

Akash Gondalia

摘要

本应用报告旨在协助使用 TI **AWR6843** 或 **IWR6843** 毫米波传感器实现具有不同功率限制条件的设计。根据不同的应用和用例，在传感器上可以进行不同程度的功耗优化。根据对用例的适用情况，可使用多种不同的形式实现功耗优化。本文档描述了不同优化技术的实现方式以及其节能程度和相关的设计权衡。

内容

1 引言	2
2 雷达系统概述	2
2.1 架构概述.....	2
2.2 用于评估的设备.....	3
2.3 雷达测量周期.....	4
3 工作模式优化	4
3.1 采集周期概述.....	4
3.2 采集周期优化参数.....	5
3.3 采集周期优化权衡.....	5
3.4 采集周期优化实现.....	5
4 空闲模式优化	6
4.1 帧间周期概述.....	6
4.2 空闲模式技术.....	6
4.3 空闲模式实现.....	9
5 功耗测量方法和结果	10
5.1 功耗测量方法.....	10
5.2 空闲模式功耗测量值.....	11
6 参考文献	12

插图清单

图 2-1. AWR6843 方框图.....	2
图 2-2. AWR6843ISK EVM.....	3
图 2-3. MMWAVEICBOOST 承载卡平台.....	3
图 2-4. TI Resource Explorer 上的 68xx 低功耗演示用户指南.....	4
图 2-5. 雷达周期 - 采集和帧间周期.....	4
图 3-1. 采集周期.....	4
图 4-1. 电源域组件.....	6
图 4-2. 数字域组件.....	7
图 4-3. 模拟域组件.....	8

表格清单

表 3-1. 采集周期优化权衡.....	5
----------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TI 毫米波传感器能够在各种应用中实现高性能测量和目标检测，但有些设计要求功耗尽可能低。本应用手册将显示适用于关注功耗问题的毫米波传感器的各种节能技术。使用本指南可以实施各种优化以进行评估。此外，本指南还讨论了所涉及的利弊权衡。

本指南中讨论的节能技术只能通过软件实现。使用 AWR6843 评估模块 (EVM)、mmWave-SDK 和 Code Composer Studio IDE，您可以借助用于功耗测量的标准实验室设备再现本文显示的结果。

2 雷达系统概述

2.1 架构概述

AWR/IWR6843 传感器的高度集成性质允许采用各种功耗优化方案。例如，与需要更高角分辨率的多 Tx/Rx 应用相比，仅利用 1Tx/1Rx 的应用将在有效线性调频脉冲时间内表现出更少的功耗。因此，我们应该了解优化功耗所带来的各种性能折衷。然而，借助于集成优势，可以通过软件（甚至可在运行时进行配置）来实现优化。

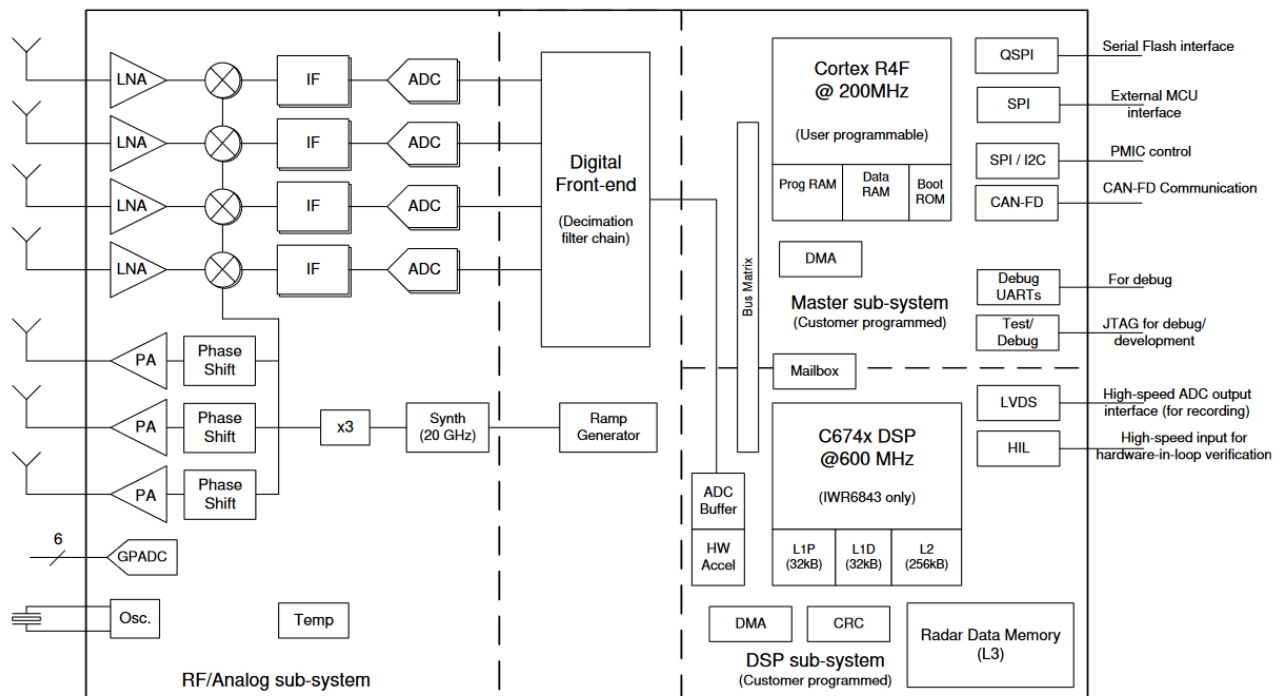


图 2-1. AWR6843 方框图

2.2 用于评估的设备

2.2.1 硬件

本文档中讨论的所有节电技术都可以使用 **AWR6843ISK EVM** 和 **MMWAVEICBOOST** 电路板执行（注：MMWAVEICBOOST 电路板不是评估所需的，但调试时需要，强烈建议使用）。此外，还通过 TI Resource Explorer 上提供的 **68xx 低功耗演示** 利用了 **mmWave-SDK 3.5**。

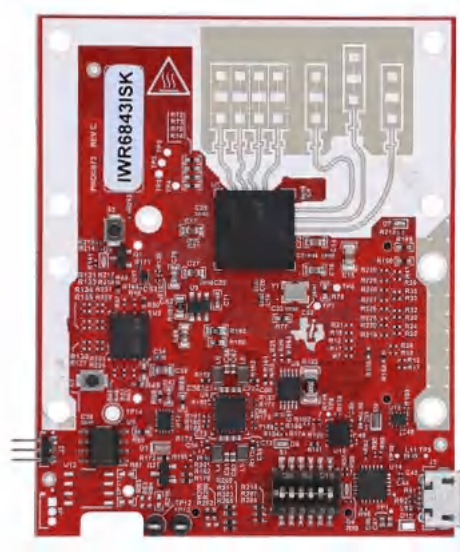


图 2-2. AWR6843ISK EVM

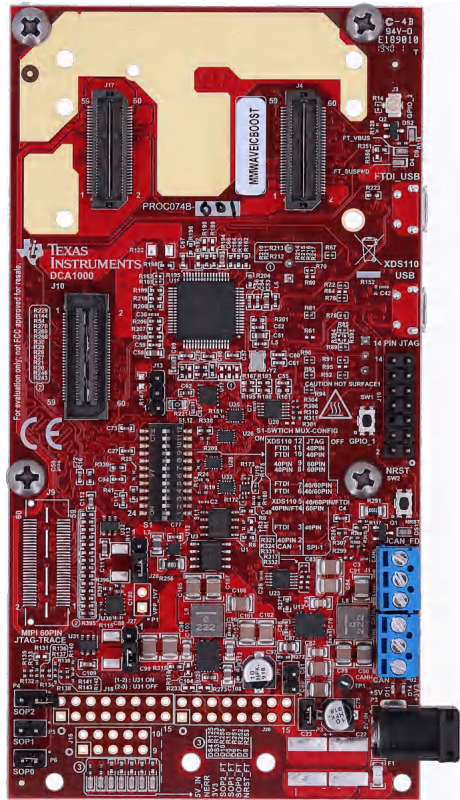


图 2-3. MMWAVEICBOOST 承载卡平台

2.2.2 软件

68xx 低功耗演示是毫米波 SDK 68xx 开箱即用演示 - HWA 版本的修改版本，添加了用于功耗优化的软件库和代码级别更改。在继续进行功耗测量之前，应首先使用用户指南中的步骤运行 68xx 低功耗演示。

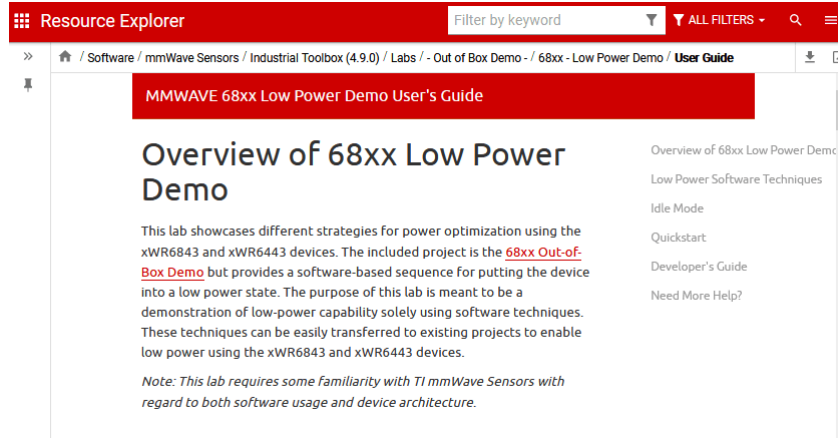


图 2-4. TI Resource Explorer 上的 68xx 低功耗演示用户指南

2.3 雷达测量周期

默认情况下，器件在上电时引导一次，根据用户提供的终端配置发出线性调频脉冲，并使所有子系统保持运行（即使这些子系统未使用）。在许多情况下，这种默认行为是可以接受的。然而，对于功耗敏感型应用，可以采取降低采集和帧间周期内的功耗

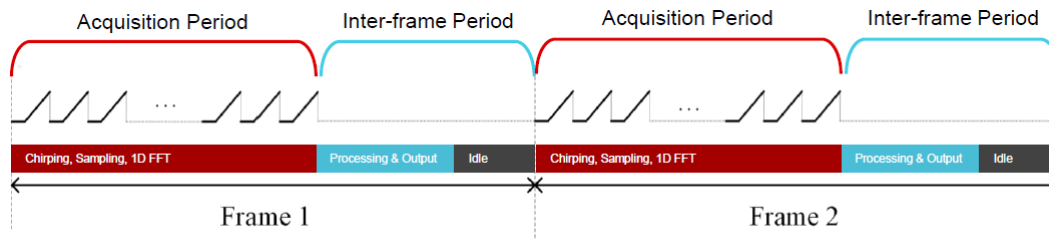


图 2-5. 雷达周期 - 采集和帧间周期

3 工作模式优化

3.1 采集周期概述

通过尽可能减小采集周期来实现工作模式优化（请参阅图 3-1）。

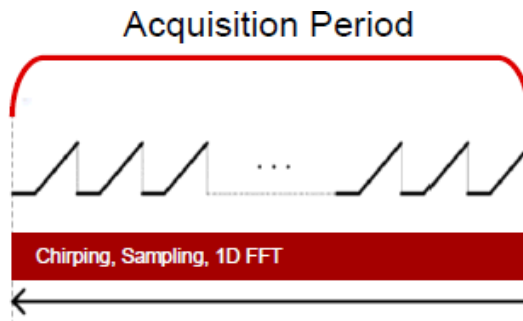


图 3-1. 采集周期

在采集周期内，会发生以下情况：

- 发出线性调频脉冲
- ADC 采样
- 距离 1D FFT 处理

3.2 采集周期优化参数

采集周期可简化为 [方程式 1](#)。

$$T_A = T_c \times N_c \times N_{Tx} \quad (1)$$

其中，

T_A ：表示总采集周期

T_c ：表示单个线性调频脉冲的持续时间

N_c ：表示每个 T_x 的总线性调频脉冲数

N_{Tx} ：表示 T_x 天线数

减少这些参数中的任何一个都会降低采集周期内的功耗，而减少一个以上的参数则会产生总体倍增效应。此外，降低工作模式下的功耗是降低平均功耗的最有效方法。

3.3 采集周期优化权衡

应在考虑 [表 3-1](#) 所述权衡的情况下进行降低。

表 3-1. 采集周期优化权衡

参数	参数类型	权衡
T_c	单一线性调频脉冲持续时间	降低距离分辨率（假设所有其他参数保持不变）。
N_c	线性调频脉冲数	降低速度分辨率
N_{Tx}	T_x 天线数	降低角分辨率

3.4 采集周期优化实现

以下参数可以在运行时通过线性调频脉冲配置文件进行配置，但是，并非所有线性调频脉冲配置都在演示级别受支持。有关线性调频脉冲设计的进一步指导，请参阅 [对 TI 雷达器件中的线性调频脉冲参数进行编程](#) 和 [毫米波传感估算器](#)。

3.4.1 单一线性调频脉冲持续时间

```
profileCfg 0 60 7 3 24 0 0 166 1 256 12500 0 0 158
```

线性调频脉冲持续时间对应于参数 `rampEndTime`，此参数在 `profileCfg` 参数集中配置为第 5 个参数。

3.4.2 线性调频脉冲数

```
frameCfg 0 1 32 0 100 1 0
```

线性调频脉冲数对应于参数 `环路数`，在 `frameCfg` 参数集中配置为第三个参数。

3.4.3 T_x 天线数

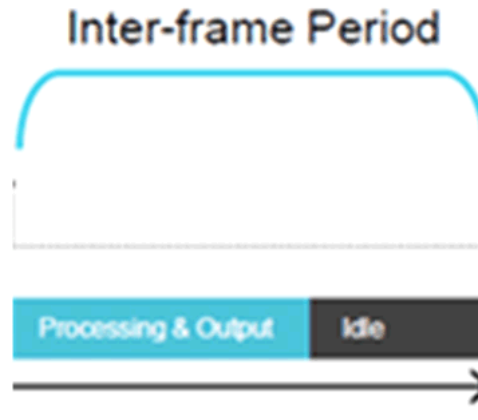
```
channelCfg 15 5 0
chirpCfg 0 0 0 0 0 0 0 1
chirpCfg 1 1 0 0 0 0 0 4
```

T_x 天线数首先由参数 `txChannelEn` 启用，这是 `channelCfg` 的第二个参数。该值配置为位掩码，因此值 5 对应于启用 $T_x 1$ 和 $T_x 3$ 。

此外，天线配置有参数 **Tx 天线启用掩码**，这是 **chirpCfg** 参数集的第 8 个参数。

4 空闲模式优化

4.1 帧间周期概述



在上述**帧间周期**期间，会发生以下情况：

- 继续 FFT 处理
- 其他处理
- 数据输出到主机或 PC
- 在剩余持续时间内保持空闲状态

这里描述的节能技术完全围绕**空闲状态**展开，在空闲状态下，会对不同的器件组件和外设断电以限制功耗。在这种状态下，传感器具有不同程度的功能，[节 4.2.4](#) 对此进行了讨论。

4.2 空闲模式技术

下面讨论的组件通过关断各种外设的电源，使器件处于类似空闲模式的状态，从而展示低功耗功能。在代码级别，通过关闭一系列不同的器件外设的电源来调用空闲模式。

4.2.1 电源域组件

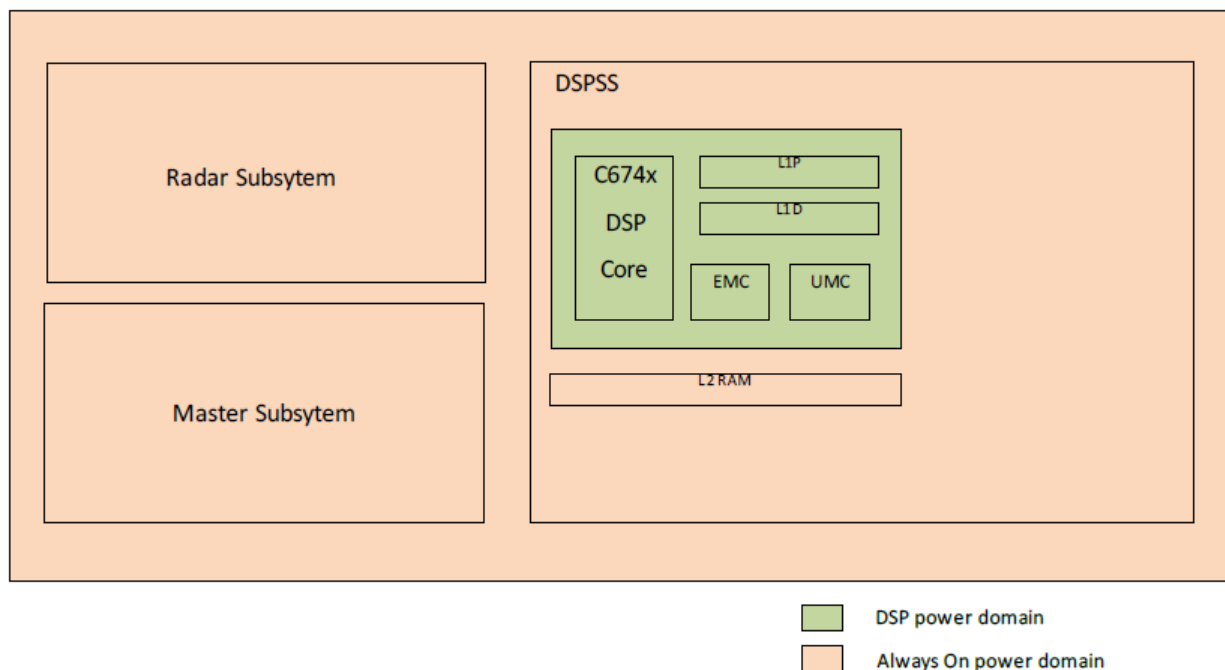


图 4-1. 电源域组件

4.2.1.1 DSP 电源域关断

条件：对于不需要 DSP 功能的系统（即 xWR6443）

操作：DSP 可以关断并进行时钟选通，以实现此模块的更低功耗。如果器件没有硬复位，则无法恢复到正常工作的 DSP。LVDS 和 CBUFF 功能（DSS 的一部分）也作为 DSS 断电功能的一部分进行时钟选通。

4.2.2 数字域组件

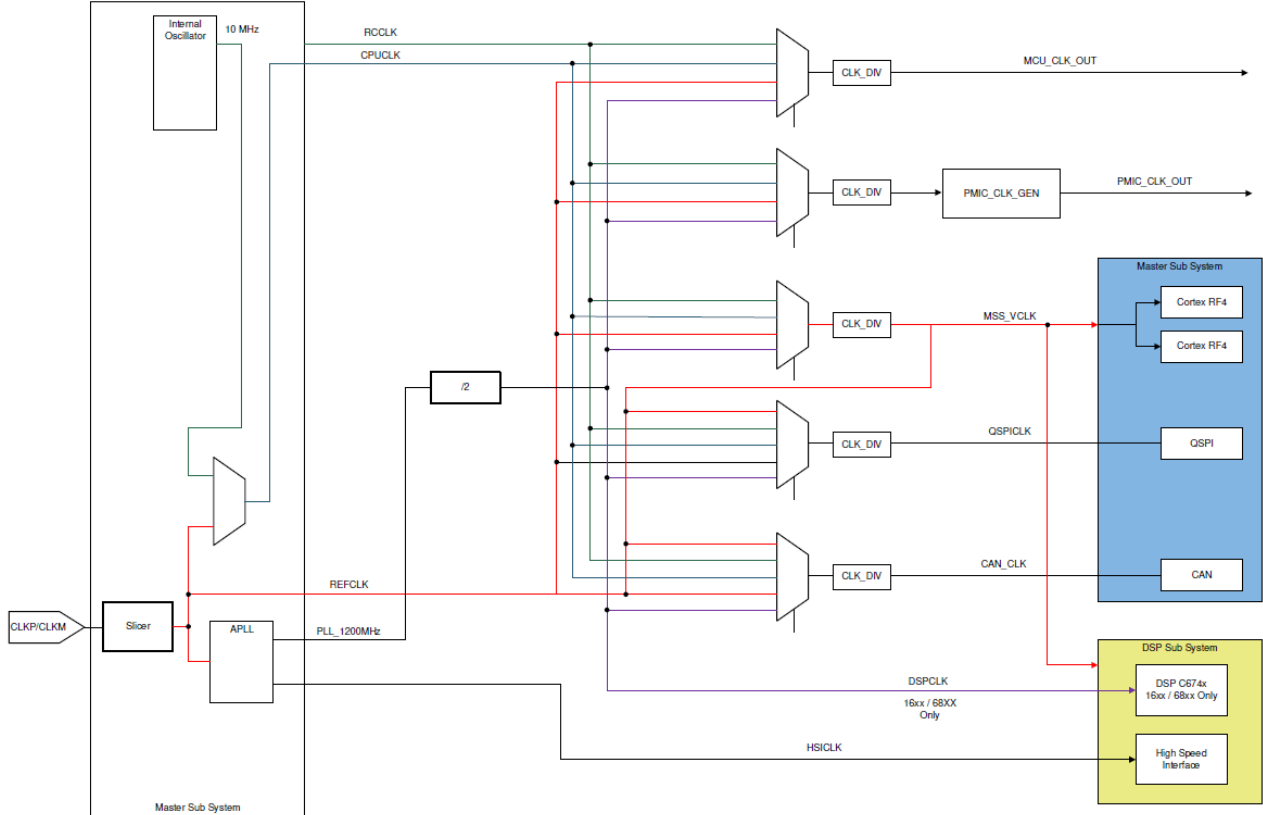


图 4-2. 数字域组件

4.2.2.1 DSS 时钟选通 (DSP 子系统)

条件：对于需要某种 DSP 功能的系统

操作：仅在保持向 DSP 域供电的情况下执行 DSS 时钟选通。此选项是一种“平稳”的替代方案，允许保留 L1 存储器，但节省的电量较少。注：

备注

与选项 1 集成的 LVDS 和 CBUFF 时钟选通尚未在选项 2 中实现。但是，如果需要进行实现，请将毫米波 SDK 函数 `SOC_gateClock/SOC_ungateClock` 与 `SOC_MODULE_CBUFF` 或 `SOC_MODULE_LVDS` 一起用作 ModuleId 的输入。

4.2.2.2 MSS VCLK 至 40MHz (主子系统)

条件：处于空闲时间时，在活动时间和处理已完成的帧中，或在帧之间。

操作：MCU VCLK 可以从 200MHz 降至 40MHz。需要检查依赖于 MCU 时钟且需要在此时间段内运行的其他外设的计时，以及任何依赖于操作系统的计时器。

4.2.2.3 BSS 时钟选通 (雷达子系统 - BIST)

条件：当不需要有源线性调频脉冲时。然而，每当对模拟前端进行修改或外设读取 (GPADC) 时，BSS 都需要处于有源 (或未被停止) 状态。

操作：BSS 可以通过一条 SDK API 命令停止 (时钟选通)，并以相同的方式置于未停止状态。BSS 执行将被相应地冻结和解冻，以维护上下文和执行位置。

4.2.3 模拟域组件

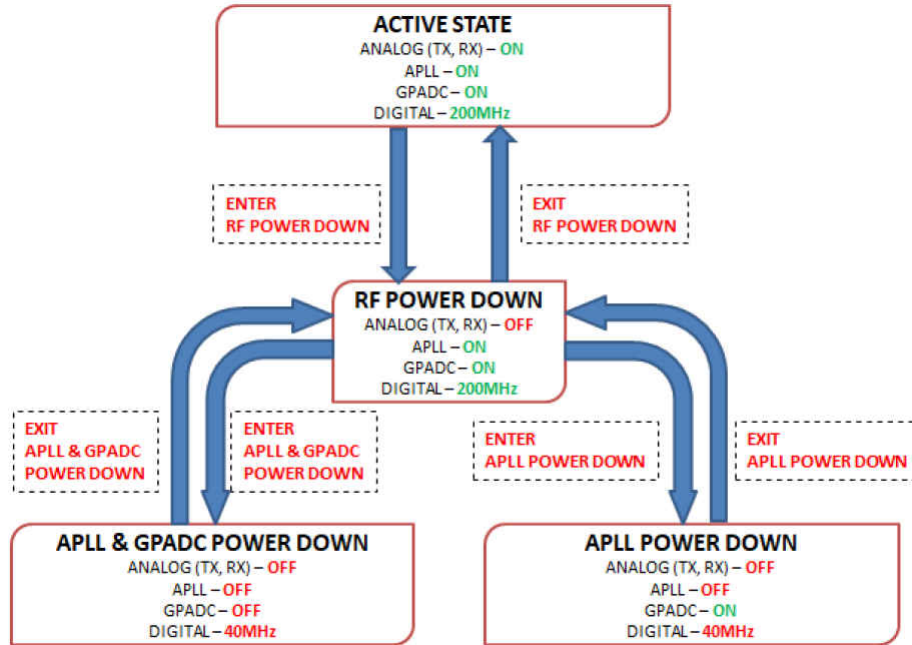


图 4-3. 模拟域组件

4.2.3.1 RF 断电 (雷达子系统 - 模拟前端)

条件：当不需要有源线性调频脉冲且 BSS 未被停止时。

操作：模拟组件初始化为 RFInit 前设置 (随后恢复为 RFInit 后设置)。

4.2.3.2 APLL 断电 (雷达子系统 - APLL)

条件：当不需要有源线性调频脉冲，BSS 未被停止，MSS 在 40Mhz 下处于 ROsc 模式时。

操作：相应地禁用/重新启用 APLL。需要确保在 PLL 关闭之前处理所需的所有系统时钟 (即 PMIC_CLKOUT)。所含的用于执行此功能的 DFP 功能包括启用或禁用 GPADC 功能的选项。

4.2.4 组件摘要

模拟域组件和数字域组件之间的功能差异主要归因于开关时间。数字时钟外设可以在几微秒的量级上选通和取消选通，并且可以在运行时方案中实施以供使用，而模拟外设需要在几毫秒的量级上实现完全的电源开关。这使得模拟域组件更适合于更长时间不需要器件运行的情况。

下面介绍了使用每个电源组件对器件功能的影响。

组件	域	软件库	功能
DSP 关断	数字	低功耗库	由于关断特定于 DSP 的电源域，因此没有 DSP 功能。需要完全复位器件才能启用 DSP 电源域。
DSS_CLK 选通	数字	低功耗库	时钟选通持续时间内没有 DSP 功能。可以通过将 DSP_CLK 取消选通至 600MHz 来恢复功能。

组件	域	软件库	功能
MSS_VCLK 选通	数字	低功耗库	无 Cortex CR4F 功能。可以通过将 MSS_VCLK 取消选通至 200MHz 来恢复功能。例外情况是 CAN_FD 和 QSPI 外设，它们在较低的时钟频率上运行。
BSS_CLK 选通	数字	SDK	没有任何类型的有源线性调频脉冲功能。可以通过将 BSS_CLK 取消选通至 200MHz 来恢复功能。
RF 断电	模拟	DFP	没有任何类型的有源线性调频脉冲功能。可以使用 DFP API 恢复功能。
APLL 断电	模拟	DFP	没有任何类型的有源线性调频脉冲功能。可以使用 DFP API 恢复功能。
APLL/GPADC 断电	模拟	DFP	没有任何类型的有源线性调频脉冲功能。可以使用 DFP API 恢复功能。

4.3 空闲模式实现

4.3.1 68xx 低功耗演示中的空闲功耗 CLI 配置

实施 CLI 命令 `idlePowerDown` 和 `idlePowerCycle`，以按照用户指定的方式调用空闲模式组件的任意组合。

- **idlePowerDown** - 将按照用户指定的方式调用每个指定空闲模式函数，并使器件不定期地处于空闲状态。需要完全复位器件才能恢复到正常工作状态。
- **idlePowerCycle** - 将按照用户指定的方式调用每个指定空闲模式函数，然后在用户指定的延迟后返回到正常工作状态。

这两个命令都使用以下参数结构：`<subframeidx> <enDSPpowerdown> <enDSSclkgate> <enMSSvclkgate> <enBSSclkgate> <enRFpowerdown> <enAPLLpowerdown> <enAPLLGPADCpowerdown> <componentMicroDelay> <idleModeMicroDelay>`，其中：

- `<subframeidx>`：始终设为 -1
- `<enDSPpowerdown>`：1 启用 DSP 电源域关闭，0 则禁用
- `<enDSSclkgate>`：1 启用 DSS 时钟选通，0 则禁用
- `<enMSSvclkgate>`：1 启用 MSS 时钟选通，0 则禁用
- `<enBSSclkgate>`：1 启用 BSS 时钟选通，0 则禁用（注：最后在代码级别执行，如上所述）
- `<enRFpowerdown>`：1 启用 RF 断电，0 则禁用
- `<enAPLLpowerdown>`：1 启用 APLL 断电，0 则禁用
- `<enAPLLGPADCpowerdown>`：1 启用 APLL/GPADC 断电，0 则禁用
- `<componentMicroDelay>`：指定每个连续功率函数之间的延迟持续时间（以微秒为单位）
- `<idleModeMicroDelay>`：指定在达到空闲模式后但在器件上电之前的延迟持续时间（以微秒为单位）（如果使用 `idlePowerCycle`）

4.3.2 调用空闲模式的示例

应使用 PC UART 终端（例如 PuTTY 或 Tera Term）在 CLI 上调用空闲模式。首先，应发送标准线性调频脉冲配置（例如 `profile_2d.cfg`），以从传感器启动线性调频脉冲。然后，要调用空闲模式，应发送 `idlePowerDown` 或 `idlePowerCycle` 命令。下面讨论了几个示例方案。

4.3.2.1 标称断电方案

`idlePowerCycle -1 1 0 1 1 1 0 0 0 1000000`

此方案首先执行以下断电功能，等待 1ms，然后按相反顺序执行上电：

- DSP 断电
- MSS VCLK 至 40MHz
- RF 断电
- BSS 时钟选通

此方案被视为标称方案，因为它利用了最有效的断电功能，同时保持器件处于可以快速恢复工作模式的状态。可以使用此方案的一个示例用例：器件应不定期地保持在空闲模式，但在收到 CAN 信号后恢复正常运行。

注：该方案使整个 DSP 电源域断电。对于在运行时需要 DSP 的用例，应改而利用 **DSS 时钟选通** 功能。

4.3.2.2 完全断电方案

idlePowerCycle -1 1 0 1 0 1 0 1 0 1000000

此方案首先执行以下断电功能，等待 1ms，然后按相反顺序执行上电：

- DSP 断电
- MSS VCLK 至 40MHz
- RF 断电
- APLL 断电

此方案旨在展示仍保持向器件供电的情况下尽可能低的功耗。可以使用此方案的一个示例用例是：器件应不定期地保持在空闲模式，但在收到 CAN 信号后恢复正常运行。

注意：该方案使整个 DSP 电源域断电。对于在运行时需要 DSP 的用例，应改而利用 **DSS 时钟选通** 功能。

4.3.2.3 快速断电方案 (仅限时钟选通)

idlePowerCycle -1 0 1 1 1 0 0 0 0 1

此方案首先执行以下断电功能，等待 1 μ s，然后按相反顺序执行上电：

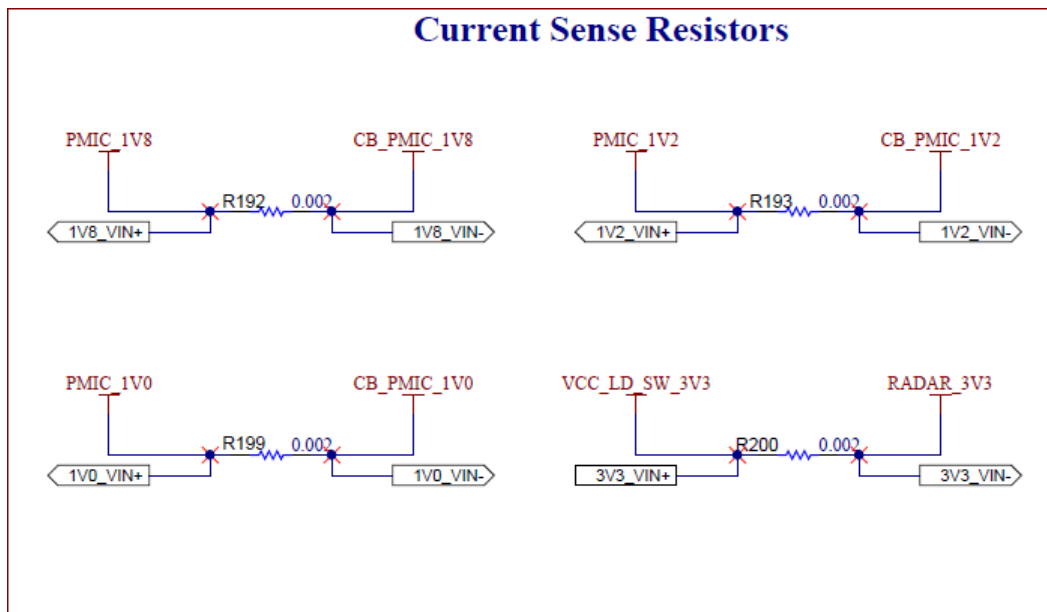
- DSS 时钟选通
- MSS VCLK 至 40MHz
- BSS 时钟选通

此方案旨在显示需要以很快速度开关的空闲状态。因此，不利用任何模拟域组件。可以使用此方案的一个示例用例是在使用快速帧时间的操作模式下的帧之间。

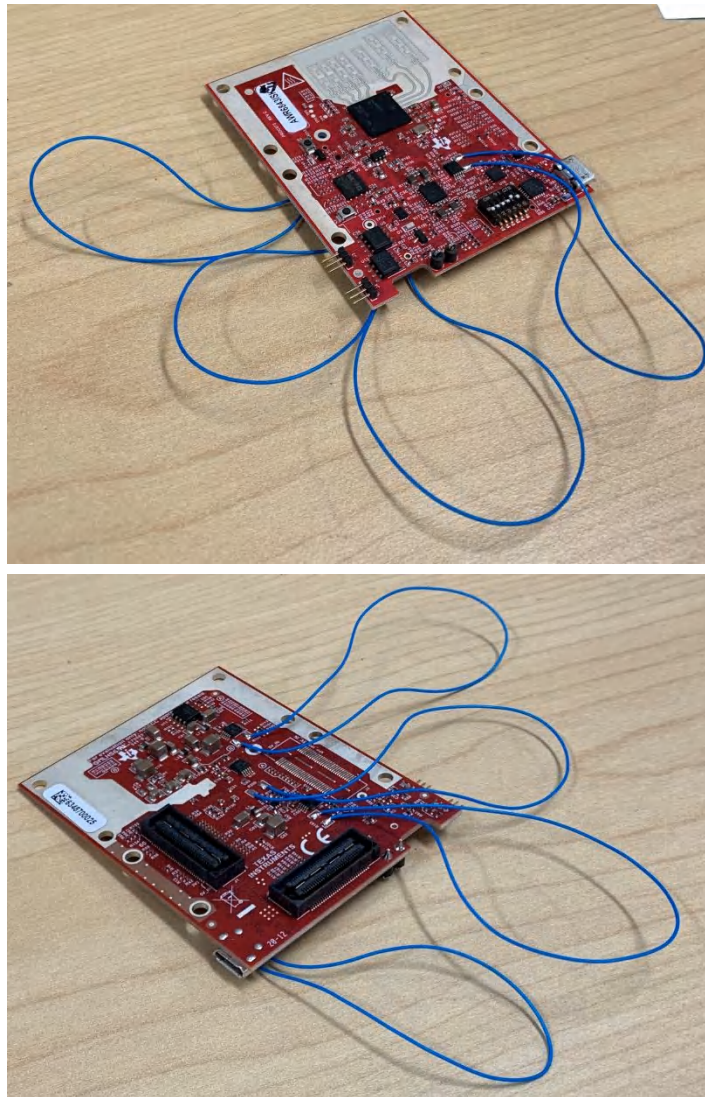
5 功耗测量方法和结果

5.1 功耗测量方法

AWR6843 EVM 板具有适用于以下 PMIC 电压轨 1.2V、1.8V、1.0V、3.3V 的电流检测电阻。这些电阻替换为导线回路，并使用电流探针进行探测。



有关更多信息，请参阅 AWR6843ISK [原理图](#)和[装配文件](#)的 [电流传感器电阻器](#) 部分的第 3 页。



通过导线回路可以逐个探测器件边界处的四个 PMIC 电压轨。使用这些测量值，可以轻松地确定器件消耗的功率。

5.2 空闲模式功耗测量值

下文显示了第 5 节所述每个方案的测量结果。使用线环法和标准电流探针，能够以极小的偏差重现这些测量值。以下测量是在器件发出线性调频脉冲达一定时间后停止的情况下，在室温下进行的。此外，在多个 AWR6843ISK 板版本和器件类型中，已验证这些测量值在 10% 以内。

5.2.1 标称断电方案测量值

节 5 中介绍的标称断电方案的功耗测量值如下所示。

标称方案功能	器件功耗 (mW)	功能节省的功率 (mW)	方案节省的总功率 (mW)
启动	895	0	0
DSP 断电	738	157.2	157.2
MSS_VCLK 至 40MHz	576	162	319.2
RF 断电	371.4	204.6	523.8
BSS 时钟选通	292.2	79.2	603

5.2.2 完全断电方案测量值

节 5 中介绍的完全断电方案的功耗测量值如下所示。

完全断电方案功能	器件功耗 (mW)	功能节省的功率 (mW)	方案节省的总功率 (mW)
启动	895	0	0
DSP 断电	738	157.2	157.2
MSS VCLK 40	576	162	319.2
RF 断电	372.6	203.4	522.6
APLL 和 GPADC 断电	217.8	154.8	677.4

5.2.3 快速断电方案测量值

节 5 中介绍的快速断电方案的功耗测量值如下所示。

快速断电方案功能	器件功耗 (mW)	功能节省的功率 (mW)	方案节省的总功率 (mW)
启动	895	0	0
DSS 时钟选通	750	145.2	145.2
MSS VCLK 40	588	162	307.2
BSS 时钟选通	510	78	385.2

6 参考文献

- [TI Resource Explorer 上的 68xx 低功耗演示](#)
- [对 TI 雷达器件中的线性调频脉冲参数进行编程](#)

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司