



摘要

本应用手册涵盖了符合毫米波雷达器件监管标准的要求，并详细讨论了无线电设备指令 (RED) (其是一种针对欧洲美国联邦通信委员会 (FCC) 所售设备的标准)。本文档还介绍了 TI 为这些测试提供的工具、各种常见问题以及对应的解决方案。

雷达产品组合包括 60GHz 和 77GHz 器件，不过本文档主要介绍了 60GHz 器件。文中信息同时适用于 60GHz 器件的 PCB 板载天线和 Antenna on Package (AOP) 变体。

备注

所有测试报告和证明文档都可以在 [TIREX](#) 页面上的认证包中找到。

内容

1 引言.....	3
2 典型的认证程序.....	4
3 监管合规概述.....	5
3.1 欧盟法规 - 无线电设备指令 (RED).....	5
3.1.1 有效利用射频频谱 (EN 305 550).....	5
3.1.2 射频暴露限制 - EN 62311.....	7
3.1.3 电气安全 - EN 62368.....	7
3.1.4 电磁兼容性 (EMC) - EN 301 489-1.....	7
3.2 联邦通信委员会 (FCC).....	8
3.2.1 终端设备和 FCC 条款.....	8
3.2.2 基频辐射水平.....	9
3.2.3 杂散辐射.....	9
3.2.4 频率稳定性.....	9
3.2.5 辐射暴露要求.....	9
3.2.6 FCC 豁免及其他相关信息.....	10
3.3 适用术语和公式.....	10
3.3.1 占空比因数.....	10
3.3.2 有效全向辐射功率 (EIRP).....	10
3.3.3 Friis 公式.....	10
3.3.4 远场边界.....	10
4 工具和设置.....	12
4.1 硬件设置.....	12
4.2 MMWAVESTUDIO.....	12
4.2.1 运行 LUA 脚本.....	12
4.3 mmWave Visualizer.....	13
4.4 IWR6843ISK-ODS 测试案例.....	13
5 常见问题和解决方案.....	15
5.1 峰值功率.....	15
5.2 占用带宽.....	15
5.3 杂散辐射.....	15
5.3.1 14.4Ghz 谐波.....	16
5.3.2 建议的解决方案.....	17
5.4 过冲.....	18

5.5 频率稳定性.....	19
5.5.1 生成 CW 信号.....	19
5.5.2 温度和电压范围内的频率稳定性.....	19
6 参考文献.....	21
7 修订历史记录.....	21

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

备注

本文档仅作为入门指南，用于认证包含 TI 毫米波雷达器件的设备。它并不是详尽参考，不应视为监管机构所制定标准的替代标准。有关认证需求和要求，请咨询相应的测试机构或监管机构。

有意或无意发射辐射的产品销往世界各地；这些产品均必须符合适用于其运营区域的监管合规标准：

- FCC - 美国
- CE/RED - 欧洲
- TELEC/MIC - 日本
- ISED - 加拿大
- KCC/MSIP - 韩国
- SRRC/CCC - 中国

所有测试报告和证明文档都可以在 [TIREX](#) 页面上的认证包中找到。

	57GHz	85GHz
USA FCC	57-71GHz - Short range devices for "Interactive motion Sensing" (e.g. Google Soli), Fixed installations at low power 61- 61.5GHz - Fixed installations at high power See FCC section for more details	75- 85GHz -Level probing radar (downward facing,narrow beam) 76 - 81GHz -Vehicular Radar, Airplane-Installed wing tip radar 76- 77GHz - FOD at airports, Fixed Infrastructure
Europe CE / RE D	57- 64GHz – Open, restrictions on output power Level Probing Radar, Tank level probing radar 61- 65GHz - Open, Reduced restrictions on output power See RED section for more details	75- 85GHz - Level Probing Radar, Tank Level Probing Radar 76-77GHz - Vehicular Radar, Fixed Traffic Monitoring, Rail road crossings, Manned Rotorcraft 77- 81GHz - Vehicular Radar
China SRRC / CCC	59- 64GHz - Open for radiolocation * 61- 61.5GHz - Open according to ISM rules	76-77GHz - Vehicular Radar
Korea KCC / MSIP	57-66GHz - Open, but low output power (Rule Code : K176C) 61-61.5GHz - No Regulations so far, possibly open according to ISM rules	75-85GHz - Armature Satellite, Space Research, Radio astronomy, Astronomy Research, Geostationary Orbit Satellite 76-77GHz - ADAS Automotive Radar (Rule Code:K37G)
Japan MIC / TELEC	60 -61GHz - Low power equipment millimeter wave radar 57 - 66GHz - Millimeter wave image transmission and millimeter-wave data transmission	76 - 77GHz - Open 77-81GHz - Open, Possibly for Vehicular Radar

* Certification on this band is on hold at the time of writing.

图 1-1. 区域、应用和工作频率

这些监管机构的作用是确保各种器件可以协同工作，受测设备 (EUT) 可以处理来自其他设备的干扰而不会造成不可恢复的功能丧失，带内和带外功率在规定的限制范围内，杂散辐射处于可接受的水平，并且 RF 暴露处于安全水平等等。

本文档简要介绍了 TI 公司为在 TI 毫米波短程雷达上设置和运行测试所做的一些测试和提供的工具。本文还详细讨论了 RED 和 FCC 合规性测试；然而，类似的工具和信息适用于其他监管测试。

2 典型的认证程序

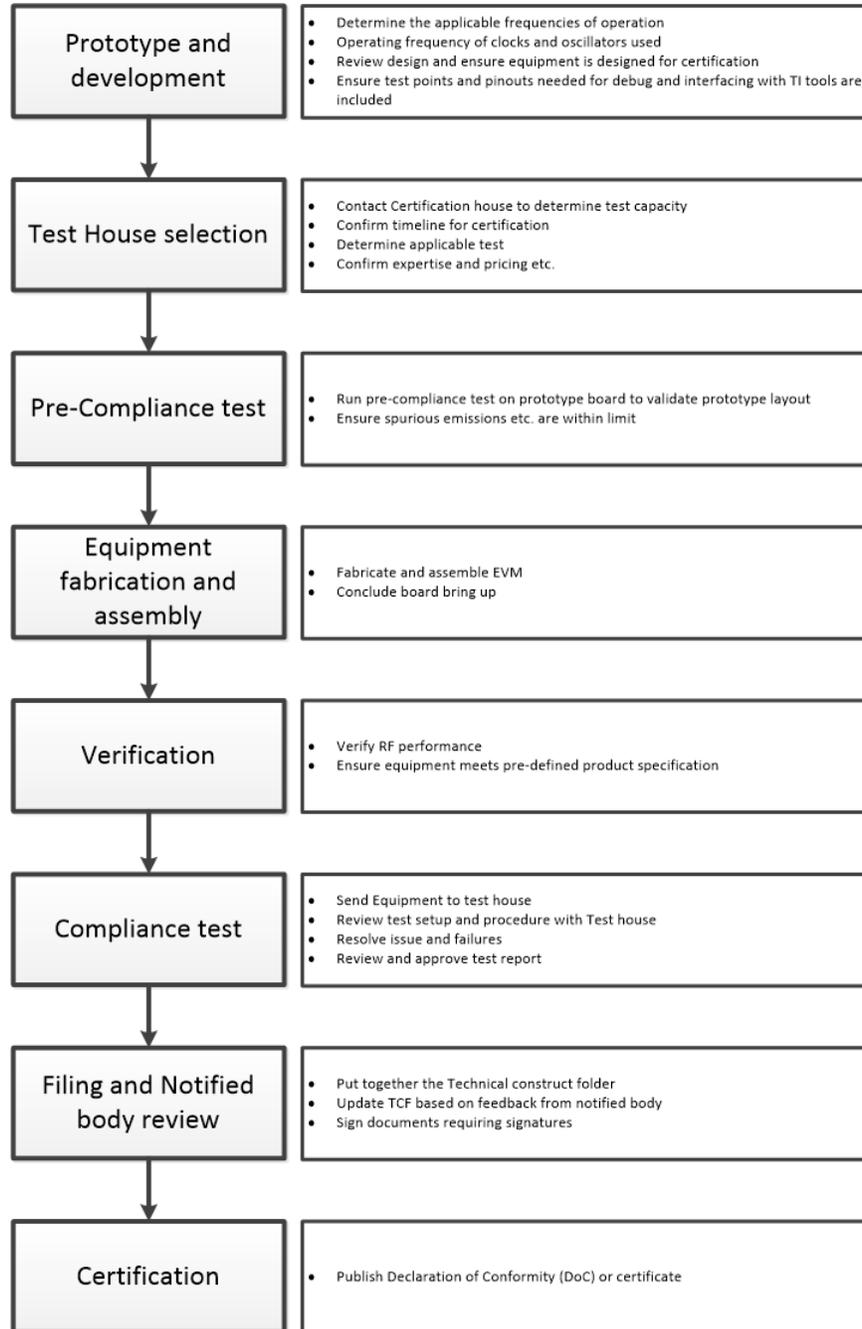


图 2-1. 构建和认证设备的典型流程。

如图 2-1 所示，从原型设计和开发阶段开始就必须考虑到认证要求，避免在产品生命周期的后续阶段发现并避免可预防的问题。

3 监管合规概述

3.1 欧盟法规 - 无线电设备指令 (RED)

2014 年 4 月 16 日欧洲议会和理事会关于协调成员国在市场上提供无线电设备相关的 2014/53/EU 指令以及废止的 1999/5/EC 指令第 3 条“基本要求”可在[此处](#)找到。

根据欧盟所售的无线电和电气设备的基本要求，以下协调标准适用于 60GHz 雷达设备

- EN 62311。安全、射频暴露 - 评估与电磁场人体暴露限制相关的电子电气设备 (0Hz - 300GHz)。此标准涵盖了 2014/53/EU 指令第 3.1(a) 条的基本要求
- EN 62368-1。音频/视频、信息和通信技术设备 - 第 1 部分：安全要求、电气安全；这也涵盖了 2014/53/EU 指令第 3.1(a) 条的基本要求
- EN 301 489-3。无线电设备和服务的电磁兼容 (EMC) 标准；第 1 部分：常见技术要求。此协调标准涵盖了 2014/53/EU 指令第 3.1(b) 条的基本要求，以及 2014/30/EU 指令第 6 条的基本要求。
- EN 305 550。在 40GHz 至 246GHz 频率范围内使用的短程设备 (SRD) 无线电设备；接入射频频谱的协调标准。此标准涵盖了 2014/53/EU 指令第 3.2 条的基本要求。

3.1.1 有效利用射频频谱 (EN 305 550)

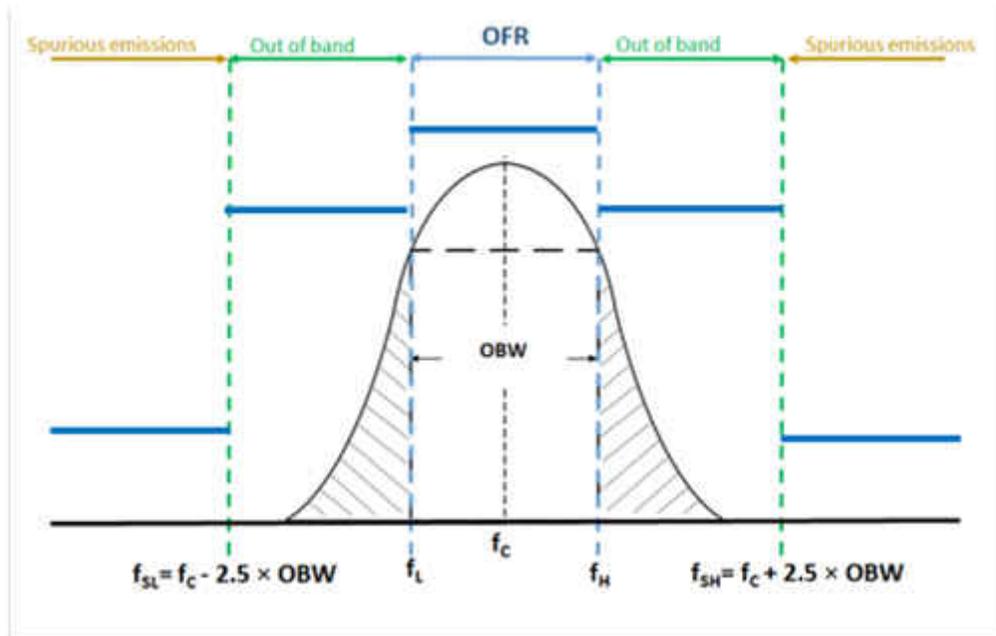


图 3-1. OFR、带外和杂散辐射频率限制

以下限制和测试适用：

- 占空比：使用功率计时，占空比将计入平均功率测量；请参阅关于占空比[节 3.3.1](#) 的章节。
- 允许的工作频率范围：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.3.1 章节 (EN 305 550-1 V1.2.1 的第 7.3 章节)。这是允许器件运行的授权频率范围。
- 工作频率范围 (OFR)：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.3.2 章节。这是器件的目标工作频率范围。IWR6843 毫米波器件的频段为 57GHz 至 64GHz，其也可以在 61.0GHz 至 61.5GHz 带宽内工作。占用带宽 (OBW) 是指在工作频率范围内占用总功率 99% 的带宽。

表 3-1. 工作频率范围

带宽 (GHz)	FL (GHz)	FH (GHz)
57-64	> 57	< 64
61.0 - 61.5	> 61	< 61.5
122-123	> 122	< 123

表 3-1. 工作频率范围 (continued)

带宽 (GHz)	FL (GHz)	FH (GHz)
244-246	> 244	< 246

- 平均功率：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.3.3 章节 (EN 305 550-1 V1.2.1 的第 7.2 章节)。平均功率是辐射功率或平均等效全向辐射功率 (EIRP) 的度量；它是指在传输周期内最高的传输功率水平。57GHz 至 64GHz 范围内的限制为 100mW EIRP (20dBm EIRP)，同样的限制也适用于 61.0GHz 至 61.5GHz 范围。使用信号分析仪进行测量时，使用的信道功率函数如下：

$$20dBm \text{ EIRP} = 115.23 \text{ dBuV/m @ } 3m \quad (1)$$

- 平均功率频谱密度：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.3.4 章节 (EN 305 550-1 V1.2.1 的第 7.1 章节)。其定义为最大天线增益方向上发送带宽上发射功率频谱密度。57GHz 至 64GHz 范围内的限制为 13dBm/MHz EIRP。61.0GHz 至 61.5GHz 范围没有限制。
- 带外 (OOB) 辐射：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.3.5 章节 (EN 305 550-1 V1.2.1 的第 7.4 章节)。OOB 带宽计算如 [方程式 2](#) 所示。

$$F_{sl} = f_c - 2.5 \times OBW \quad (2)$$

$$F_{sh} = f_c + 2.5 \times OBW \quad (3)$$

[表 3-2](#) 展示了毫米波器件在整个 4GHz 带宽和 500MHz 带宽下的带外和杂散辐射的限制和带宽。

占用带宽 (OBW) 为包含 99% 总平均功率的意向信号平均功率所对应的带宽，低于或高于此限制的功率 (带外辐射) 应等于平均功率的 0.5%。这相当于信号的 -23dBc 带宽。

表 3-2. 带外和杂散辐射带宽

OBW/OFR	允许的工作频率范围	fsl	fl	fc	fn	fsh	OOB 限制
4GHz	57 GHz 到 64 GHz	52	60	62	64	72	-20dBm/MHz
500MHz (如果在 61GHz 至 61.5GHz 的范围外工作，则适用类似于 4GHz 的限制)	61.0GHz 到 61.5GHz	60	61	61.25	61.5	62.5	-10dBm/MHz

- 辐射杂散发射：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.3.6 章节 (EN 305 550-1 V1.2.1 的第 7.5 章节)。杂散辐射频率范围包括 OOB 限制以外的频率。杂散辐射的测量值高达基频的二次谐波；IWR6843 工作频率为 60GHz 至 64GHz，二次谐波为 128GHz。
- 接收器杂散：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.4.2 章节 (EN 305 550-1 V1.2.1 的第 8 章节)。根据第 4.4.2.1 条，仅当器件以只接收模式工作时，才适用接收器杂散。该测试不适用于毫米波器件，因为该器件采用同时发送/接收模式工作。
- 接收器干扰信号处理：请参阅 EN 305 550 V2.1.0 的第 4.4.3 章节。此指标衡量该器件与在带内、带外 (OOB) 和远程宽带频率限制内传输的其他无线电应用共存的能力。在带内频率条件下，干扰源就以 10dBm 等效 EIRP 传输，而在带外和远程宽带频率调节下，应以 20dBm 等效 EIRP 传输。

$$\text{In band frequency} = \text{center frequency} (fc) \quad (4)$$

$$OOB = Fc \pm OBW \quad (5)$$

$$\text{Remote band} = Fc \pm 10 \times OBW \quad (6)$$

3.1.2 射频暴露限制 - EN 62311

设定此限制是为了防止由于射频暴露而对人体组织或体表造成有害作用。

表 3-3. 频率范围

频率范围	等效平面波功率密度 (W/m ²)
2 - 300 GHz	10

$$\text{Power density} = \frac{\text{MeanPower(WEIRP)}}{4\pi R^2} \quad (7)$$

其中

- R - 最短间隔距离

3.1.3 电气安全 - EN 62368

此安全标准涵盖了各种设备的安全，包括音频/视频设备、信息通信技术设备以及额定电压低于 600V 的商务和办公设备。该安全标准和保障措施旨在防止和减少因使用设备而造成的疼痛、伤害、火灾以及火灾导致的财产损失。有关更多详情，请单击[此处](#)。

3.1.4 电磁兼容性 (EMC) - EN 301 489-1

以下标准适用于依据 EMC 辐射和抗扰度标准执行的测试。

表 3-4. EMC 辐射和抗扰度性能标准

标准	测试期间	测试后
A	如期运行。无功能丧失。无意外响应	如期运行。无功能丧失。无性能下降。储存数据或用户可编程功能不会丢失。
B	可能出现功能丧失。无意外响应	如期运行。丧失的功能可自行恢复。无性能下降。储存数据或用户可编程功能不会丢失。

EN 301 489-1 中的以下条款适用于 TI IWR6843/MMWAVEICBOOST 评估模块组合，因为该设备需要直流电源，且不是电信设备，因此一些测试并不适用。用户必须确定哪种测试适用于其终端设备。

表 3-5. EN 301 489-1 中的第 8 条 - 测量方法和 EMC 发射结果限值

环境现象	结论	
独立测量的辅助设备的外壳 - 第 8.2 条	辅助设备在 EN 55032 中规定的 B 类限制	通过
辅助设备在测量距离 3m 处的辐射干扰在 1GHz 以上		通过
仅用于电信中心的辅助设备在 EN 55032 中规定的 A 类限制		不可用
仅用于电信中心的辅助设备在测量距离 3m 处的辐射干扰在 1GHz 以上		不可用
直流电源输入/输出端口 - 第 8.3 条	根据 EN 55032 的 B 类限制	通过
仅用于电信中心的设备		不可用
交流电源输入/输出端口 - 第 8.4 条	EN 55032 中规定的 B 类限制	不可用
仅用于电信中心的设备在 EN 55032 中规定的 A 类限制		不可用
谐波电流发射 (交流输入端口) - 第 8.5 条	EN 61000-3-2/A1 中关于谐波电流辐射的相应要求适用于每相输入电流高达 16A 及以下的设备。对于每相输入电流大于 16A 的设备，则适用 EN 61000-3-12。	不可用
电压波动与闪变 (交流电源输入端口) - 第 8.6 条	EN 61000-3-3 中关于电压波动与闪变的相应要求适用于每相输入电流高达 16A 及以下的设备。对于每相输入电流大于 16A 的设备，则适用 EN 61000-3-11 [13]。	不可用

表 3-5. EN 301 489-1 中的第 8 条 - 测量方法和 EMC 发射结果限值 (continued)

环境现象		结论
电信端口 - 第 8.7 条	EN 55032 中规定的 B 类限制	不可用
仅用于电信中心的设备在 EN 55032 中规定的 A 类限制		不可用

表 3-6. EN 301 489-1 中的第 9 条 - 测试方法与抗扰度测试结果等级

环境现象	测试端口	基本标准	结论
射频电磁场 (80MHz 至 1000MHz 和 1000MHz 至 6000MHz) - 第 9.2 条	外壳	EN 61000-4-3	通过
静电放电 - 第 9.3 条	外壳	EN 61000-4-2	通过
共模快速瞬态 - 9.4 条	交流电源端口	EN 61000-4-4	不可用
信号端口、电信端口、控制端口		不可用	
直流电源端口		通过	
共模射频 (0.15MHz 至 80MHz) - 第 9.5 条	交流电源端口	EN 61000-4-6	不可用
信号端口、电信端口、控制端口		不可用	
直流电源端口		通过	
瞬态和浪涌 - 第 9.6 条	移动无线设备和辅助设备 (也用于车辆上的移动用途) 的 12V 和 24V 直流电源电压输入端口。	ISO 7637-2	不可用
电压骤降和中断 - 第 9.7 条	交流电源端口	EN 61000-4-11	不可用
线间浪涌和线地浪涌 - 9.8 条	交流电源端口	EN 61000-4-5	不可用
电信端口		不可用	

3.2 联邦通信委员会 (FCC)

毫米波雷达产品组合中的毫米波器件能够在 60GHz 至 64GHz 频段或 76GHz 至 81GHz 频段内发送和接收 FMCW 信号。根据设备操作，此类设备被视为有意辐射器。对于大多数工业用例，FCC 15.255 涵盖了 57GHz 至 71GHz 范围内的操作。76GHz 至 81GHz 适用于 FCC 第 95 部分涵盖的汽车用例，如 FCC 95.3331 中所述，此频段内允许的用例包括车载雷达、机场空运操作区域中的固定或移动雷达，但不包括飞机上安装的雷达和 FOD 检测雷达。

电平感应客户还需要使用 76GHz 至 81GHz 频段设备，然而，对于电平感应，可在 FCC 15.256 中找到适用的 FCC 标准。

以下部分将讨论适用于固定场扰动传感器或短程交互式运动传感用例的标准摘要。

3.2.1 终端设备和 FCC 条款

表 3-7 展示了根据标准解释的关键终端设备类别、允许的频段及相应的 FCC 条款。

下表显示了本文撰写时的理解，可能并不是最新的。建议通过 FCC 确认您的用例的具体细节

表 3-7. 终端设备

终端设备	频段	FCC 条款
用于区域占用的区域扫描仪	60GHz	FCC 15.255 - 固定场扰动传感器
自动门	60GHz	FCC 15.255 - 固定场扰动传感器
手势识别	60GHz	FCC 15.255 - 用于交互式运动传感的短程设备
高精度电平感测	77GHz	FCC 15.256 - 电平探测雷达
远程人员检测	60Ghz	FCC 15.255 - 固定场扰动传感器
人数统计	60Ghz	FCC 15.255 - 固定场扰动传感器

表 3-7. 终端设备 (continued)

机器人	77GHz	FCC 第 95 部分 (如果机器人用于移动人员或物品)
交通监控	60GHz	FCC 15.255 - 固定场扰动传感器
生命体征	60GHz	FCC 15.255 - 固定场扰动传感器
汽车车内感应	60GHz	FCC 15.255 - 固定场扰动传感器 (车辆停住时)
汽车感应	77GHz	FCC 第 95 部分

3.2.2 基频辐射水平

15.255.C2 和 15.255.C3 涵盖了大多数 60GHz 至 64GHz 毫米波雷达器件的基频辐射限制

频段 (Ghz)	平均辐射 TX 功率	峰值辐射 TX 功率	峰值导通 TX 功率
61-61.5	40dBm	43dBm	未指定限制
57-71	未指定限制	10dBm	-10dBm

- 对于在 61.0Ghz 至 61.5Ghz 频段内工作的固定场扰动传感器，超出此带宽但在 57GHz 至 71GHz 范围内的辐射平均功率不得超过 10dBm，峰值功率不得超过 13dBm。
- 超出 61.0Ghz 至 61.5Ghz 频段的意向用例必须满足 57Ghz 至 71Ghz 频段的相关限制，而不是满足 61.0Ghz 至 61.5Ghz 带外用例的额外限制。

3.2.3 杂散辐射

FCC 15.255D 涵盖了杂散辐射。在 40Ghz 以下下，杂散辐射应满足下表中的限制；有关更多详情，请参阅 FCC 15.209。

频率 (MHz)	场强度 (mV/m)	测量距离 (m)
0.009-0.490	2400/F(kHz)	300
0.490-1.705	24000/F(kHz)	30
1.705-30.0	30	30
30-88	100**	3
88-216	150**	3
216-960	200**	3
960 以上	500	3

在 40GHz 至 200GHz 之间，杂散辐射在 3 米距离处不应超过 90 pW/cm²。一般来说，杂散辐射不应超过基频辐射水平。

3.2.4 频率稳定性

频率稳定性限制根据 15.255F 进行设定。温度和输入电压变化时，基波辐射必须保持在允许的频段内

允许的频带	温度范围	输入电压变化
61-61.5Ghz	-20°C 至 + 50°C	85% 至 115%
57 -71Ghz	-20°C 至 + 50°C	85% 至 115%

3.2.5 辐射暴露要求

FCC 标准中有许多适用于辐射暴露的章节，并且根据具体用例，必须符合所有相关要求。

- 1.1307(b) - 可能对环境产生重要影响的行为，必须为其准备环境评估 (EA)。

2. [1.1310](#) - 射频辐射暴露限制。
3. [2.1091](#) - 射频辐射暴露评估：移动设备。
4. [2.1093](#) - 射频辐射暴露评估：便携式设备。

3.2.6 FCC 豁免及其他相关信息

FCC 对在特定用例和条件下的某些应用授予了豁免，这些豁免允许在 FCC 标准的当前解释之外使用。可以在[此](#)处找到第 15 部分的豁免请求示例，该请求已通过短程交互式运动传感器的批准。

如果客户有意申请豁免，则需要对产品设计的早期阶段开始申请流程，因为豁免流程的申请周期并不确定

3.3 适用术语和公式

3.3.1 占空比因数

占空比因数计算为整个突发脉冲的占空比乘以每个突发脉冲内的占空比。

$$Duty\ Cycle\ Factor\ (dB) = 10\log\left(\frac{1}{X}\right) \quad (8)$$

其中 X = 占空比

表 3-8. 使用突发脉冲内和突发脉冲间的占空比计算得出的占空比校正

BW 模式	导通时间	周期	占空比	导通时间	周期	占空比	占空比线性	占空比	占空比校正
	突发脉冲间			突发脉冲内			总计		
1300	4.29	16.06	0.267	29.66	33.33	0.890	0.24	23.76	6.24

3.3.2 有效全向辐射功率 (EIRP)

EIRP 定义为发射功率和天线增益之和，当已知这两个参数时，EIRP 可以计算如[方程式 9](#) 所示。它表示非全向天线在峰角处的最大辐射功率。

$$EIRP = P_t - L_c + G_a \quad (9)$$

其中

- P_t 为 TX 功率
- L_c 为电缆或布线损耗
- G_a 为天线增益

3.3.3 Friis 公式

在测试设置中，使用功率计测量接收功率 (P_r)，已知接收天线的增益 (G_r)，测量工作频率以及接收天线到 EUT 的距离。使用 Friis 公式计算 EUT TX 链的未知发射功率，如[方程式 10](#) 所示。

$$EIRP(Friis) = P_T \times G_T = \frac{P_R}{G_R} \times \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2 \quad (10)$$

其中

- P_r 为测得的功率
- G_r 为接收测量天线的增益
- D 为测量距离
- λ 是波长

3.3.4 远场边界

远场边界如[方程式 11](#) 中所示。顾名思义，它是指远离天线的区域。由于电磁场的特征 (例如天线图) 在 EUT 的远场中不会发生变化，因此基波信号的测量超出了这一边界。

$$R(far - field) = \left(\frac{2 \times L^2}{\lambda}\right) \quad (11)$$

其中

- L 是最大天线尺寸，单位为米
- λ 是波长，单位为米

4 工具和设置

TI **MMWAVESTUDIO** 专为评估和表征 TI 毫米波传感器而设计的。**MMWAVEVISUALIZER** 支持毫米波软件开发套件 (SDK) 开箱即用演示的数据输出的实时点云图。这两个工具均允许配置测试所需的啁啾参数。

4.1 硬件设置

对于 EUT 的认证、测试和表征，TI 建议新增一个选项来包含供与 **MMWAVEICBOOST** 兼容的 60 引脚 **SAMTEC** 连接器。**MMWAVEICBOOST** 承载卡可通过 **USB** 连接进行调试和仿真，还可直接连接到毫米波工具，例如 **MMWAVESTUDIO** 和 **mmWave Visualizer**。通过将 **MMWAVEICBOOST** 与 **DCA1000EVM** 实时数据采集适配器配对，可以采集原始模数转换器 (ADC) 数据。要配置 **MMWAVEICBOOST**，请参考[用户指南](#)。

对于无法包含 60 引脚连接器的客户，[图 4-1](#) 展示了与 **mmWave studio** 和 **mmWaveVisualizer** 连接来进行测试和认证所需的基本外设。

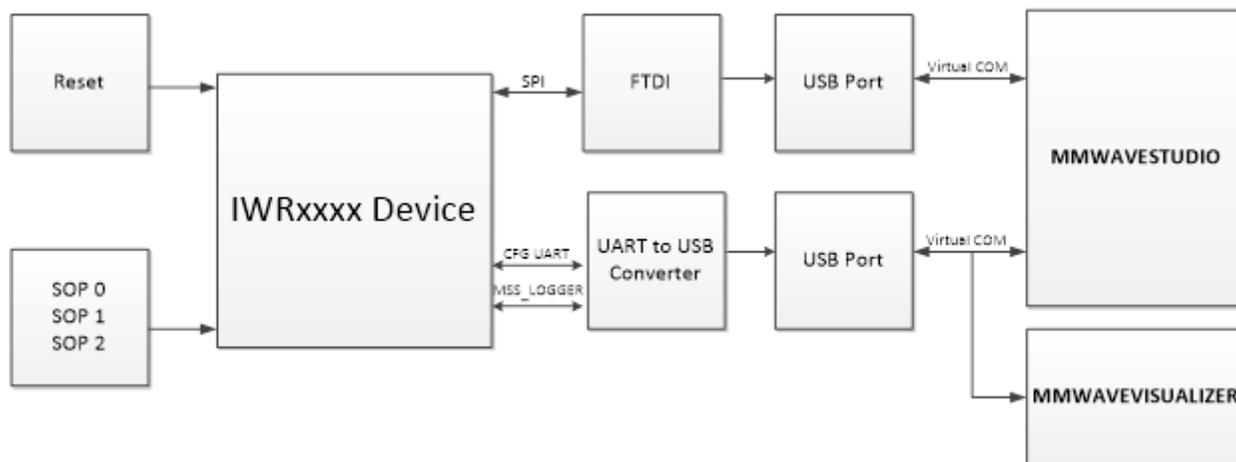


图 4-1. 与 TI 工具连接

4.2 MMWAVESTUDIO

mmWave Studio 提供了一个易于使用的平台来设置和配置认证所需的啁啾。利用 **LUA** 脚本可以实现一定程度的自动化。有关使用 **mmWave Studio** 的更多信息，请参阅[用户指南](#)。

4.2.1 运行 LUA 脚本

要运行脚本，请单击“**browse**”，导航到包含 **LUA** 脚本的目录，选择该脚本，然后点击“**Run**”。用于对 **IWR6843 EVM** 进行认证的 **LUA** 脚本示例包含在认证包中。

需要下载并安装 **TIREX** 包，才能访问 **LUA** 脚本

- 配置文件配置 API ，定义啁啾配置文件参数 - ar1.ProfileConfig(UInt16 profileId, Single startFreqConst, Single idleTimeConst, Single adcStartTimeConst, Single rampEndTime, UInt32 tx0OutPowerBackoffCode, UInt32 tx1OutPowerBackoffCode, UInt32 tx2OutPowerBackoffCode, Single tx0PhaseShifter, Single tx1PhaseShifter, Single tx2PhaseShifter, Single freqSlopeConst, Single txStartTime, UInt16 numAdcSamples, UInt16 digOutSampleRate, UInt32 hpfCornerFreq1, UInt32 hpfCornerFreq2, Char rxGain)
- 啁啾配置 API ，定义帧内每个啁啾要使用哪个配置文件- ar1.ChirpConfig(UInt16 chirpStartIdx, UInt16 chirpEndIdx, UInt16 profileId, Single startFreqVar, Single freqSlopeVar, Single idleTimeVar, Single adcStartTimeVar, UInt16 tx0Enable, UInt16 tx1Enable, UInt16 tx2Enable)
- 帧配置 API ，定义包含啁啾发送顺序的帧构成- ar1.FrameConfig(UInt16 chirpStartIdx, UInt16 chirpEndIdx, UInt16 frameCount, UInt16 loopCount, Single periodicity, Single triggerDelay, UInt16 TriggerSelect)

1300MHz 测试案例重点：

- 如表 3-8 所示，突发脉冲中的导通时间约为 rampEndTime ，而周期为 rampEndTime 和 idleTimeConst 之和。在突发脉冲之间，周期为帧配置中所示的周期性
- 使用方程式 11 计算远场边界。当最大天线尺寸为 13mm 时，远场值如表 4-2 所示。所有射频测试均在远场区域完成。

表 4-2. 远场边界

中心频率	L (m)	Lambda (m)	远场 (m)
60.85	0.0130	0.0049	0.0690

- 有关测试结果、标准以及测量的更多详情，请参阅 节 3.1 ，并可在 TIREX 上的认证包中找到。

5 常见问题和解决方案

5.1 峰值功率

问题说明：峰值功率超出规定限制。

解决方案：实现 TX 功率回退

ar1.ProfileConfig (0, 60.25, 7, 5.0, 69.5, TXBO, TXBO, TXBO, 0, 0, 0, 53.265, 1, 256, 4000, 0, 131072, 30)

功率回退，TXBO = 3、6、9、12 ... (有关受支持的值，请参阅 [SDK 文档](#))

深入研究：

- IWR6843ISK TX 功率 = 10dBm/TX 天线
- TX 增益 = 8dBi

对于同时 3 个 TX 用例：

$$TX\ poWer = 10\log(10^{10} + 10^{10} + 10^{10}) \quad (12)$$

$$Total\ TX\ PoWer = TX\ poWer + TX\ gain = 14.8 + 8 = 22.8dB \quad (13)$$

当使用 mmWave Visualizer 和随附的配置文件，而不使用 LUA 脚本时，通过在 ProfileCFG 参数中设置 TX 回退来规定 TX 功率回退，其中每个 8 位值分别对应于 TX1、TX2 和 TX3。

例如，对于所有 TX 通道上的 6dB 回退，TX 功率控制字将为 0x060606，即 394758 (使用此十进制值)。下面是对应的 profileCfg 命令。

profileCfg 0 62.00 30 10 69.72 **394758** 0 28.42 1 128 2180 0 0 24

这是在 mmwavelink html 文档中定义的

5.2 占用带宽

问题说明：设备不在允许的 ISM 占用带宽内传输。

解决方案：根据需要更新信号带宽

深入研究：

根据 ETSI EN 305 550 V2.1.0 草案，占用带宽被定义为频段的宽度，在上下限频率限制以下，平均发射功率各等于给定辐射总平均功率的 0.5%。这大概相当于信号的 - 23dBc 带宽。

对于更大的带宽，例如 4GHz 带宽，存在较大的频率跃变 (从 64GHz 到 60GHz)，这会导致下冲，影响建立时间，并可能导致 - 23dBc 带宽限制失效。

例如，如下确定该带宽的 1300MHz 用例；可以通过改变啁啾配置中的斜率或啁啾参数来更改该用例

表 5-1. ProfileCFG

带宽	ProfileCFG
1300 MHz	ar1.ProfileConfig(0, 60.25, 3.6, 3.5, 29.7,0, 0, 0, 0, 0, 43.995, 1, 256, 10000, 0, 131072, 30)

$$\text{带宽} = \text{频率斜率 (MHz/uS)} \times \text{斜坡结束时间 (uS)} \quad (14)$$

$$= 43.983/29.70 \quad (15)$$

$$= 1306.3 \text{ MHz} \quad (16)$$

5.3 杂散辐射

问题说明：杂散辐射测量显示在某些频率上出现峰值，导致失败。

解决方案：在器件上增添金属屏蔽层，并确保其正确接地。

深入研究：

嵌入式系统设计通常由以不同频率工作的各种时钟和时钟源组成。根据布局的不同，这些时钟可能会在基频或基频倍数处引入噪音（辐射）。在器件和时钟源周围增添充分接地的屏蔽层，形成法拉第笼来保持电磁场封闭。

5.3.1 14.4Ghz 谐波

问题说明：非 AOP 模块上在 14.4GHz 的倍数处显示杂散 EMI

解决方案：使用金属屏蔽或射频吸收器。

深入研究：

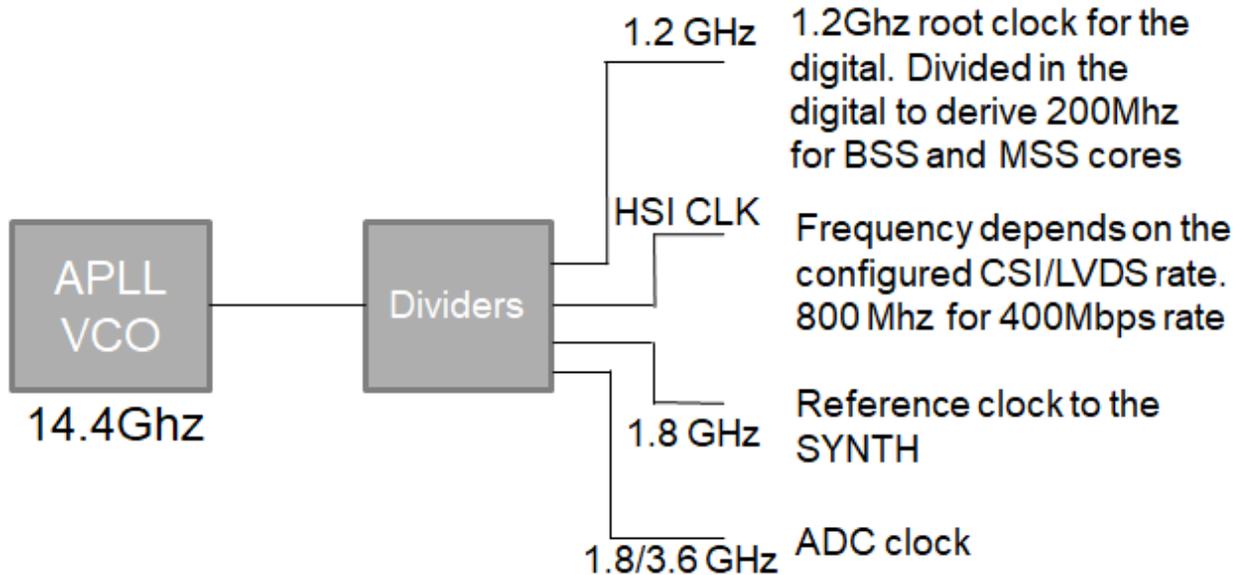


图 5-1. APLL VCO 时钟

系统中的所有时钟均来源于 14.4GHz APLL。图 5-1 示出了雷达器件内的根时钟树。在测试和认证期间，此频率的 14.4GHz 峰值和谐波可能会出现杂散辐射，如图 5-2 中所示，而 14.4GHz 的二次谐波 (28.8GHz) 会导致辐射发射超出规定限制。

此问题不适用于 Antenna on Package (AOP) 器件，且屏蔽也不适用

5.3.2 建议的解决方案

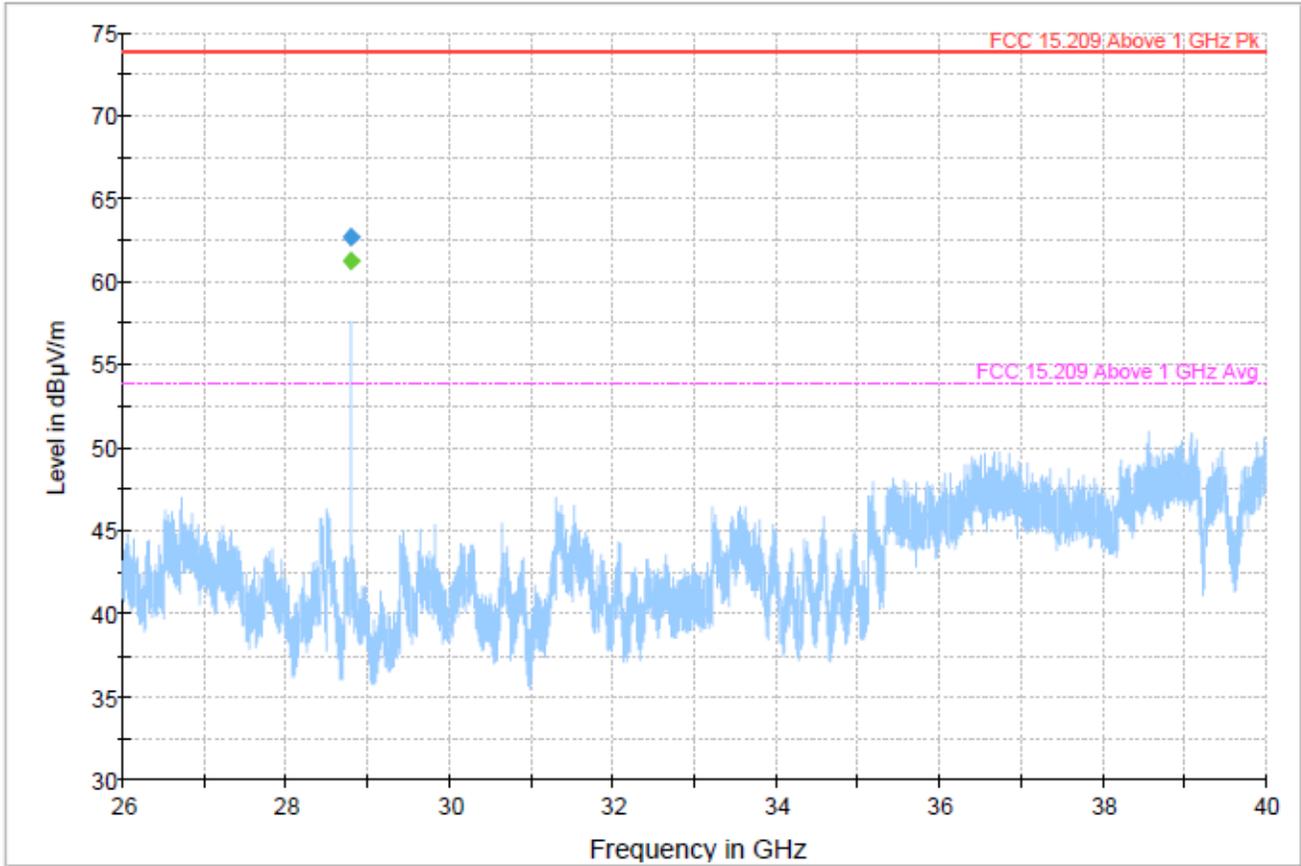
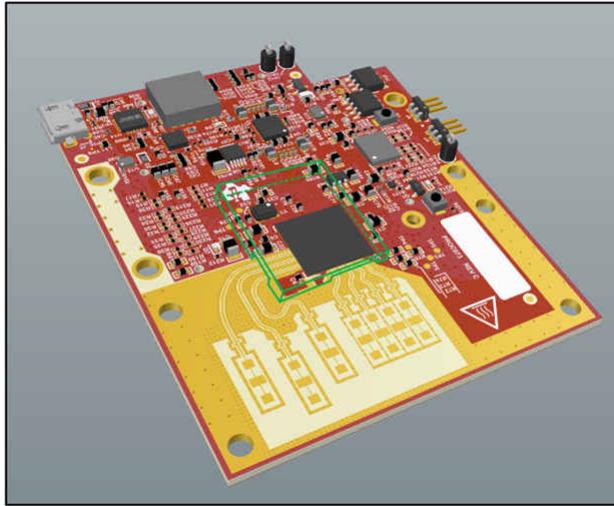


图 5-2. 28.8GHz 杂散 EMI

5.3.2.1 硬件测量

- 屏蔽层或吸收器应当按照图 5-3 和图 5-4 所示放置。
- 适用的毫米波器件、去耦电容、晶体和周围的 PCB 区域都应使用屏蔽层或吸收器盖住。
- 屏蔽层应当良好接地并盖住重要组件，并且吸收器应正确地粘附到 PCB 和重要组件上。
- 确保屏蔽层距 PCB 的距离大于或等于射频引线上方 2mm；否则，射频传输线路可能与屏蔽层耦合，进而干扰射频匹配。必须考虑到制造公差、磨损和屏蔽组件等，以便始终保持距电路板的 2mm 以上的高度。
- 使用射频吸收器，不应遮盖天线；在放置吸收器时，不应超出 IC 上 TX 和 RX 迹线区域的边缘。
- Cuming Microwave (GDX/PPGA 0.03") 就是一个用于抑制辐射的吸波器示例。



所有射频迹线都应至少离屏蔽盖 2mm。

图 5-3. 屏蔽层放置位置

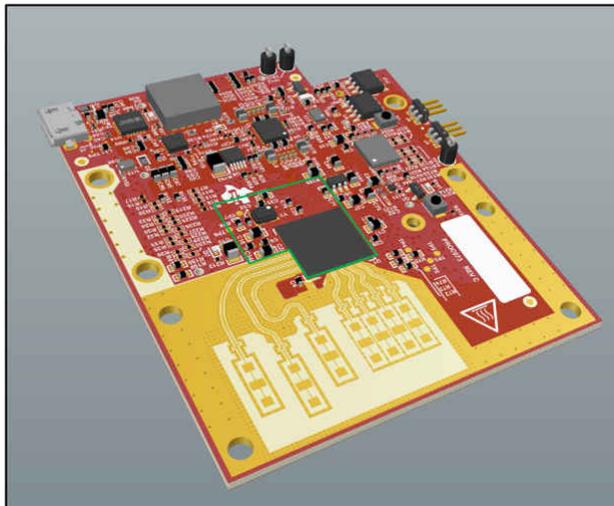


图 5-4. 射频吸收器放置位置

5.3.2.2 软件测量

BSS 固件中的 APLL VCO RTRIM 设置：

- 通过改变适用毫米波器件上的 APLL VCO 的设置，可以减少 14.4GHz 及其谐波的辐射。适当的 APLL VCO RTRIM 设置可以减小 14.4GHz 和 28.8GHz 处的杂散辐射幅度
- 有关如何修改应用软件来更改 APLL VCO RTRIM 设置及允许值的详细说明，请参阅毫米波工业工具箱中的以下指南：

<MMWAVE_INDUSTRIAL_TOOLBOX_INSTALL_PATH>/certification/RTRIM Modification Guide

路径示例：[工业工具箱](#)，或者从“毫米波传感器”导航到“工业工具箱”

5.4 过冲

问题说明：测试结果显示在啁啾开始时出现过冲或下冲。

解决方案：增加 TX 开始时间

```
ar1.ProfileConfig (0, 62.10, 2, 3.4, 18, 0, 0, 0, 0, 0, 16.693, 1, 128, 10000, 0, 131072, 30))
```

上方高亮显示的参数表示 TX 开始时间为 1 μ S。

深入研究：

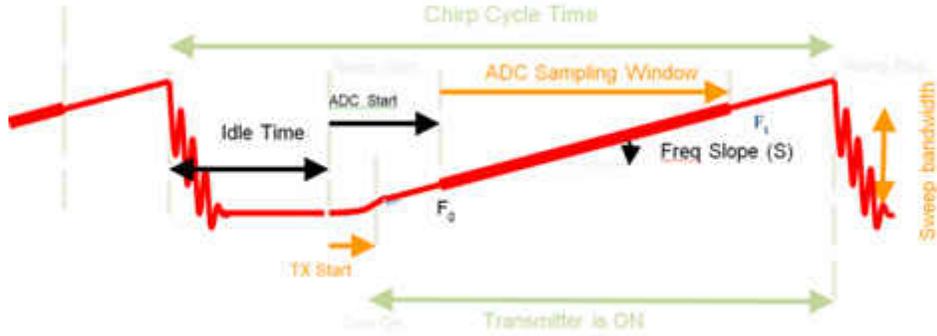


图 5-5. 啁啾框图

TX 开始时间表示从频率斜升开始到发送器开启时经过的时间。在图 5-5 中以斜坡启动标示的斜升开始时，合成器、HPF 模拟滤波器和抽取滤波器等被打开，并可能需要一些建立时间。如果 TX 在瞬变期间打开，则可能会导致发送信号中出现过冲或下冲。

5.5 频率稳定性

5.5.1 生成 CW 信号

问题说明：生成 CW 信号，以进行频率稳定性测量。

解决方案：使用 DCA1000EVM 和 MMWAVESTUDIO 发送 CW 信号。

深入研究：

认证包中包含的连续波 LUA 脚本 (AWR68xx_xxGHz_CW_profile.lua) 可用于生成 CW 信号。使用 ar1.ContStrConfig API 生成的频率是设定频率的单频。

5.5.2 温度和电压范围内的频率稳定性

问题说明：频率不在温度和电压的限制范围内。

解决方案：调整时钟上的电容器以确保室温条件下偏差约为 0PPM。

深入研究：

FCC 第 15.255 部分“频率稳定性”：在所有工作条件下，基波辐射必须包含在本章节规定的频带内。假定设备在 -20°C 至 $+50^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内工作，则输入电压偏差为额定输入电压的 85% 至 115%，除非有理由证明并非如此。

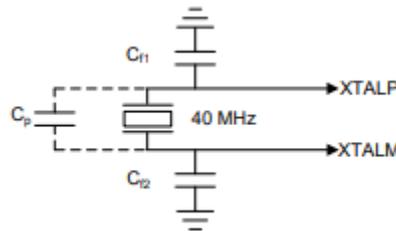


图 5-6. 40MHz 晶体电容

$$\text{LoadCapacitor } C_L = C_{f1} \times \frac{C_{f2}}{C_{f1} + C_{f2}} + C_p \quad (17)$$

其中

- C_p 为寄生电容
- C_{f1} 和 C_{f2} 为并联的电容器

IWR6843 需要 40MHz 晶体或外部振荡器连接到 CLKP 引脚上；这用于初始启动，并作为内部 APLL 及其他时钟的参考。对于 IWR6843ISK EVM，晶体的实现方法如图 5-6 所示。所选电容器需要满足表 5-2 中所示的要求。

表 5-2. 电容器要求

名称	说明	最小值	典型值	最大值	单位
Fp	并联谐振晶体频率		40		MHz
CL	晶体负载电容	5	8	12	pF
温度范围	预期工作温度范围	-40		105	°C
频率容差	晶体频率容差	-50		50	ppm

为了满足 FCC 要求，应当对电容器进行调谐，使得振荡器在室温条件下的频率偏差为 0ppm，而且频率偏差保持在电压和温度的频带范围内。

6 参考文献

- [Radio Equipment Directive](#)
- [Radio Equipment Directive \(RED\)](#)
- ISM-Band and Short Range Device Regulatory Compliance Overview, Matthew Loy, Raju Karingattil, Louis Williams
- 欧洲议会和理事会 2014/53/EU 指令
- 在 40GHz 至 246GHz 频率范围内使用的短程设备 (SRD) 无线电设备；用于接入射频频谱的协调标准
- 无线电设备和服务的电磁兼容 (EMC) 标准；第 1 部分：常见技术要求；涵盖 2014/53/EU 指令第 3.1(b) 条的基本要求，以及 2014/30/EU 指令第 6 条的基本要求的协调标准
- 短程设备：适用于汽车和监视雷达设备的测量技术
- 1999/519/EC: 1999 年 7 月 12 日理事会关于限制公众暴露于电磁场 (0 Hz 至 300 GHz) 的建议
- 无线电设备和服务的电磁兼容 (EMC) 标准；第 1 部分：常见技术要求；涵盖 2014/53/EU 指令第 3.1(b) 条的基本要求，以及 2014/30/EU 指令第 6 条的基本要求的协调标准
- 《对 TI 雷达器件中的啁啾参数进行编程》
- FCC 第 15 部分
- FCC 第 95 部分

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (February 2021) to Revision C (December 2021)

Page

- 更新了“建议的解决方案”章节。..... 17

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