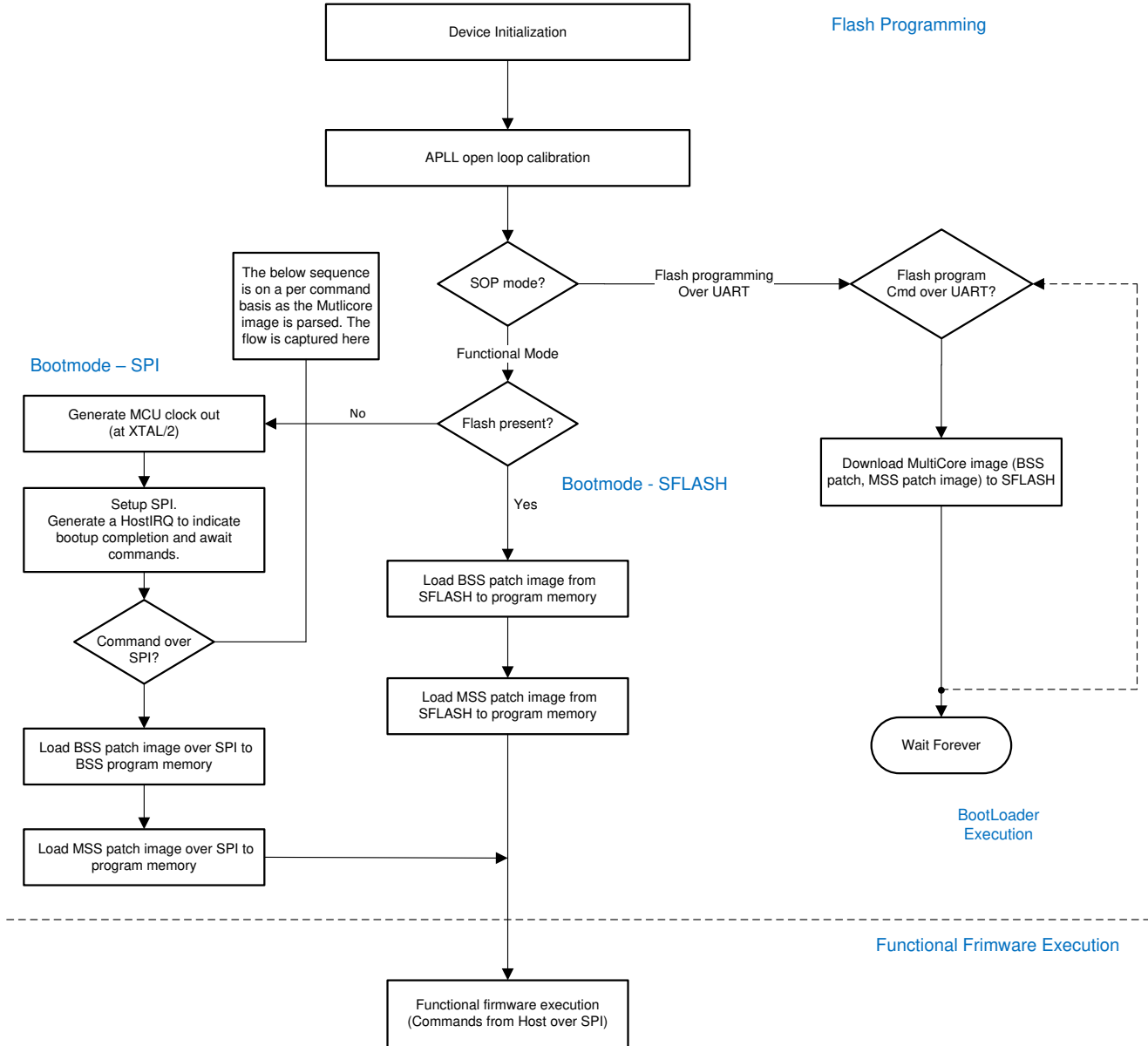


图 2-1. 基本引导加载程序流程图

## 2.1 引导模式 - SFLASH

### 2.1.1 映像加载序列

在功能模式下，引导加载程序尝试的第一种引导模式是从 SDF 对映像进行引导加载。此模式涉及以下步骤：

- 对 AWR2243 器件的 QSPI 引脚进行引脚多路复用
  - QSPI[0]：焊球 R11
  - QSPI[1]：焊球 P9
  - QSPI[2]：焊球 R12
  - QSPI[3]：焊球 P10
  - QSPI\_CLK：焊球 R10
  - QSPI\_CS\_N：焊球 P8
- QSPI 设置为在  $(\text{系统时钟}/5) = (200/5) = 40\text{MHz}$  下运行
- 发出 SFLASH 可发现参数 (SFDP) 命令以检索符合 JEDEC 标准的响应，其中包含有关 SFLASH 功能和命令集的信息。当成功接收到 SFDP 响应时，该信息用于与 SDF 进行通信并进一步解释内容和加载映像。

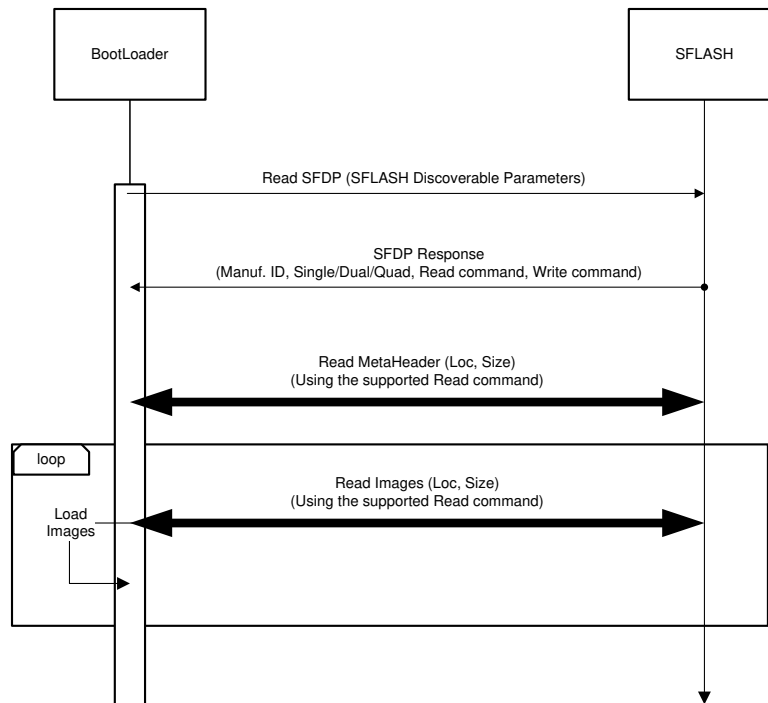


图 2-2. 映像加载序列

#### 要点：

- ROM 引导加载程序根据 SDF 发布的用以响应 SFDP 命令的最高功能模式（四路/双路/单路）执行从 SDF 读取数据的操作。
- 对于支持四路模式的 SDF 型号，将发出四路模式命令；如果未设置四路使能 (QE) 位，则通信将失败。在此类情况下，加载流程假定 SDF 中的“四路使能 (QE)”位已设置。

### 2.1.2 ROM 辅助映像下载序列

通过将器件置于刷写模式便会进入 ROM 辅助映像下载序列。更多有关与外部主机握手以接收映像的详细信息，请参阅第 3 节。与 SDF 的通信如图 2-3 所示。

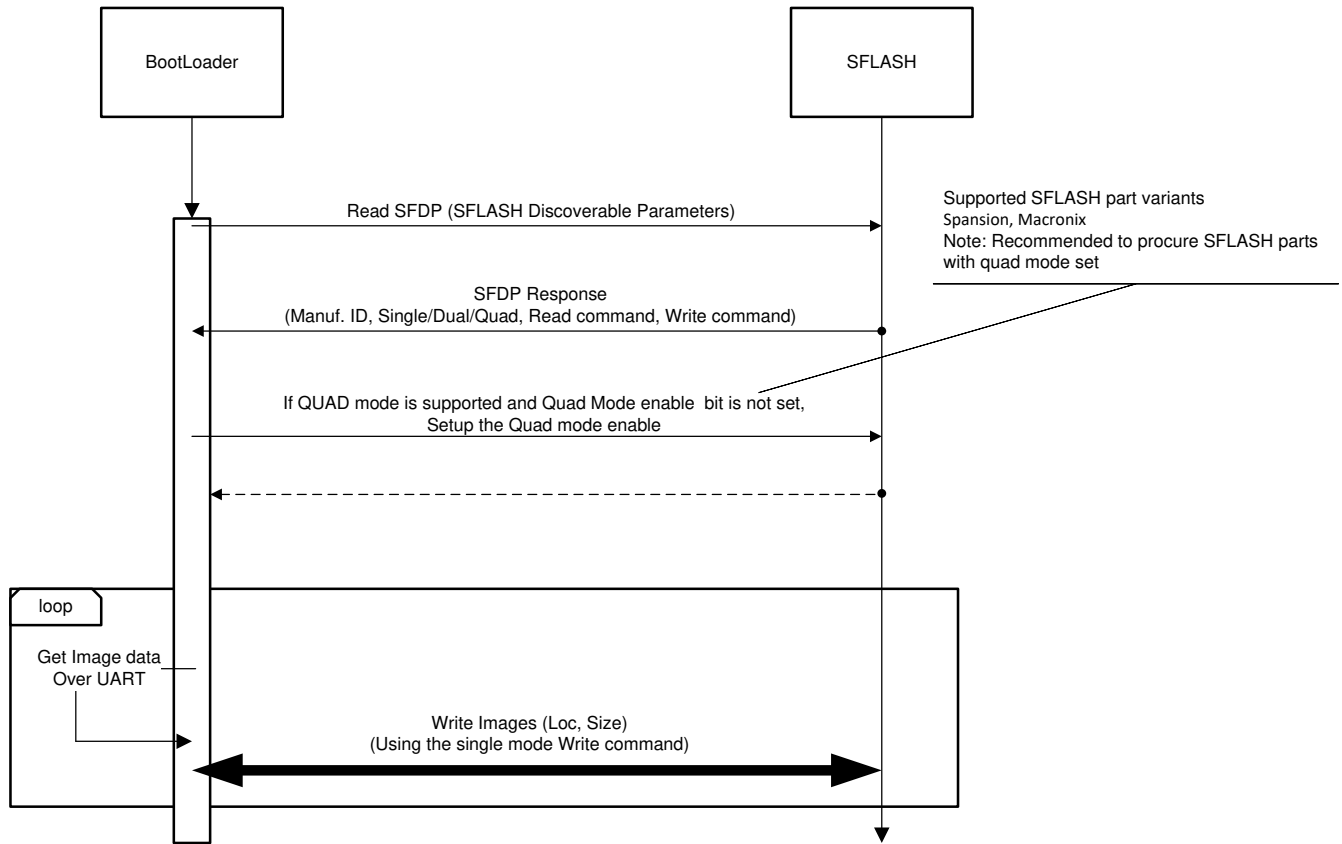


图 2-3. ROM 辅助映像下载序列

**要点：**

- ROM 辅助下载应支持所有闪存型号，这些型号允许使用 1 个虚拟字节和 24 位寻址的“内存映射模式”和“页面程序命令 (0x2)”。
- “四路使能”位的设置因 SDF 供应商而异。ROM 引导加载程序支持在该流程中为 Spansion 和 Macronix 型号（仅限某些特定器件型号）设置“四路使能”位。

除了对通过 UART 接收的每个数据包进行基于校验和的完整性检查之外，还会对整个映像执行基于 CRC32 的完整性检查。当数据包被接收并写入到 SDF 时，会递增计算 CRC32。

**2.2 引导模式 - SPI**

在功能模式下，如果在预定义的 SDF 位置找不到有效的映像标头，引导加载程序将进入基于 SPI 的引导加载模式。

此模式涉及以下步骤：

- 对 SPI 引脚进行引脚多路复用 - [SPI\_MOSI：焊球 R8，SPI\_MISO：焊球 P5，SPI\_CLK：焊球 R9，SPI\_CS\_N：焊球 R7，以及 SPI\_HOST\_INTR：焊球 P6 ( AWR2243 器件 )]
- 按照雷达接口控制文档中定义的“通信协议”与外部主机进行通信，以便通过 SPI 接收作为消息数据包加载的映像。
- 加载完所有映像后，便会应用 ROM 的补丁，然后功能固件开始执行，再通过 SPI 接收控制 API 命令并通过高速接口 (LVDS/CSI2) 发出数据。

与外部主机的握手如图 2-4 所示。

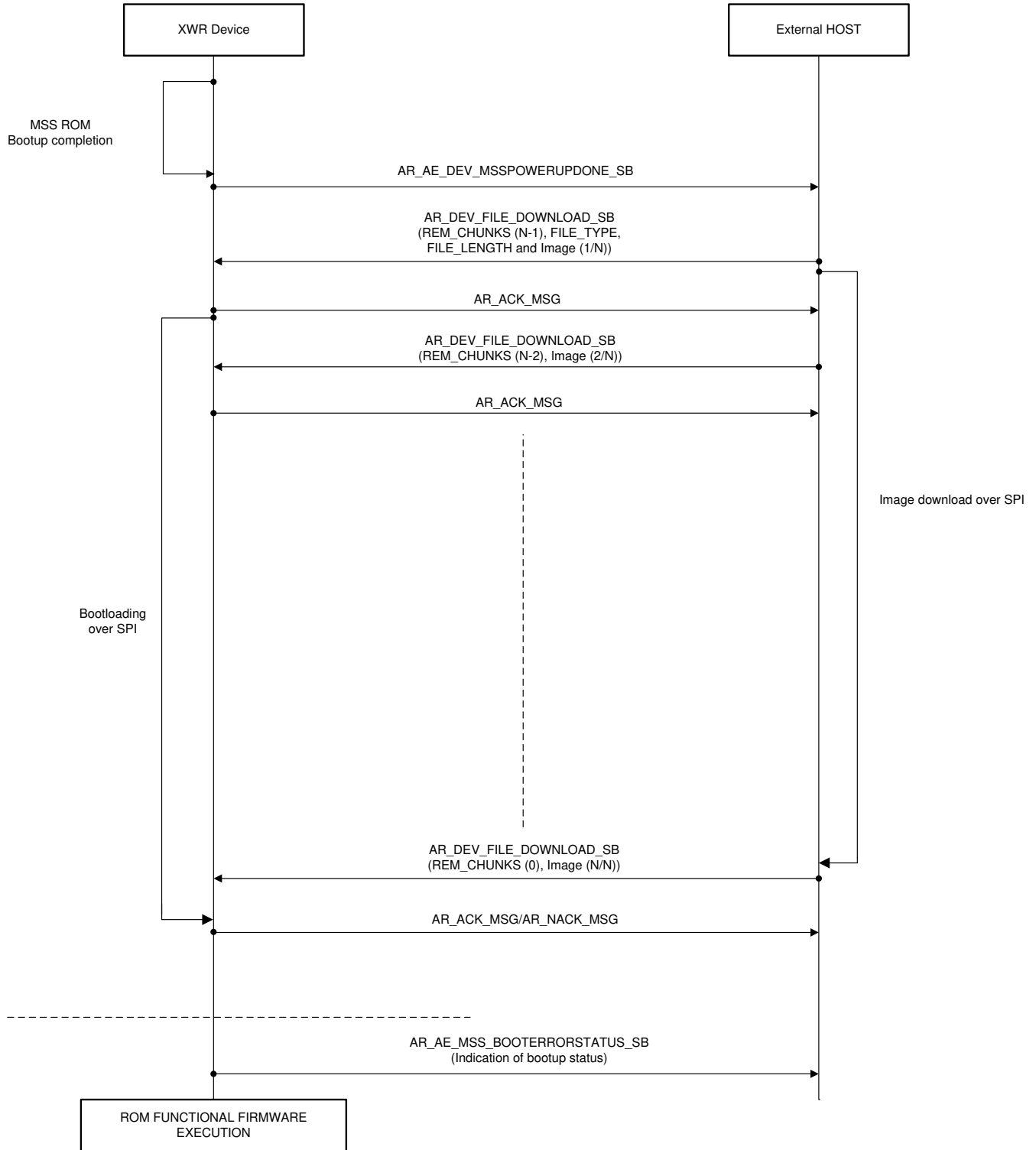


图 2-4. 引导模式 - SPI



### 3 通过 UART ( 引导加载程序服务 ) 编程串行数据闪存

TI 的 AWR2243 器件支持与 SDF 连接，以便获取在引导加载过程中要加载的映像。在预量产阶段，ROM 的优先级降低，MasterSS 和 RadarSS 固件的大部分执行工作都在 RAM 中发生。因此，大小相当大的映像存在于具有 QSPI 接口的 SDF 中时，加载速度会更快。

闪存编程器通过 UART 连接到器件。具体如下：

- MSS\_UARTA [RX：焊球 N5 和 TX：焊球 N6 ( AWR2243 器件 ) ]
- 波特率：115200
- 最大数据块大小：240 字节

---

#### 备注

“Write File to SFLASH” 和 “Write File to SRAM” 命令仅支持最大 240 字节的数据块大小。

该文件分为 N 条命令，其中：

$N = (\text{文件大小}/240) + ((\text{文件大小}\%240) ? 1 : 0)$  也是如此。

---

#### 3.1 要下载的文件

以下一个或多个二进制文件包含要下载的文件：

- RadarSS 映像 ( 完整固件 ( 预量产 ) 或补丁 ( 如果有，量产器件 ) )
- MasterSS 映像 ( 功能固件 ( 预量产 ) 或补丁 ( 如果有，量产器件 ) )

在 AWR2243 ES3.0 ( 量产型号 ) 中，这两个映像合并为单个 MetalImage 文件，必须将此文件刷写到器件中。

TI 用于 XWR12xx 的 DeviceFirmwarePackage (DFP) 将包括同时要下载到 MasterSS 和 RadarSS 的必要文件。

TI 用于 XWR14xx 的 mmWaveSDK 包将包括 “Image Creator” 实用程序，该实用程序将帮助构建包含上述组件的完整映像，以便与 XWR14xx 器件搭配使用。

#### 3.2 闪存编程序列

1. 将器件引导至 SOP 5 模式 ( 请参阅表 1-1 )
2. 打开 “UniFlash” 工具。[如 mmWaveSDK 中所列]
3. 通过 UARTA COM 端口连接到器件。( 器件需要 UART 中断信号，此信号由 UniFlash 工具生成 )
4. 刷写所需的映像 <META\_IMAGE1/META\_IMAGE2/META\_IMAGE3/META\_IMAGE4>

---

#### 备注

对于 AWR2243 ES3.0，用户必须选择单个 MetalImage 文件 (META\_IMAGE1)。

---

### 3.3 支持的命令和格式

表 3-1. 支持的命令和格式

命令	命令 ID	说明	字段
PING	0x20	器件以 ACK 进行响应	
OPEN FILE	0x21	此命令提供关于所下载的文件类型的详细信息	File Size : 所下载的文件总大小。 File Type : META IMG1(4)、META IMG2(5)、META IMG3(6) 和 META IMG4(7) Storage type : 2 - SFLASH 和 4 - SRAM
WRITE FILE to SFLASH	0x24	此命令提供要写入 SFLASH 的文件内容	
WRITE FILE to RAM	0x26	此命令提供文件内容并将文件直接写入 RAM	
CLOSE FILE	0x22	此命令指示文件下载结束	Storage type : 2 - SFLASH 和 4 - SRAM
GET STATUS	0x23	此命令用于请求上一条命令的状态。器件以发出的上一条命令的状态进行响应	
ERASE DEVICE	0x28	此命令用于擦除 SFLASH 内容	
GET VERSION	0x2F	此命令用于请求 ROM 版本。器件以版本信息进行响应	
ACK response	0xCC	器件的响应。	

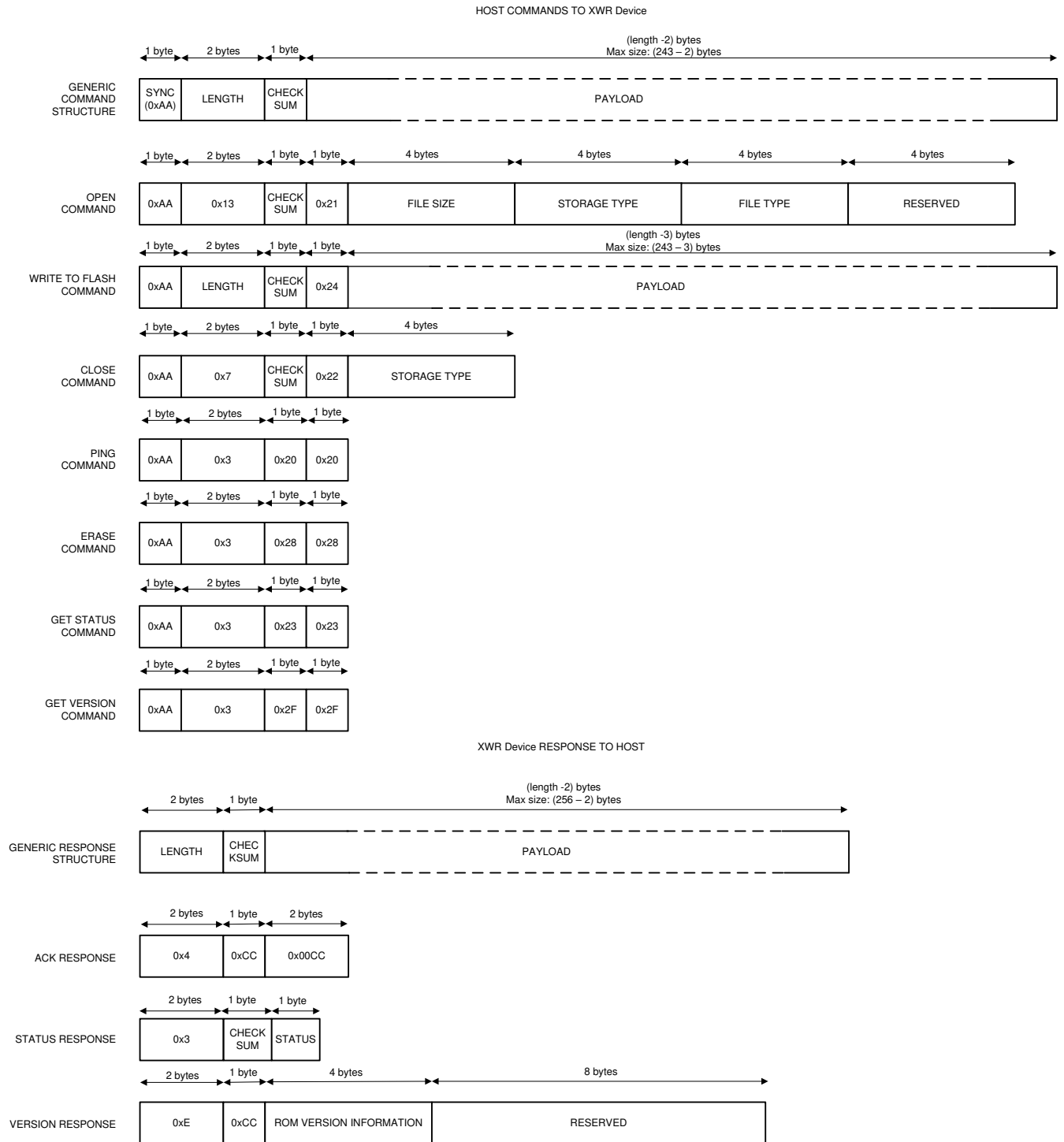


图 3-1. 主机 ↔ XWR 器件 UART 通信

每条 UART 命令中的 8 位校验和是命令有效负载所有字节的无符号值的简单无符号和，其中仅保留总和的最低有效 8 位。例如，计算校验和的伪代码为：

```
checksum = 0
```

对于有效负载中的每个字节， $checksum = (checksum + (\text{unsigned}) \text{ byte}) \text{ AND } (0xFF)$ 。

从器件返回的 STATUS RESPONSE 是基于最后执行的可操作命令的引导加载程序错误状态。可操作命令包括 OPEN、WRITE TO FLASH、CLOSE 和 ERASE。PING、GET STATUS 和 GET VERSION 等状态命令不会影响 STATUS RESPONSE 中报告的错误状态。可能返回的 STATUS 值如下：

- 0x00 = INITIAL\_STATUS (在发出任何可操作命令之前)
- 0x40 = SUCCESS
- 0x4B = ACCESS\_IN\_PROGRESS
- 从主机发送的命令中的任何 RESERVED 字段都应设置为 0x0

### 3.4 刷写序列

图 3-2 显示了闪存编程序列。初始握手始于外部主机发出的 UART 中断。此中断之后是图 3-2 所示的命令序列。引导加载程序使用命令响应协议。因此，主机应在发送每条命令后等待，直至接收到来自器件的 ACK 响应。请注意，GET STATUS 命令的独特之处在于其只返回 STATUS RESPONSE 消息而不发送 ACK 响应。

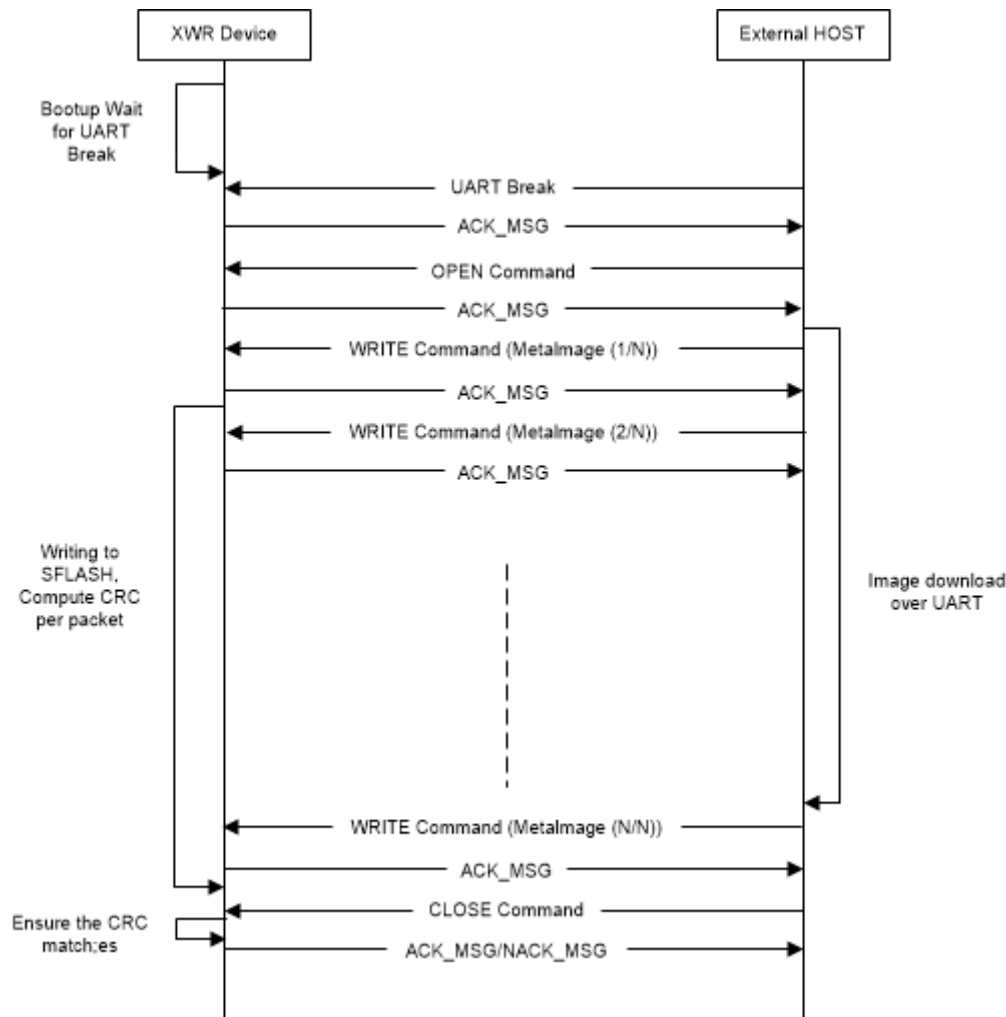


图 3-2. 刷写序列

**要点：**

- 主机处理器需要将每个文件/映像拆分为较小的块，并在 **WRITE TO FLASH** 命令中发送每个块。该命令的 **LENGTH** 字段应设置为有效负载总大小（包括映像数据块和用于 **0x24** 操作码的 1 个字节）+ 2。最大块大小为  $243 - 3 = 240$  字节。
- 在 **UART** 命令中，字的字节顺序为大端字节序（即先发送最高有效字节）。**BSS/MSS/Config** 映像应按照其在二进制文件中的顺序以字节的形式进行传输。
- **ERASE** 命令不是必需的，但可用于确保在写入新映像之前清除整个 **SDFLASH**。
- **GET STATUS** 命令不是必需的，但可用于检查器件的状态。
- **GET VERSION** 命令不是必需的，但可以由主机处理器用于根据器件的器件版本以不同的方式运行。

## 4 修订历史记录

<b>Changes from Revision * (February 2020) to Revision A (May 2023)</b>	<b>Page</b>
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	<b>2</b>

## 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