

AN14374

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

第1.0版—2024年9月16日

应用笔记

文档信息

信息	内容
关键词	AN14374、FRDM-MCXW71、射频系统评估报告、低功耗蓝牙、IEEE 802.15.4应用
摘要	本文档提供了FRDM-MCXW71开发板用于低功耗蓝牙（2FSK调制）和IEEE 802.15.4（OQPSK调制）应用的射频评估测试结果。



1 介绍

本文档提供了FRDM-MCXW71开发板用于低功耗蓝牙（2FSK调制）和IEEE 802.15.4（OQPSK调制）应用的射频（RF）评估测试结果。此外，本文档还描述了测试设置和可用于进行测试的工具。图1和图2所示分别为FRDM-MCXW71开发板的框图和顶视图。

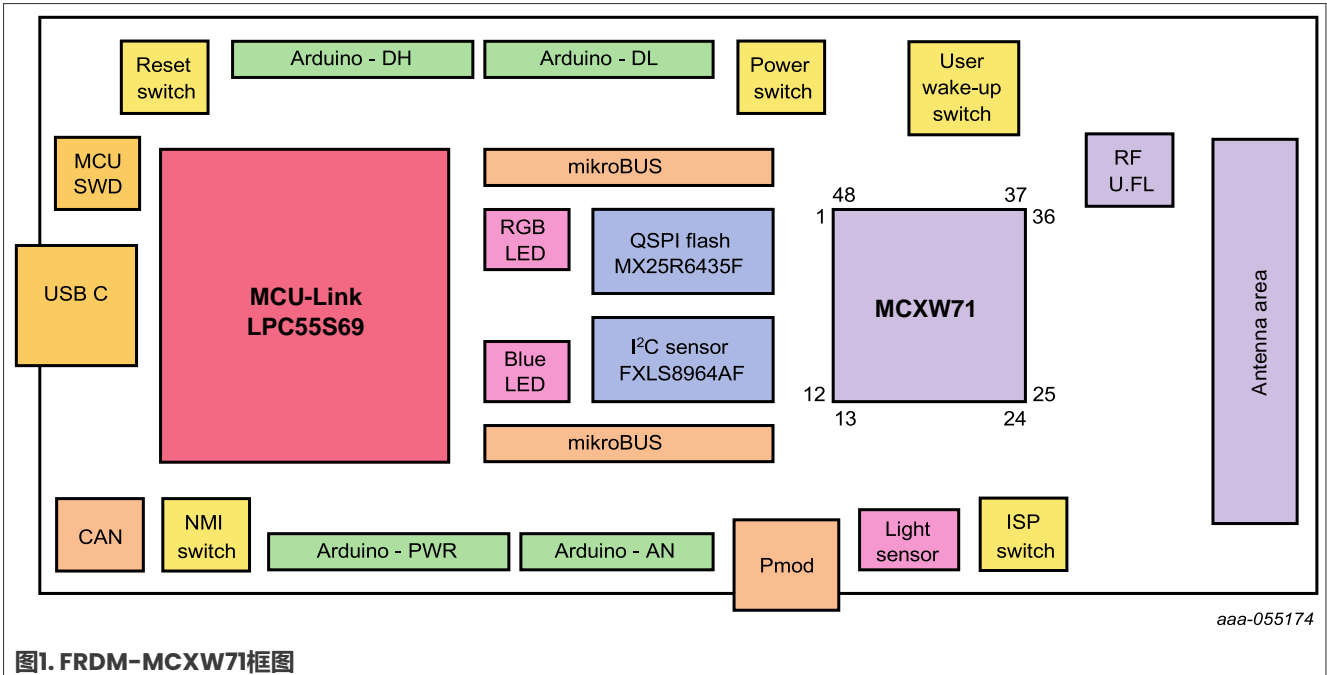


图1. FRDM-MCXW71框图

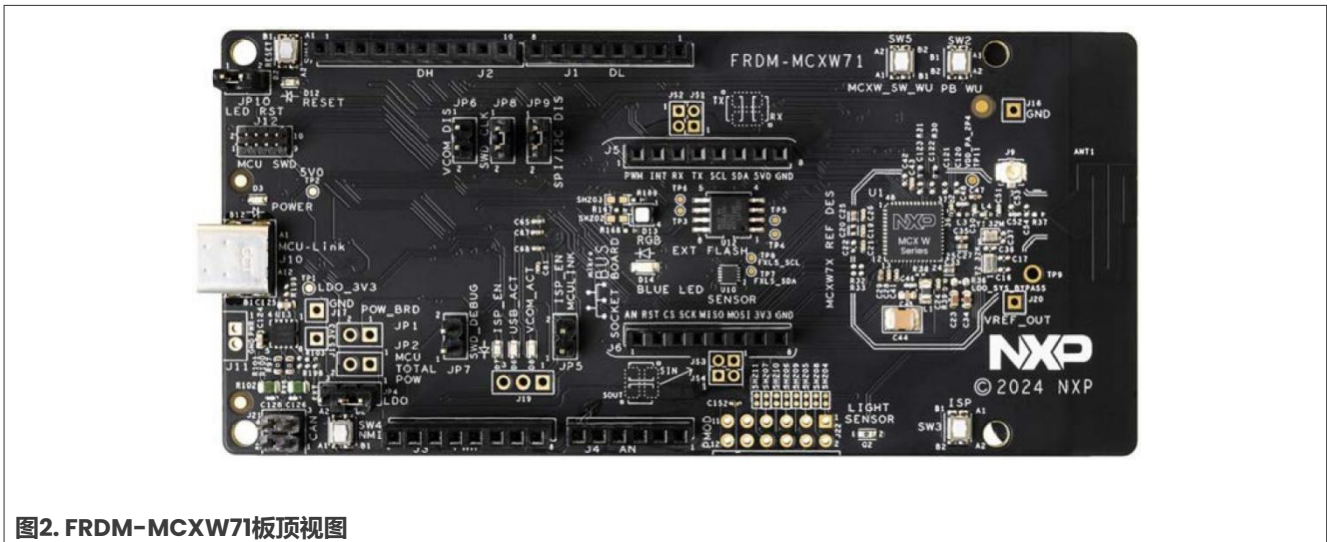


图2. FRDM-MCXW71板顶视图

2 先决条件

要进行本文档中描述的测量，必须将一段二进制代码（连接软件包）加载到开发板的闪存中。

2.1 软件

[FRDM-MCXW71](#)网页上提供的文档AN14399《MCXW71用于802.15.4应用的连接性测试》描述了如何使用FRDM-MCXW71开发板加载低功耗蓝牙或IEEE 802.15.4的代码。用于以下测试的二进制代码如下：

- 低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4的连接软件包（请参阅《连接性测试工具用户指南》和IEEE 802.15.4文档以了解设置的说明）。
- 仅低功耗蓝牙使用HCI_blackbox。使用Teraterm终端仿真器来与MCX W71 MCU进行通信。

2.2 用于低功耗蓝牙 (BLE) 测量的设备清单

以下所列的设备产品用于执行Rx（接收）和Tx（发射）测量。

1. 频谱分析仪 - 25GHz，用于高达10次谐波（H10）的谐波测量
2. R&S SFU用作干扰源。然而，也可以使用任何带有ARB的信号发生器。
3. R&S SMBV100B
4. R&S CMW270 (HCI_blackbox软件)
5. Agilent 33250A
6. R&S ZND矢量网络分析仪 - 用于S11测量
7. 射频屏蔽箱（用于避免干扰）
8. 带有GPIB接口的电脑

用于IEEE 802.15.4测量的设备清单

1. R&S FSV用作带有802.15.4 PHY测试选项的频谱分析仪。
2. Keysight N5182B用于测试。然而，也可以使用任何带有ARB的信号发生器。
3. Keysight E8267D用作802.15.4的干扰源。然而，也可以使用任何带有ARB的信号发生器。
4. 频谱分析仪 - 25GHz，用于高达10次谐波（H10）的谐波测量。
5. R&S ZND矢量网络分析仪用于S11测量。
6. 屏蔽室。

注：FRDM-MCXW71开发板 LI24180019用于执行所有低功耗蓝牙射频测试测量。

注：MCX W71-EVK（上一代）VV21290023用于执行所有IEEE 802.15.4射频测试测量。

3 低功耗蓝牙应用

3.1 测试列表

所做的测试

• 发射 (TX) 测试

- 频率精度
- 相位噪声
- 低功耗蓝牙发射功率: 1 Msps¹、2 Msps、500 Ksps² (LR S=2) 、125 Ksps (LR S=8)
- 带内发射功率
- 发射杂散 (H2至H10, ETSI和FCC)
- 下频带边缘 (中国工信部)
- 上频带边缘
- 最大发射输出功率: 1 Msps、2 Msps、500 Ksps (LR S=2) 、125 Ksps (LR S=8)
- 低功耗蓝牙发射输出频谱: 1 Msps、2 Msps
- 调制特性: 1 Msps、2 Msps、125 Ksps LR (S=8)
- 载波频率偏移和漂移: 1 Msps、2 Msps、125 Ksps LR (S=8)

• 接收 (RX) 测试

- 灵敏度: 1 Msps、2 Msps、LR (S=2和S=8)
- 浴缸曲线 (Bathtub) : 1 Msps、2 Msps、LR (S=2和S=8)
- 接收器最大输入电平: 1 Msps、2 Msps、LR (S=2和S=8)
- 接收杂散 (从30 MHz到12.5 GHz)
- 接收器干扰抑制性能
 - 邻道、隔道和同道干扰抑制 - 1 Msps、2 Msps、500 Ksps (LR S=2) 、125 Ksps (LR S=8)
 - 接收器阻塞 - 1 Msps - 类别1和类别2
 - 阻塞干扰

1 (每秒兆符号数)

2 (每秒千符号数)

3.2 测试总结

RF PHY蓝牙测试规范：RF-PHY.TS.5.0.2 (2017-12-07)

测量的列表如下：

1. [表1](#)适用于欧洲
2. [表3](#)适用于美国
3. [表4](#)适用于中国
4. [表5](#)适用于日本

表1. 适用于欧洲的发射测试

发射测试	参考	限值	状态
最大发射输出功率	BLE 5.0, BV-01-C	$-20 \text{ dBm} \leq \text{PAVG} \leq +10 \text{ dBm EIRP}$	通过
带内发射功率 - 1 Msps	BLE 5.0, BV-03-C	$\text{PTX} \leq -20 \text{ dBm (fTX} \pm 2 \text{ MHz)}$	通过
		$\text{PTX} \leq -30 \text{ dBm (fTX} \pm [3 + n] \text{ MHz})$;	
带内发射功率 - 2 Msps	BLE 5.0, BV-08-C	$\text{PTX} \leq -20 \text{ dBm (fTX} \pm 4 \text{ MHz和}$ $\text{fTX} \pm 5 \text{ MHz)}$	通过
		$\text{PTX} \leq -30 \text{ dBm (fTX} \pm [3 + n] \text{ MHz})$;	
调制特性	BLE 5.0, BV-05-C	$225 \text{ kHz} \leq \text{delta flavg} \leq 275 \text{ kHz}$	通过
1 Msps	BLE 5.0, BV-13-C		
LE编码 (S=8)			
调制特性	BLE 5.0, BV-10-C	$450 \text{ kHz} \leq \text{delta flavg} \leq 550 \text{ kHz}$	通过
载波频率偏移和漂移	BLE 5.0, BV-06-C	$\text{fTX} - 150 \text{ kHz} \leq \text{fn} \leq \text{fTX} + 150 \text{ kHz}$	通过
		其中fTX为标称发射频率, $n=0,1,2,3\dots k$	
1 Msps		$ \text{f0} - \text{fn} \leq 50 \text{ kHz}$, 其中 $n=2,3,4\dots k$	
2 Msps	BLE 5.0, BV-12-C	$ \text{f0} - \text{f3} \leq 19.2 \text{ kHz}$	
		$ \text{f0} - \text{f}(n-3) \leq 19.2 \text{ kHz}$, 其中 $n=7,8,9,\dots k$	
载波频率偏移和漂移 LE编码 (S=8)	BLE 5.0, BV-14-C	$\text{fTX} - 150 \text{ kHz} \leq \text{fn} \leq \text{fTX} + 150 \text{ kHz}$	通过
		其中fTX为标称发射频率, $n=0,1,2,3\dots k$	
		$ \text{f0} - \text{fn} \leq 50 \text{ kHz}$ 其中 $n=2,3,4\dots k$	
30 MHz - 1 GHz频段的 杂散	ETSI EN 300 328 v2.2.2	-36 dBm 或 -54 dBm (取决于频率)	通过
		(100 KHz BW)	
1 GHz - 25 GHz频段的 杂散	ETSI EN 300 328	$-30 \text{ dBm (1 MHz BW)}$	通过
	v2.2.2		
Eirp发射频谱密度	ETSI EN 300 328	10 dBm/MHz	通过
	v2.2.2		
相位噪声 (未扩散)	不可用	不可用	仅供参考

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

表2. 适用于欧洲的接收测试

接收测试	参考	限值	结果
接收灵敏度 - 1 Msps	BLE 5.0, BV-01-C	PER为30.8%, 至少1500个数据包	通过
接收灵敏度 - 2 Msps	BLE 5.0, BV-08-C	PER为30.8%, 至少1500个数据包	通过
接收灵敏度 - LE编码 (S=2)	BLE 5.0, BV-26-C	PER为30.8%, 至少1500个数据包	通过
接收灵敏度 - LE编码 (S=8)	BLE 5.0, BV-27-C	PER为30.8%, 至少1500个数据包	通过
同道 - 1 Msps	BLE 5.0, BV-03-C	> 21 dB	通过
邻道干扰抑制 (N+/-1, 2, 3+ MHz) 1 Msps	BLE 5.0, BV-03-C	> 15 dB、-17 dB、-27 dB	通过
同道 - 2 Msps	BLE 5.0, BV-09-C	> 21 dB	通过
邻道干扰抑制 (N+/-2, 4, 6+ MHz) - 2 Msps	BLE 5.0, BV-09-C	> 15 dB、-17 dB、-27 dB	通过
同道 - LE编码 (S=2)	BLE 5.0, BV-28-C	> 17 dB	通过
邻道干扰抑制 (N+/-2, 4, 6+ MHz) LE编码 (S=2)	BLE 5.0, BV-09-C	> 11 dB、-21 dB、-31 dB	通过
同道 - LE编码 (S=8)	BLE 5.0, BV-28-C	> 12 dB	通过
邻道干扰抑制 (N+/-2, 4, 6+ MHz) LE编码 (S=8)	BLE 5.0, BV-09-C	> 6 dB、-26 dB、-36 dB	通过
阻塞干扰	BLE 5.0, BV-04-C	-30 dBm (30 MHz-2 GHz和3-12.5 GHz)	通过
2 Msps时的接收器阻塞	ETSI v2.2.2	-43 dBm / - 53 dBm	
1 Msps时的接收器阻塞	ETSI v2.2.2	-43 dBm / - 53 dBm	
500 Ksps时的接收器阻塞	ETSI v2.2.2	-43 dBm / - 53 dBm	
125 Ksps时的接收器阻塞	ETSI v2.2.2	-43 dBm / - 53 dBm	
1 Msps	BLE 5.0, BV-010-C	-35 dBm (2003-2399 MHz和2484-2997 MHz)	
2 Msps			
最大接收输入电平	BLE 5.0, BV-06-C	PER为30.8%, 至少1500个数据包	通过
1 Msps	BLE 5.0, BV-12-C		
2 Msps			
30 MHz - 1 GHz的接收辐射	ETSI EN 300 328 v2.2.2	-57 dBm (100 KHz)	通过
1 GHz - 12.5 GHz的接收辐射	ETSI EN 300 328	-47 dBm (1MHz)	通过

杂项测试

回波损耗 (S11)	发射模式下的回波损耗	仅供参考
	接收模式下的回波损耗	仅供参考

适用于美国的测试列表

表3. 适用于美国的发射测试

发射测试类型	参考	限值	状态
最大发射功率	FCC part15.247	PAVG ≤ 100 mW +20 dBm EIRP	通过
1 GHz - 25 GHz频段的杂散	FCC part15.249	场强 < 50 mV/m @3m -41.12 dBm (1 MHz BW)	通过

适用于中国的测试列表

表4. 适用于中国的发射测试

发射测试类型	参考	限值	状态
下频带边缘发射	中国工信部标准规范	<ul style="list-style-type: none"> -40 dBm (2300 - 2390 MHz) -30 dBm (2390-2400 MHz) 	通过
上频带边缘发射	中国工信部标准规范	-40 dBm (2483.5 - 2500 MHz)	通过

适用于日本的测试列表

表5. 适用于日本的发射测试

发射测试类型	参考	限值	状态
带外发射	ARIB STD T-66	-16 dBm (2400 MHz以下和2483.5 MHz以上)	通过

3.3 所做的测试

本节描述了对于低功耗蓝牙所做测试的结果，包括发射测试、接收测试及其子类别。

3.3.1 发射 (Tx) 测试

3.3.1.1 测试设置



图3. 发射测试的测试设置

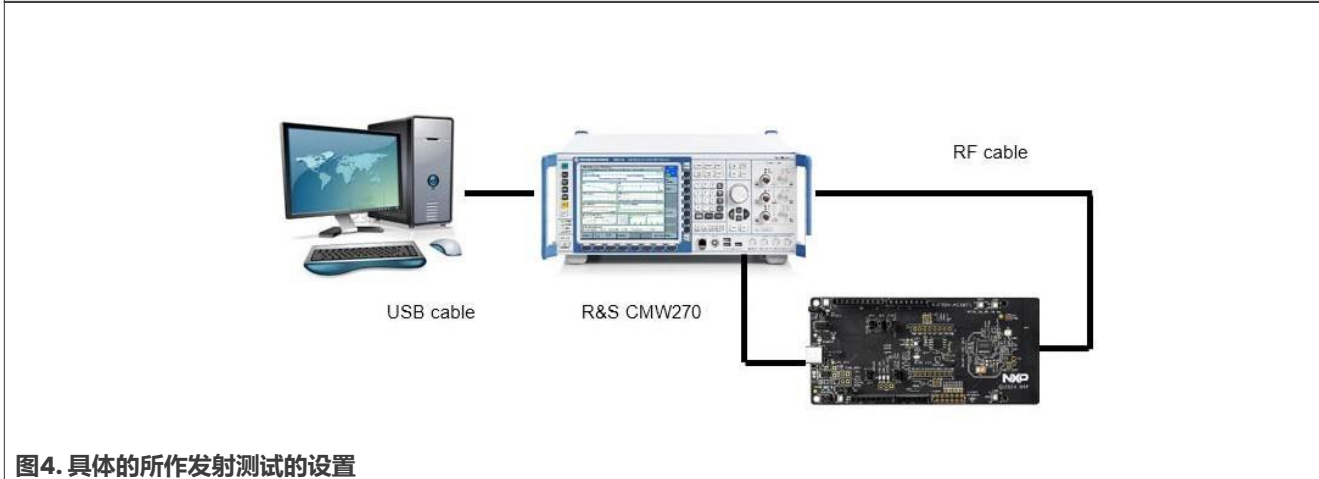


图4. 具体的所作发射测试的设置

3.3.1.2 频率精度

3.3.1.2.1 测试方法

按以下步骤操作：

1. 将射频设置为：
 - 发射模式，连续波 (CW) ，连续模式，频率：信道19
2. 将分析仪设置为：
 - 中心频率=2.44 GHz，扫频宽度=1 MHz，参考电平=20 dBm，RBW=10 kHz，VBW=100 kHz
3. 用频谱分析仪的标记器测量连续波 (CW) 的频率。

3.3.1.2.2 结果

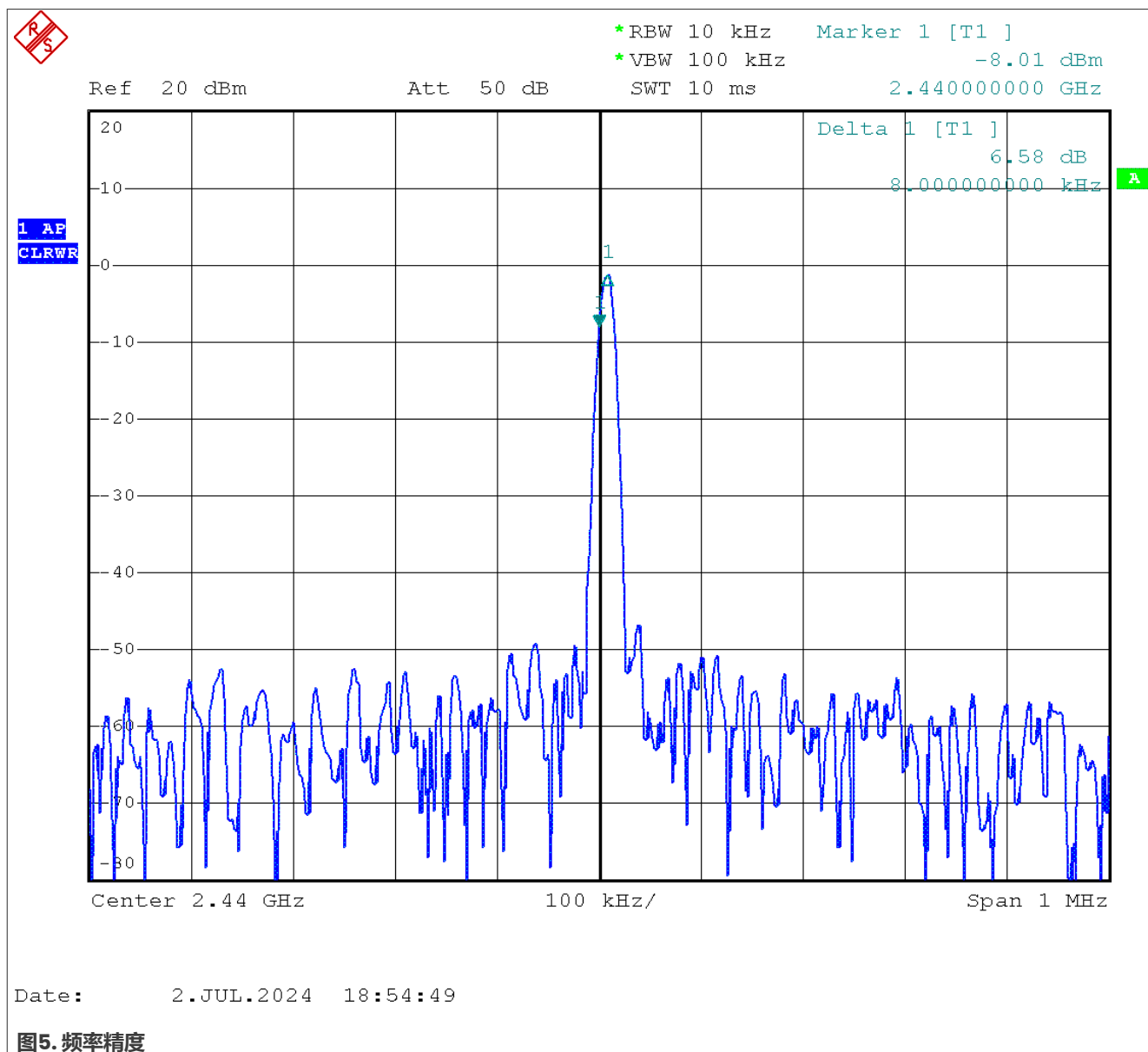


图5. 频率精度

- 测量频率: 2.440008 GHz

- ppm值= $(2.440008 - 2.44) / 2.44 = 3.3$ ppm

表6. 频率精度测试结果

频率精度	
结果	目标
3.3 ppm	+/-25 ppm

频率精度取决于XTAL的型号。开发板上使用的XTAL型号是NX1612SA 32MHZ EXS00A CS14160。

结论:

- 频率精度符合数据手册要求。

3.3.1.3 相位噪声

3.3.1.3.1 测试方法

1. 将射频设置为：
 - 发射模式, CW (连续波), 连续模式, 频率: BLE信道17 (2.440 GHz)
2. 将分析仪设置为：
 - 中心频率=2.44 GHz, 扫频宽度=1 MHz, 参考电平=20 dBm, RBW=10 kHz, VBW=100 kHz
3. 测量100 kHz偏移频率处的相位噪声
4. RBW (频谱分析仪) =10 kHz (20log(10kHz) = 40 dBc)

3.3.1.3.2 结果

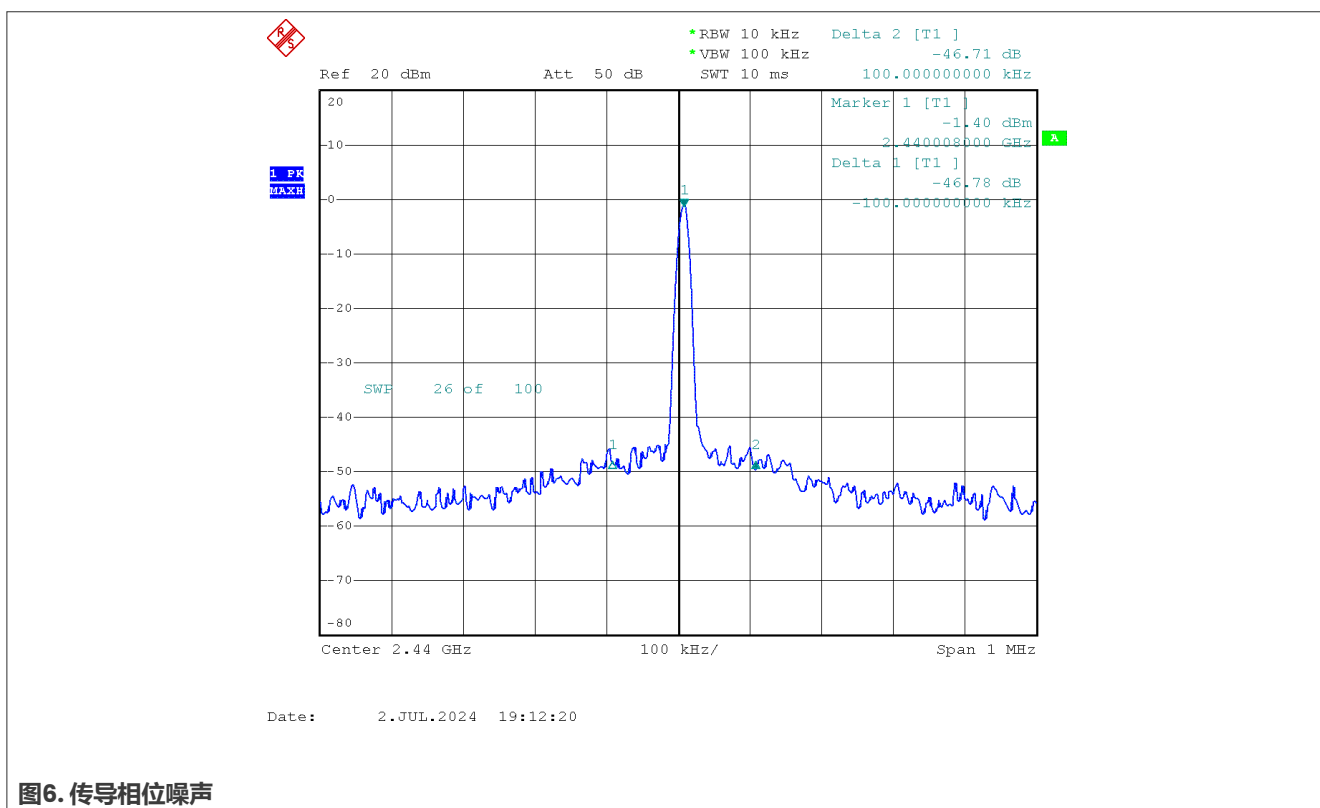


图6. 传导相位噪声

- 标记值 (差值) = $-46.78 \text{ dBm} / 100 \text{ kHz} = -96.78 \text{ dBc/Hz}$

相位噪声仅供参考。此参数没有特定问题。

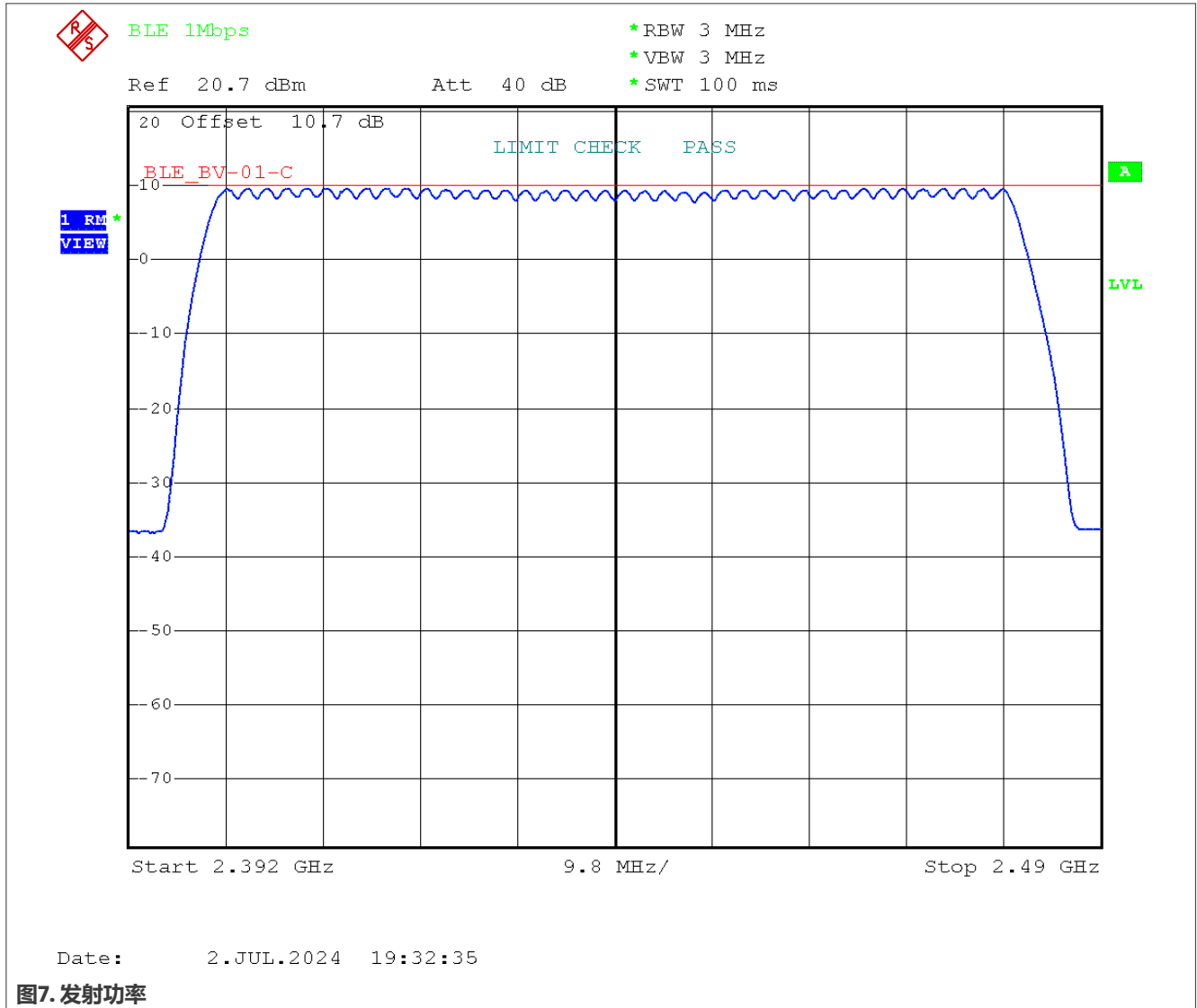
3.3.1.4 发射功率 (基频)

3.3.1.4.1 测试方法

按照以下步骤操作：

1. 将射频设置为：
 - 发射模式，调制，连续模式，数据速率 (1 Msps, 2 Msps, 500 Ksps, 125 Ksps, 用于低功耗蓝牙)
2. 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.392 GHz, 停止频率=2.49 GHz, 参考电平=10 dBm, 扫描时间=100 ms, RBW=3 MHz, VBW=3 MHz
 - 最大保持模式
 - 检波器=RMS
 - 扫描所有40个BLE信道，从信道37 (2.402 GHz) 至信道39 (2.480 GHz)。
 - 连接性测试软件工具允许从GenFSK信道0 (2.360 GHz) 到GenFSK信道127 (2.488 GHz) 进行扫描。

3.3.1.4.2 结果



- 最大功率在信道22上，为9.12 dBm
- 最小功率在信道4上，为9.65 dBm
- 频率倾斜度为0.53 dB

结论：

- 默认发射功率符合预期结果。
- 发射功率在频率范围内是平坦的。

3.3.1.5 带内发射功率

按照以下测试方法进行：

1. 将射频设置为：
 - 发射模式，调制，连续模式，数据速率 (1 Msps, 2 Msps, 500 Ksps, 125 Ksps)
2. 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.35 GHz，停止频率=2.5 GHz，参考电平=10 dBm，扫描时间=100 ms
 - RBW=100 kHz，视频带宽=300 kHz
 - 最大保持模式
 - 检波器=RMS
 - 扫描次数=10
3. 扫描BLE信道37、19和39

3.3.1.5.1 结果

本节提供了带内发射功率的测试结果——BLE信道37 (2.402 GHz)、17 (2.440 GHz) 和39 (2.480 GHz)。

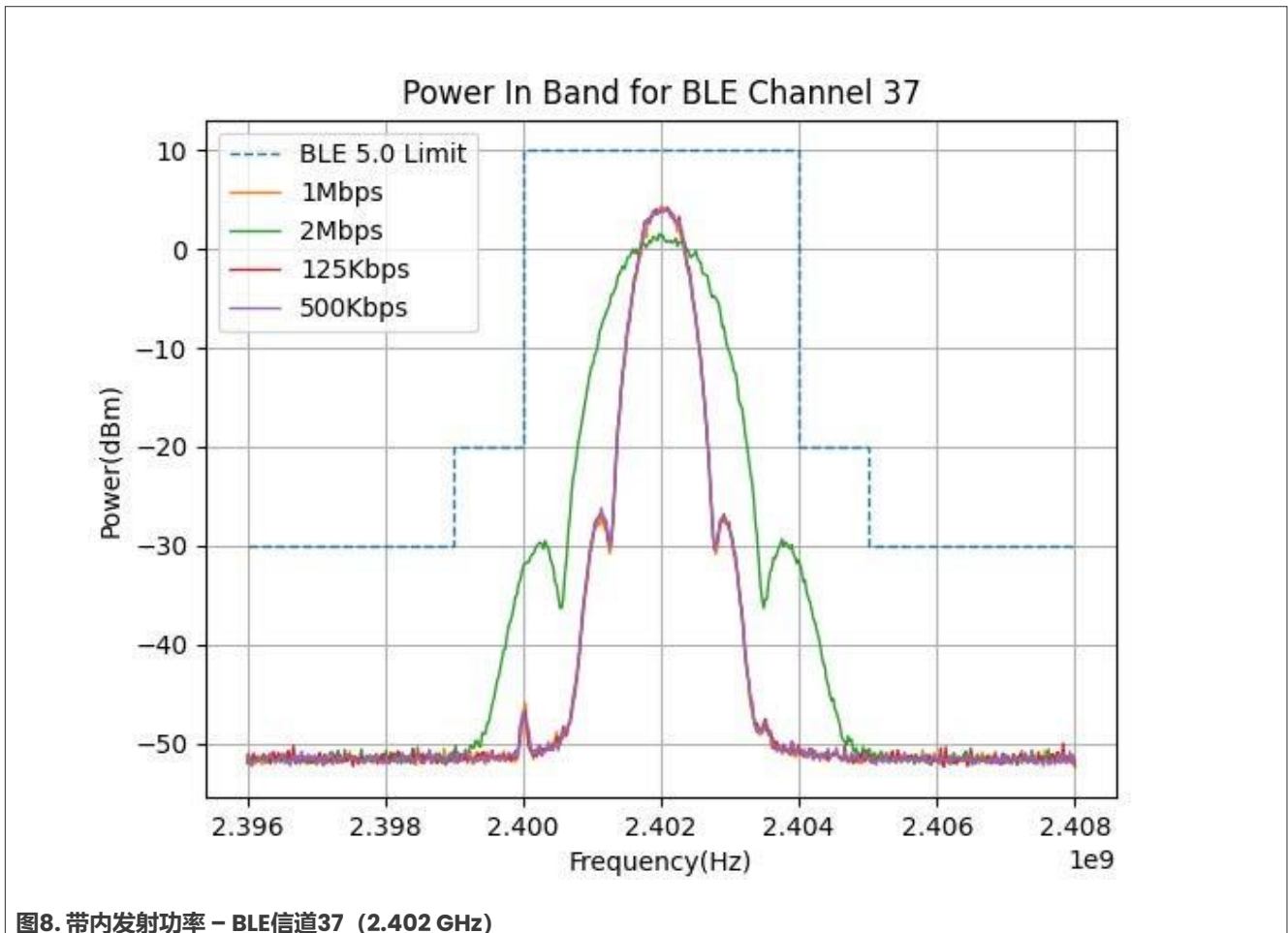


图8. 带内发射功率 – BLE信道37 (2.402 GHz)

3.3.1.5.1.1 BLE信道37 (2.402 GHz) 的带内发射功率测试结果

表7. 1 Msps 时BLE信道37 (2.402 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-49.63	dBm	@	2.400	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-48.99	dBm	@	2.404	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-48.81	dBm	@	2.399	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.63	dBm	@	2.405	GHz

表8. 2 Msps时BLE信道37 (2.402 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-33.04	dBm	@	2.400	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-33.51	dBm	@	2.404	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.13	dBm	@	2.399	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.55	dBm	@	2.405	GHz

表9. 500 Ksps时BLE信道37 (2.402 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-49.54	dBm	@	2.404	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-49.18	dBm	@	2.408	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.39	dBm	@	2.403	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.6	dBm	@	2.411	GHz

表10. 125 Ksps时BLE信道37 (2.402 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-49.69	dBm	@	2.400	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-48.65	dBm	@	2.404	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-48.36	dBm	@	2.399	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.43	dBm	@	2.405	GHz

3.3.1.5.1.2 BLE信道17的带内发射功率测试结果

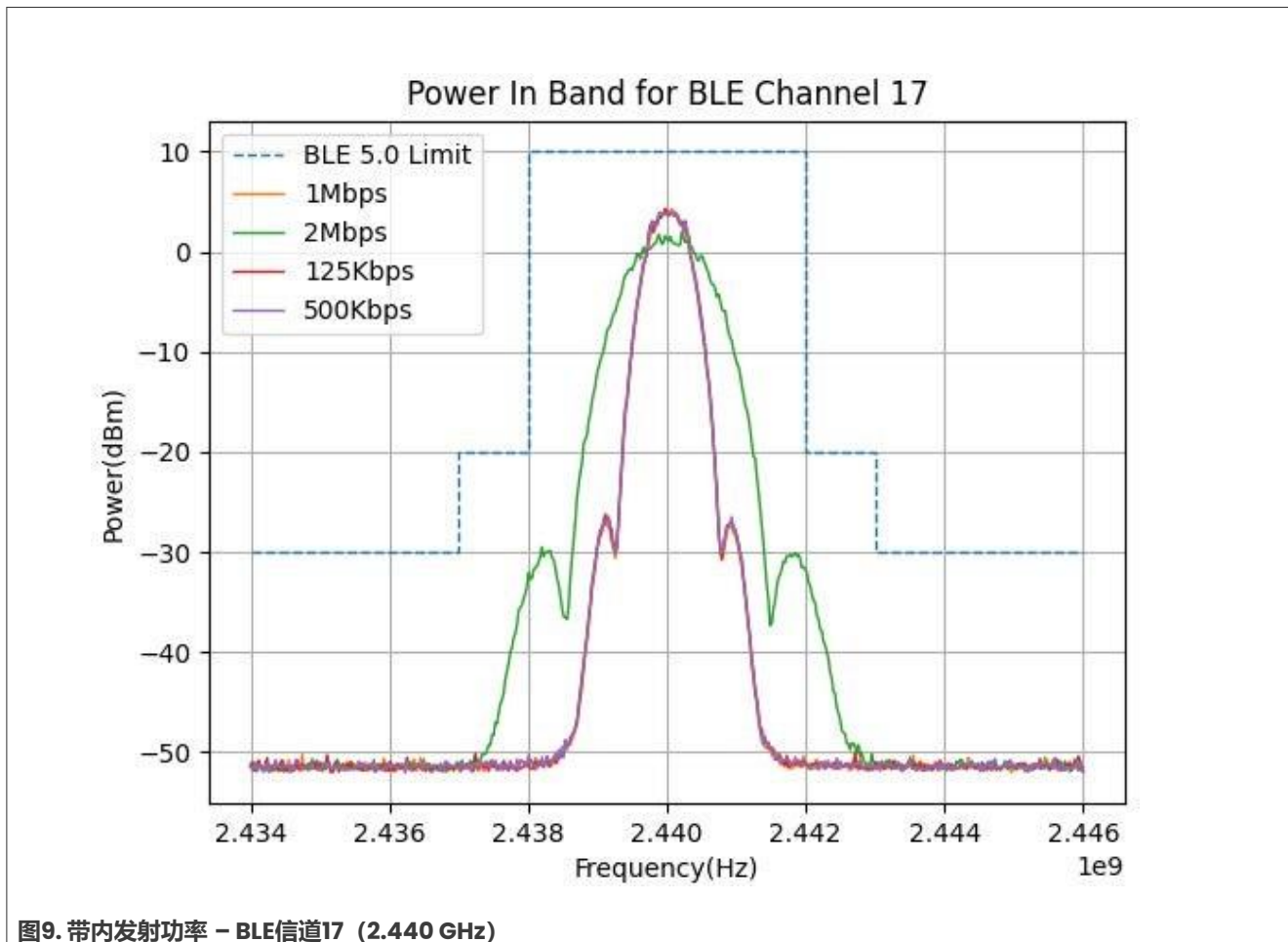


图9. 带内发射功率 - BLE信道17 (2.440 GHz)

BLE信道17 (2.440 GHz) 的带内发射功率测试结果

表11. 1 Msps时BLE信道17 (2.440 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平>=+2 MHz	-49.2	dBm	@	2.438	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-49.28	dBm	@	2.442	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.19	dBm	@	2.437	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-48.86	dBm	@	2.443	GHz

1 Msps时BLE信道17 (2.440 GHz) 的带内发射功率测试结果

表12. 2 Msps时BLE信道17 (2.440 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位	条件		
				取值	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-34.6	dBm	@	2.438	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-33.43	dBm	@	2.442	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-48.85	dBm	@	2.437	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.53	dBm	@	2.443	GHz

表13. 500 Ksps时BLE信道17 (2.440 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-48.98	dBm	@	2.438	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-48.98	dBm	@	2.442	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.19	dBm	@	2.437	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.33	dBm	@	2.443	GHz

表14. 125 Ksps时BLE信道17 (2.440 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-49.16	dBm	@	2.438	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-49.5	dBm	@	2.442	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.16	dBm	@	2.437	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.43	dBm	@	2.443	GHz

3.3.1.5.1.3 BLE信道39的带内发射功率测试结果

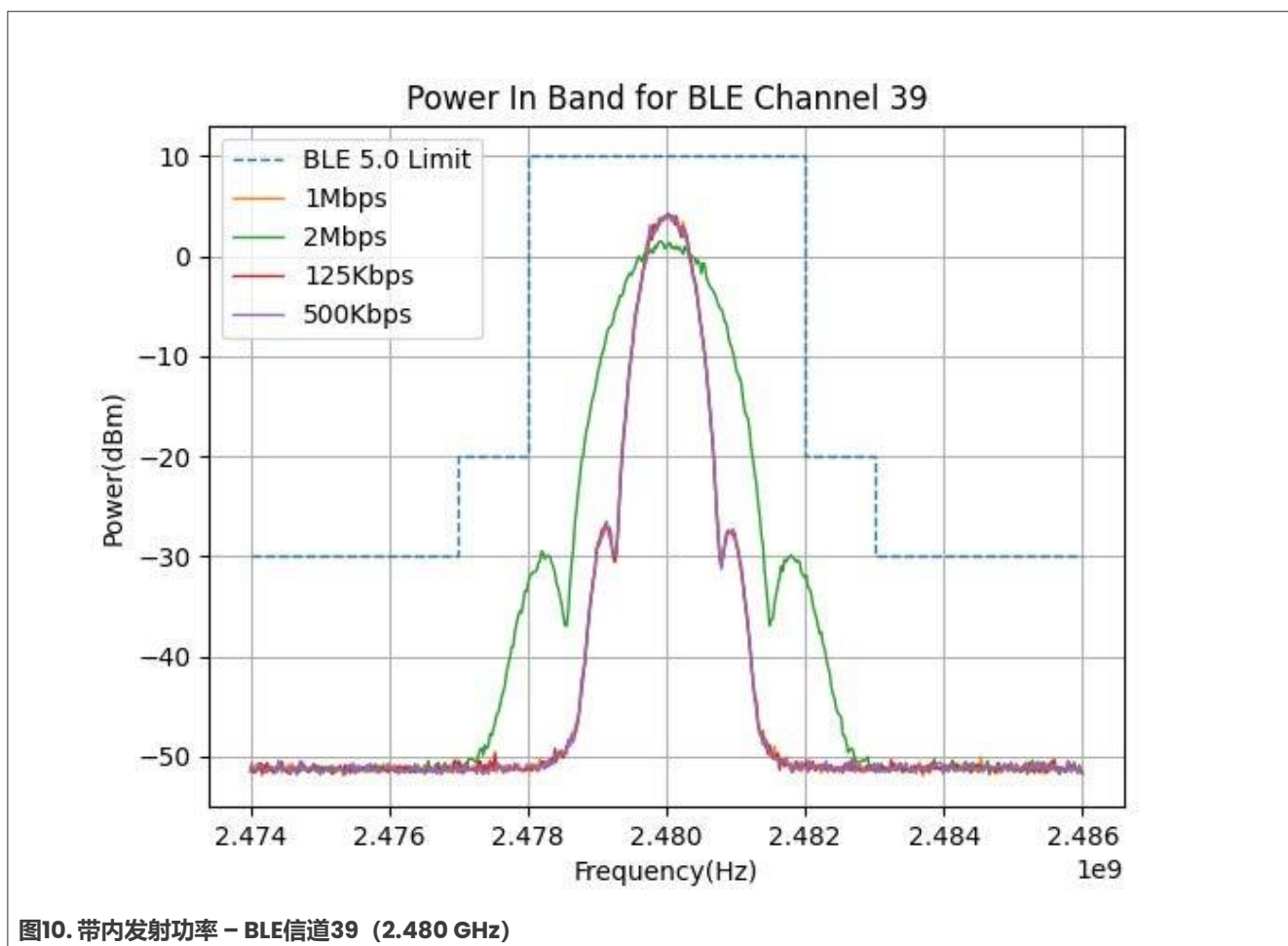


图10. 带内发射功率 - BLE信道39 (2.480 GHz)

表15. 1 Msps时BLE信道39 (2.480 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-48.9	dBm	@	2.478	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-49.04	dBm	@	2.482	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.19	dBm	@	2.477	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-48.86	dBm	@	2.483	GHz

表16. 2 Msps时BLE信道39 (2.480 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-32.23	dBm	@	2.478	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-33.51	dBm	@	2.482	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.22	dBm	@	2.477	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-49.07	dBm	@	2.483	GHz

表17. 500 Ksps时BLE信道39 (2.480 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-49.09	dBm	@	2.478	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-49.24	dBm	@	2.482	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.28	dBm	@	2.477	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-48.76	dBm	@	2.483	GHz

表18. 125 Ksps时BLE信道39 (2.480 GHz) 的带内发射功率测试结果

参数	参数值	单位		条件	单位
最大峰值电平<=-2 MHz	-49.33	dBm	@	2.478	GHz
最大峰值电平>=+2 MHz	-48.87	dBm	@	2.482	GHz
最大峰值电平<=-3 MHz	-49.00	dBm	@	2.477	GHz
最大峰值电平>=+3 MHz	-48.87	dBm	@	2.483	GHz

结论:

- FRDM-MCXW71开发板通过了BLE 5.0认证的带内发射功率测试。

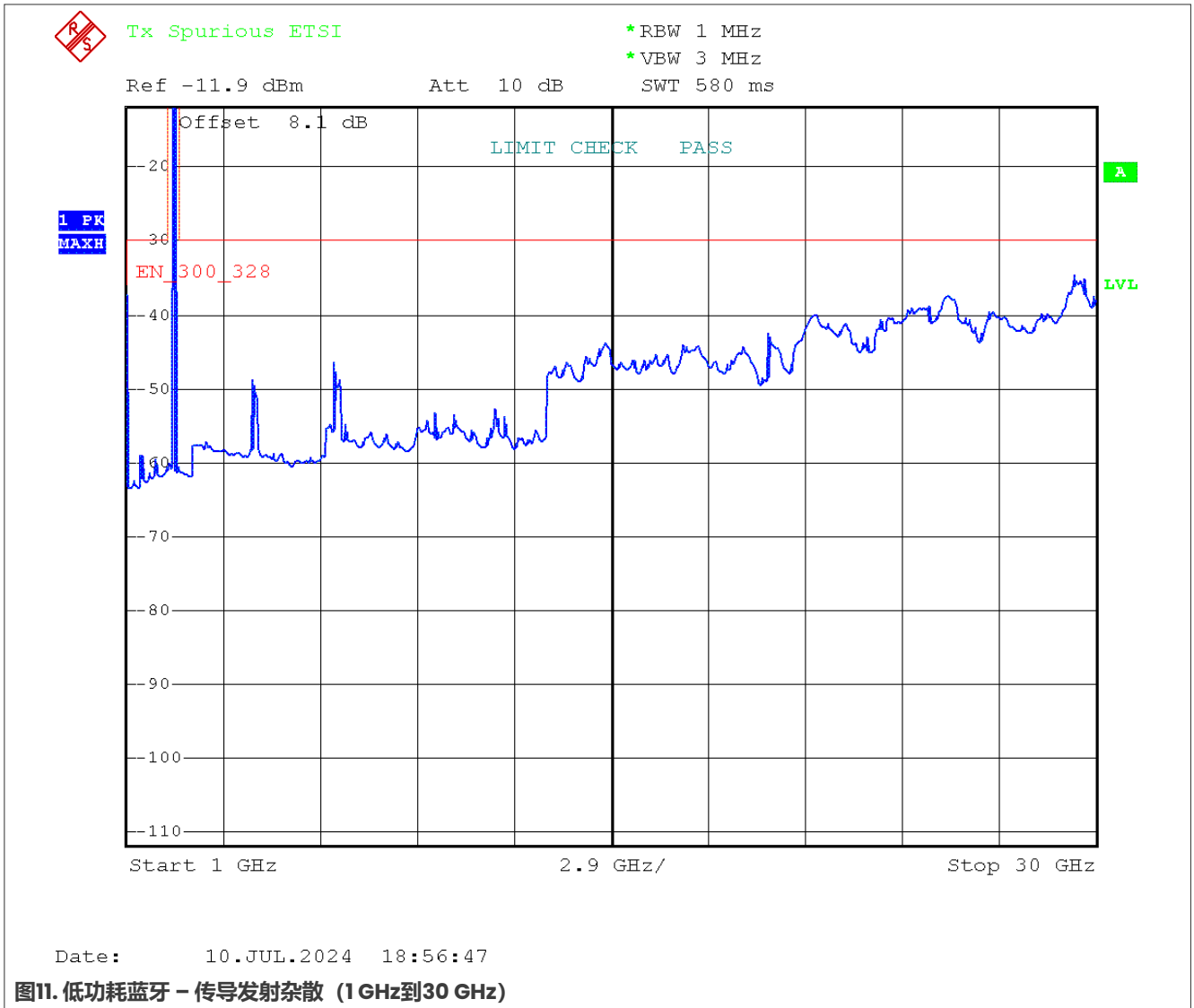
3.3.1.6 发射杂散

以下各小节描述了在ETSI和FCC测试条件下，H2到H10在1 GHz至30 GHz范围内的发射杂散测试结果。

3.3.1.6.1 1 GHz至30 GHz

芯片在发射模式下从1 GHz到30 GHz全频段的杂散概述。

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告



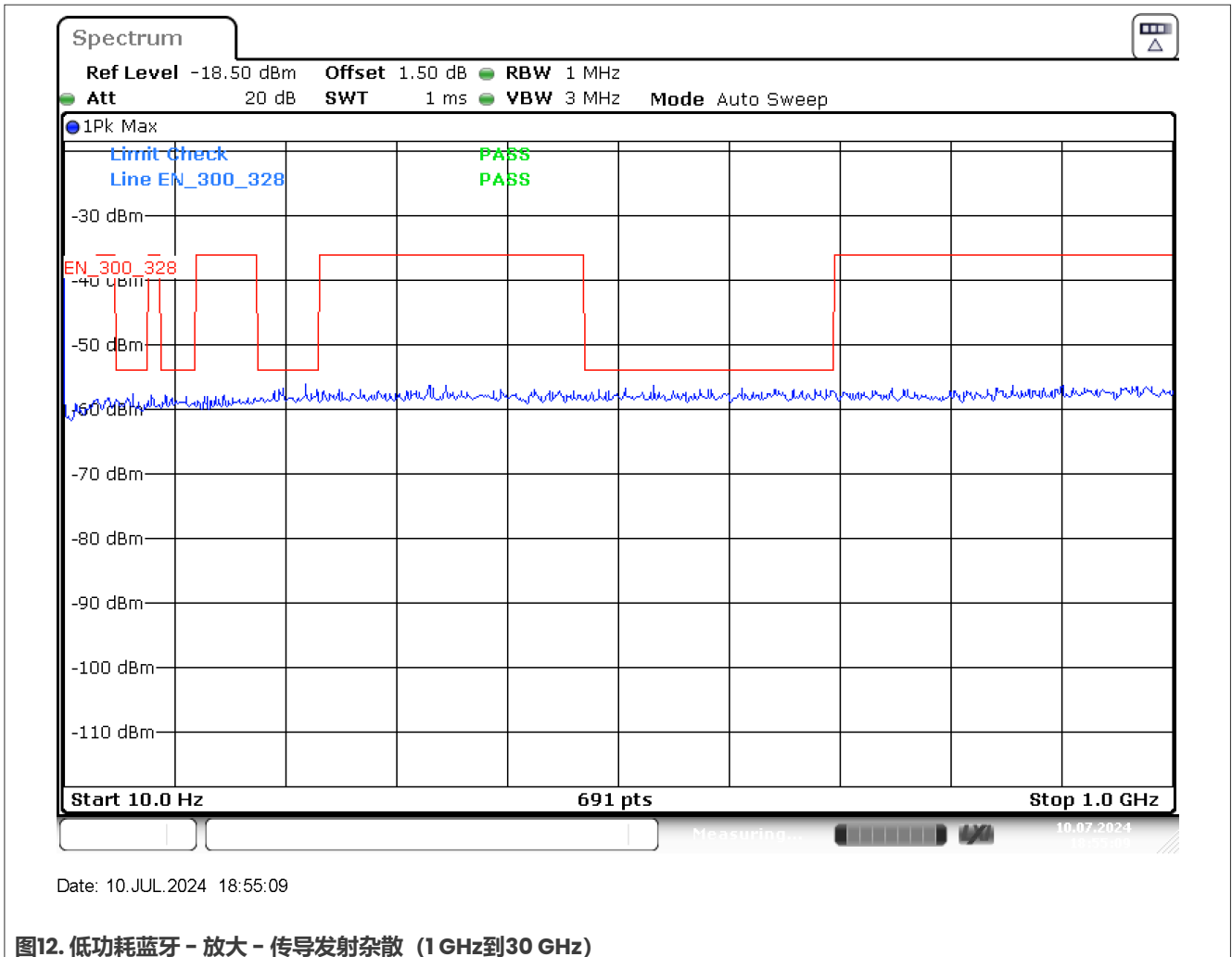


图12. 低功耗蓝牙 - 放大 - 传导发射杂散 (1 GHz到30 GHz)

结论:

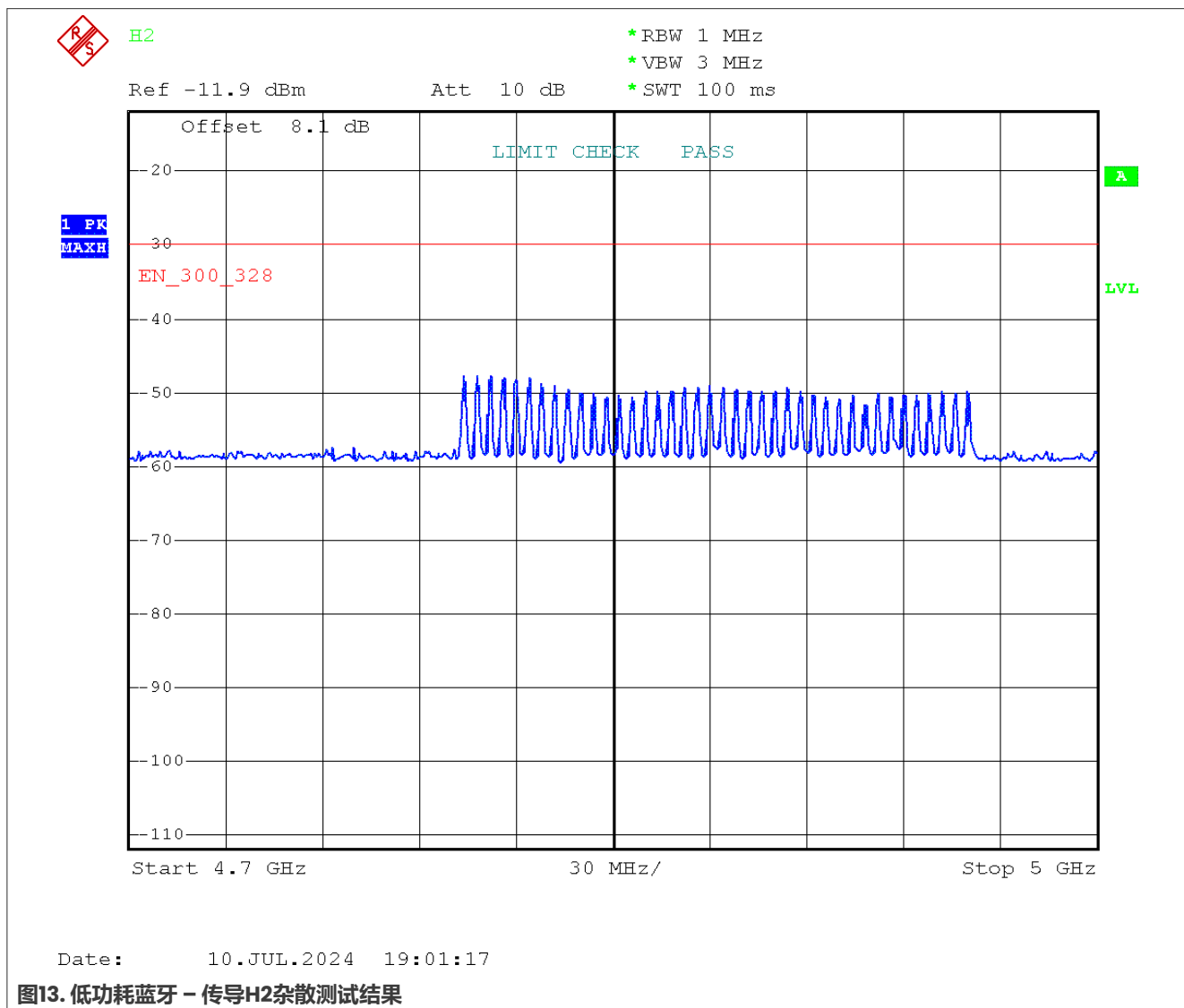
- FRDM-MCXW71开发板以4.5 dB的裕量通过了ETSI发射杂散认证。
- 以下各段将对谐波进行测量。

3.3.1.6.2 H2 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, 调制, 连续模式
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率 = 4.7 GHz, 停止频率 = 5 GHz
 - 参考电平 = -20 dBm, 扫描时间 = 100 ms, RBW = 1 MHz, VBW = 3 MHz
- 最大保持模式
- 检波器: 峰值
- 扫描所有40个BLE信道, 从信道37 (2.402 GHz) 至信道39 (2.480 GHz)

3.3.1.6.2.1 低功耗蓝牙测试结果



- 最大功率在频率4.81 GHz处，为-47.62 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过17.6 dB的裕量

3.3.1.6.3 H3 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了将频谱分析仪的起始/停止频率分别设置为7.0 GHz和7.5 GHz。

3.3.1.6.3.1 低功耗蓝牙测试结果

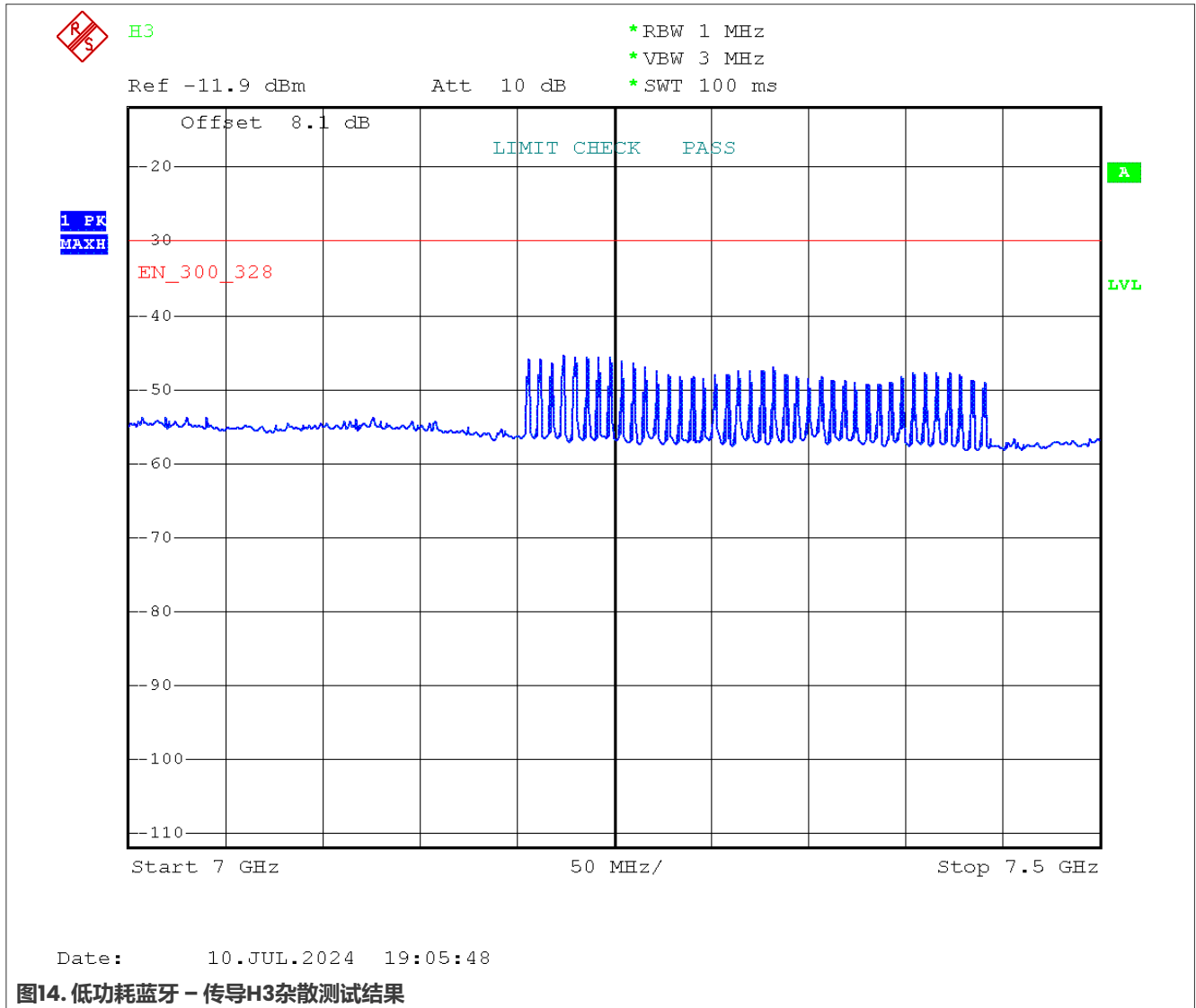


图14. 低功耗蓝牙 - 传导H3杂散测试结果

- 最大功率在频率7.23 GHz处，为-45.7 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过15.7 dB的裕量

3.3.1.6.4 H4 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为9.4 GHz至10.0 GHz。

3.3.1.6.4.1 低功耗蓝牙测试结果

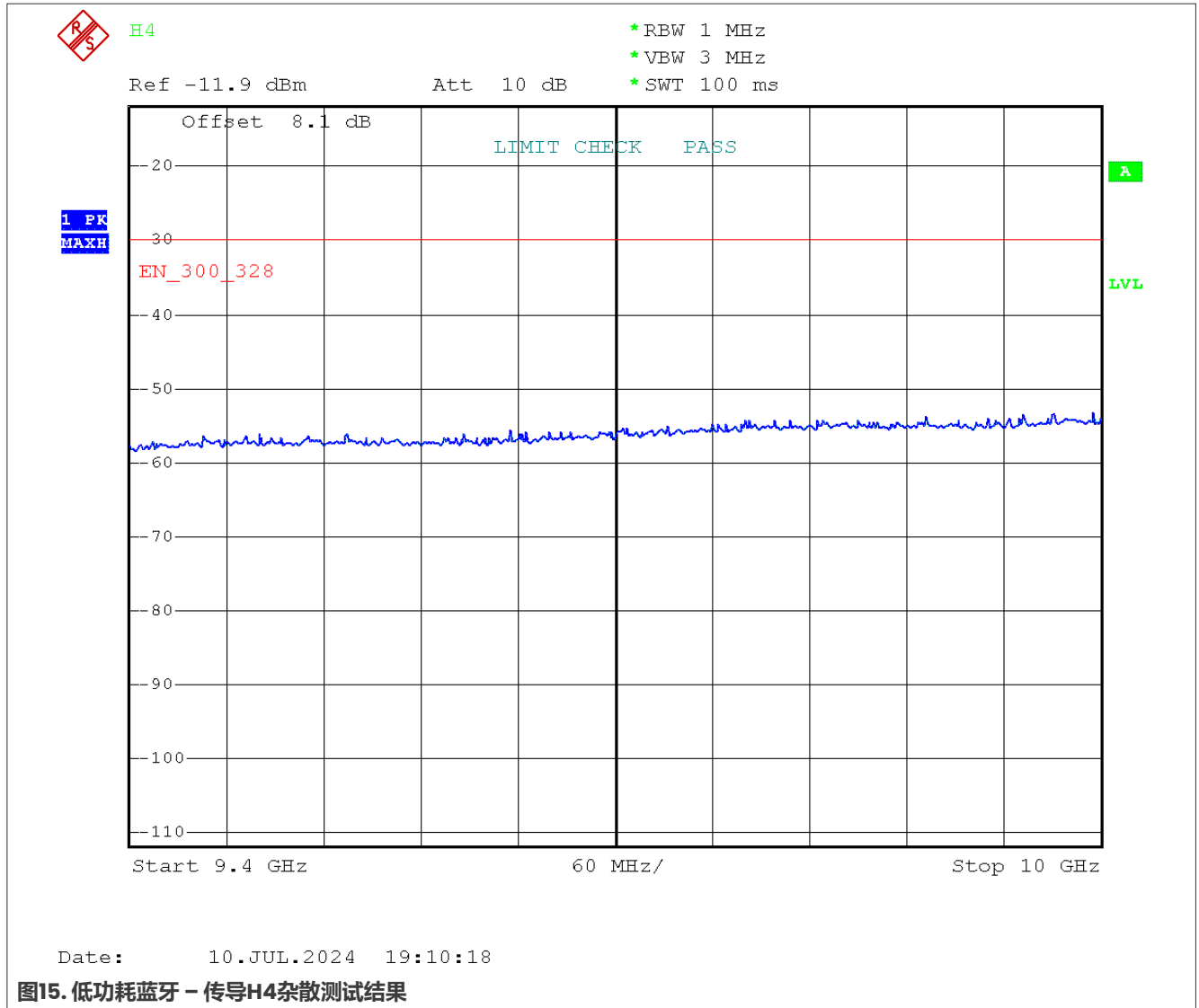


图15. 低功耗蓝牙 - 传导H4杂散测试结果

- 最大功率在频率10.0 GHz处，为-53.18 dBm

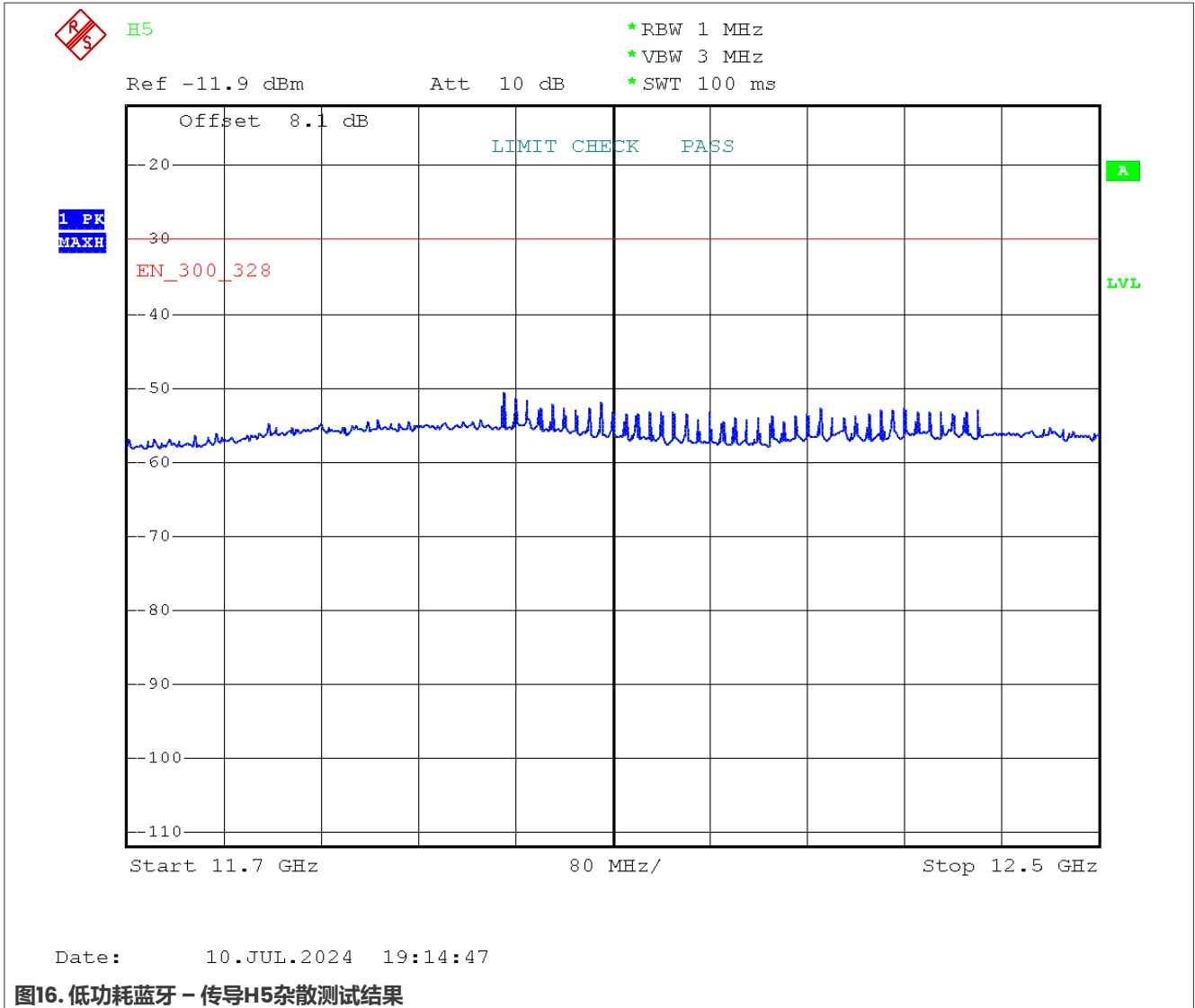
结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过23.2 dB的裕量

3.3.1.6.5 H5 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为11.7 GHz至12.5 GHz。

3.3.1.6.5.1 低功耗蓝牙测试结果



- 最大功率在频率12.02 GHz处，为-51.28 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过21.3 dB的裕量

3.3.1.6.6 H6 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为14.1 GHz至15 GHz。

测试结果：

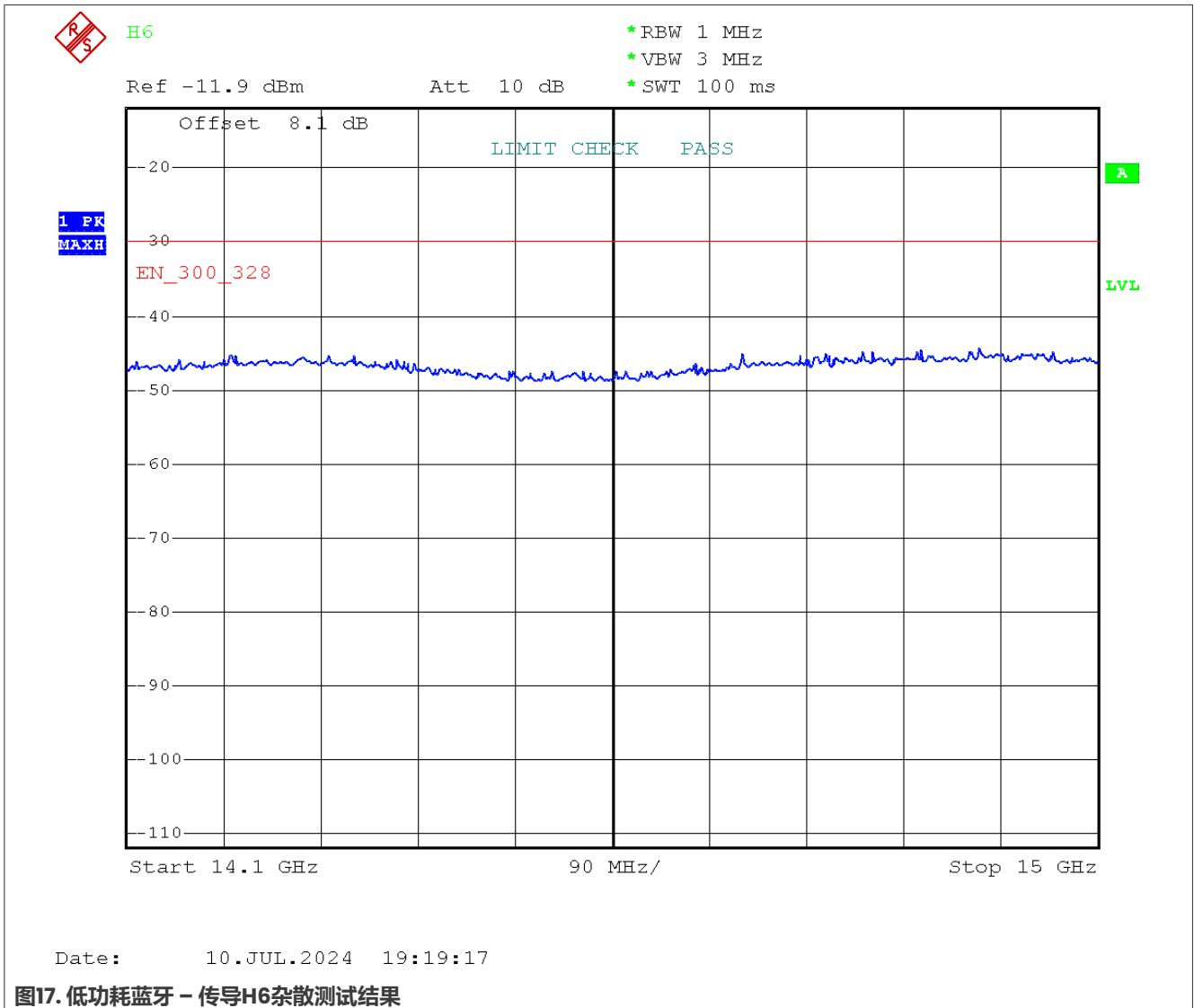


图17. 低功耗蓝牙 – 传导H6杂散测试结果

- 最大功率在频率14.89 GHz处，为-44.3 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过14.3 dB的裕量

3.3.1.6.7 H7 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为16.45 GHz至17.5 GHz。

测试结果：

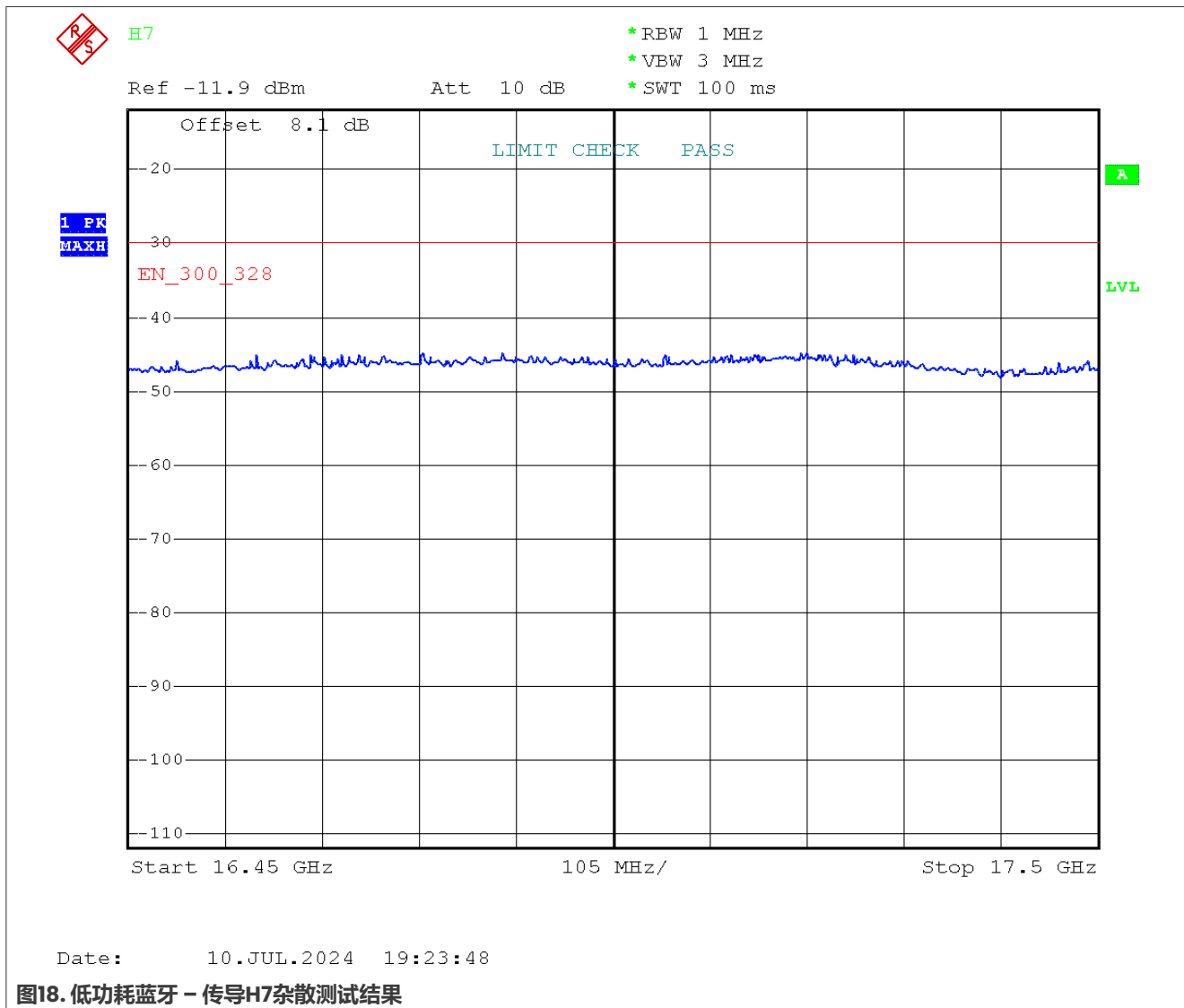


图18. 低功耗蓝牙 - 传导H7杂散测试结果

- 最大功率在频率16.86 GHz处，为-44.73 dBm

结论:

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过14.7 dB的裕量

3.3.1.6.8 H8 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为16.45 GHz至17.5 GHz。

测试结果:

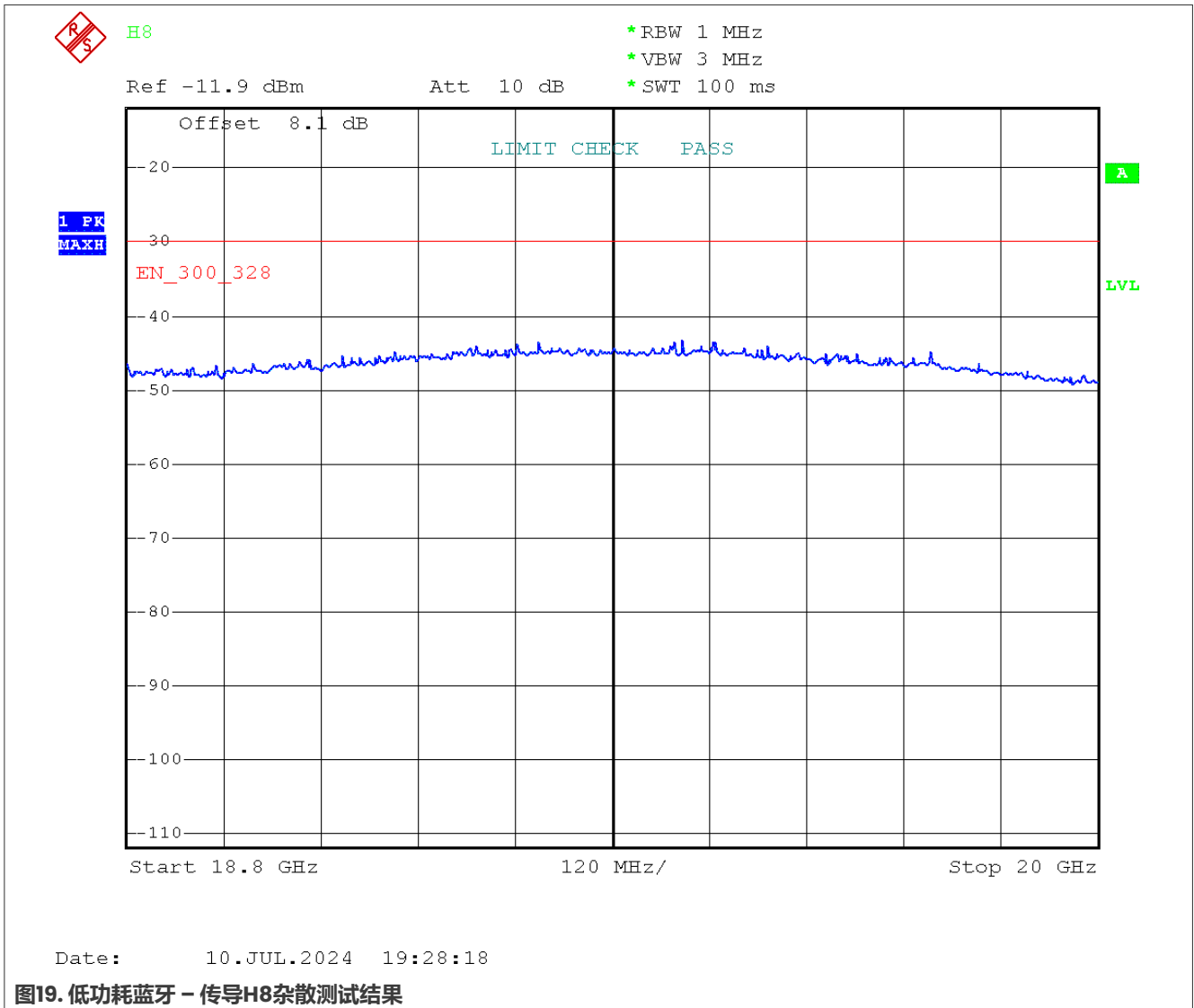


图19. 低功耗蓝牙 – 传导H8杂散测试结果

- 最大功率在频率19.49 GHz处，为-43.34 dBm

结论:

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过13.3 dB的裕量。

3.3.1.6.9 H9 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为21.15 GHz至22.5 GHz。

测试结果:

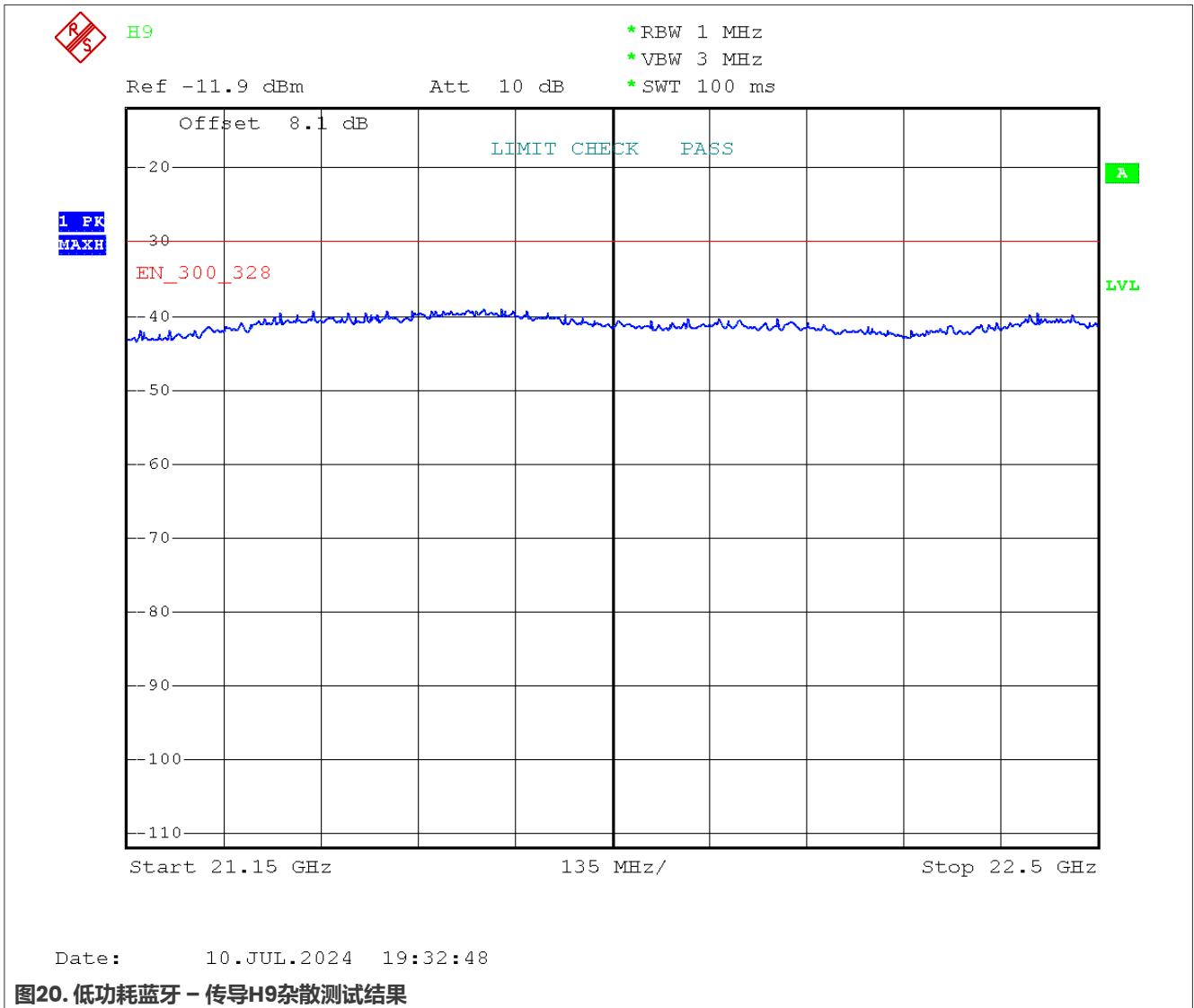


图20. 低功耗蓝牙 - 传导H9杂散测试结果

- 最大功率在频率21.67 GHz处，为-39.15 dBm

结论:

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过9.1 dB的裕量。

3.3.1.6.10 H10 (ETSI测试条件, 峰值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为23.35 GHz至25 GHz。

测试结果:

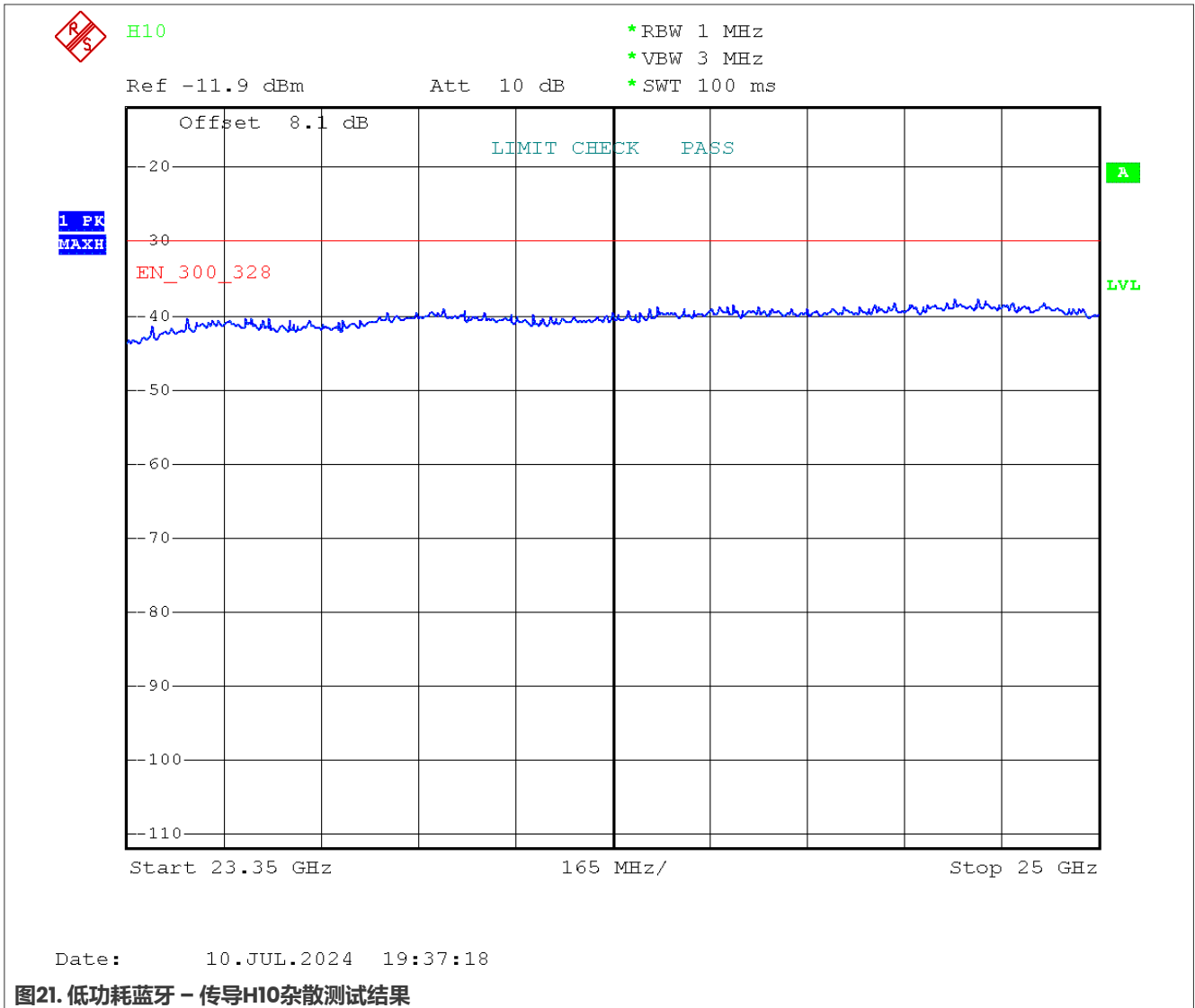


图21. 低功耗蓝牙 – 传导H10杂散测试结果

- 最大功率在频率24.8 GHz处，为-37.85 dBm

结论:

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于ETSI限值有超过7.9 dB的裕量。

3.3.1.6.11 H2 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, 调制, 连续模式
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=4.7 GHz, 停止频率=5 GHz
 - 参考电平=-20 dBm, 扫描时间=100 ms, RBW=1 MHz, VBW=3 MHz
- 跟踪: 最大保持模式
- 检波器: RMS
- 扫描所有40个BLE信道, 从信道37 (2.402 GHz) 至信道39 (2.480 GHz)

3.3.1.6.11.1 低功耗蓝牙测试结果

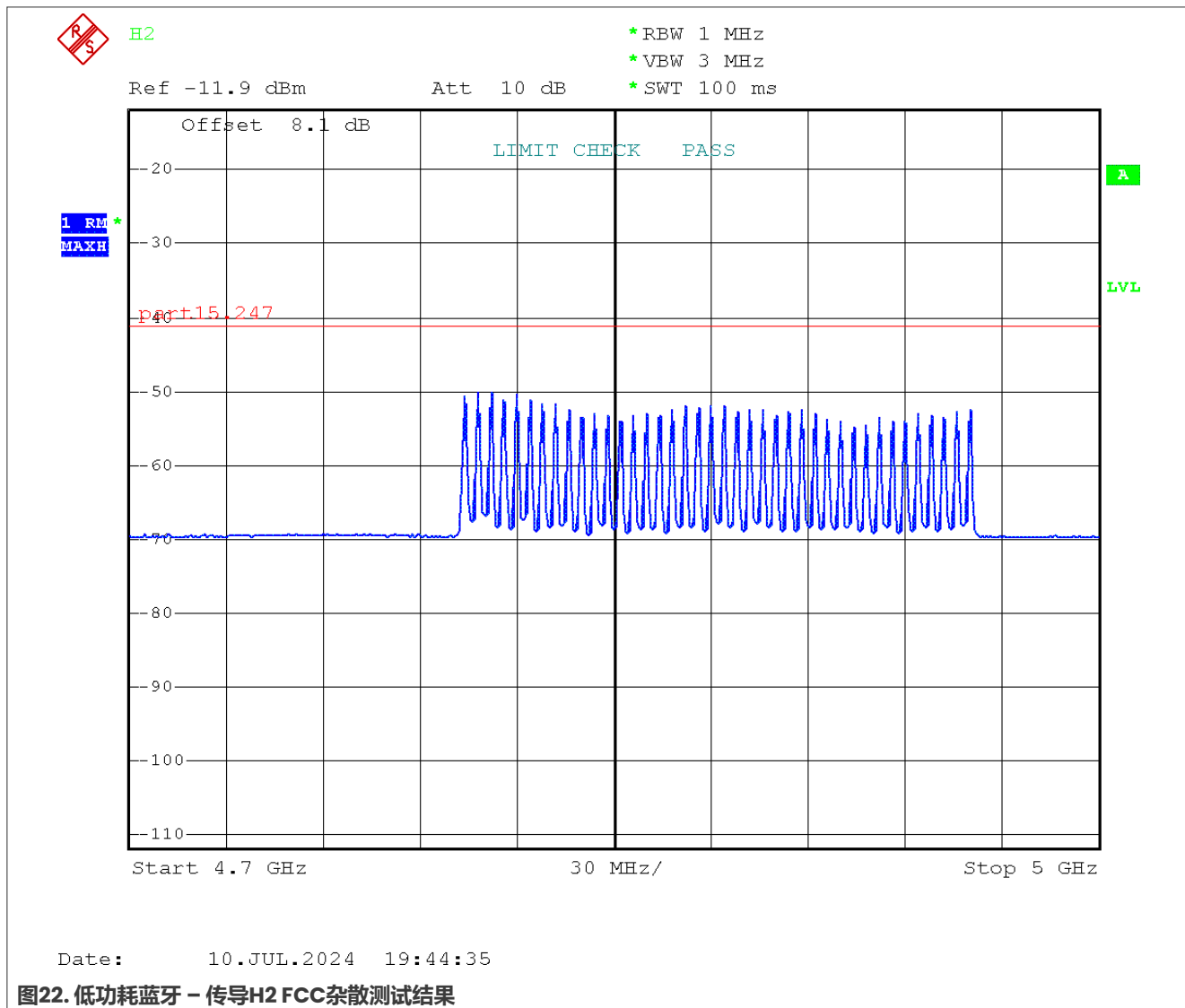


图22. 低功耗蓝牙 - 传导H2 FCC杂散测试结果

- 最大功率在频率4.81 GHz处，为-50.18 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过9.1 dB的裕量。

3.3.1.6.12 H3 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为7.0 GHz至7.5 GHz。

3.3.1.6.12.1 低功耗蓝牙测试结果

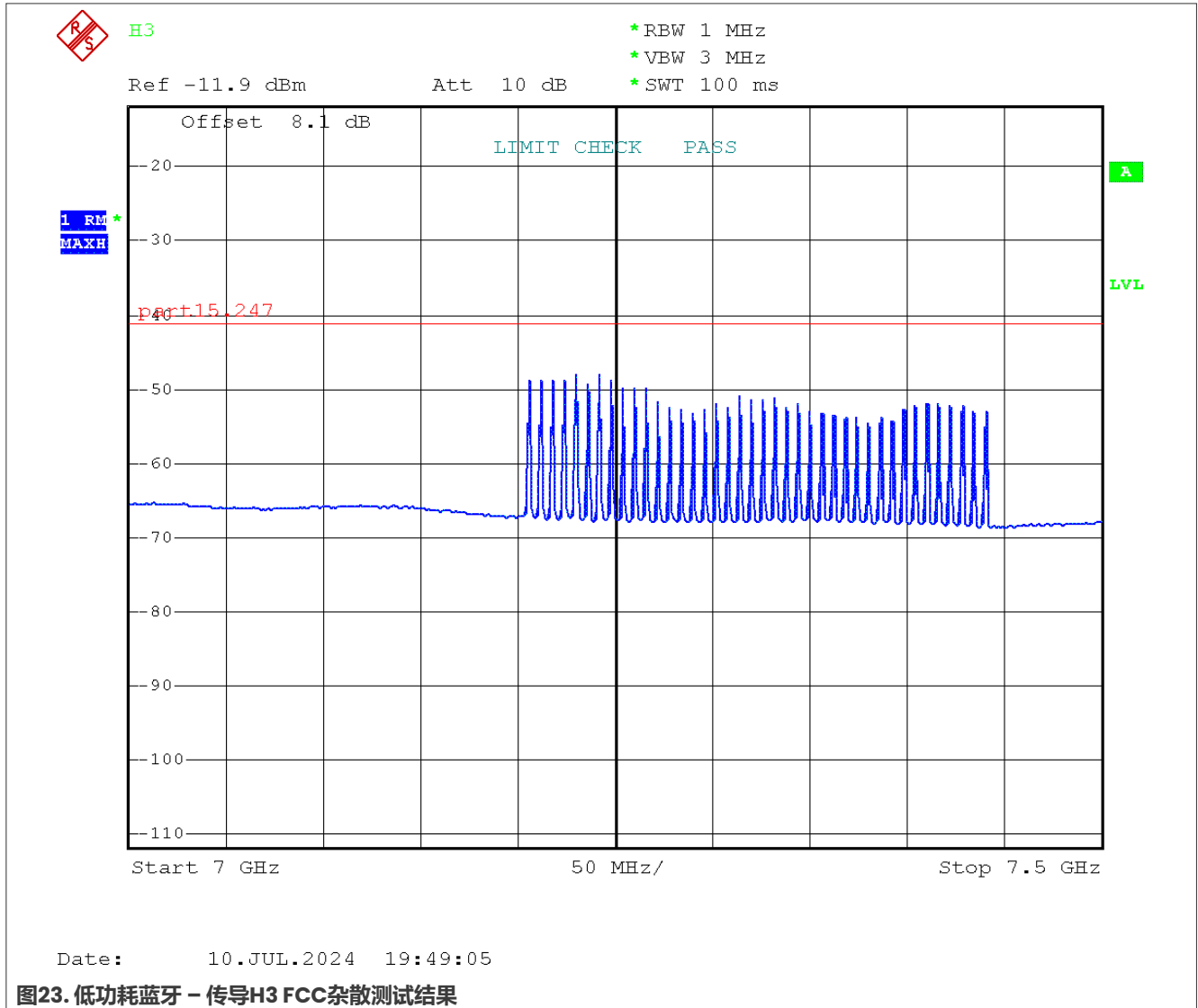


图23. 低功耗蓝牙 - 传导H3 FCC杂散测试结果

- 最大功率在频率7.23 GHz处，为-48.13 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过7.0 dB的裕量。

3.3.1.6.13 H4 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为9.4 GHz至10 GHz。

3.3.1.6.13.1 低功耗蓝牙测试结果

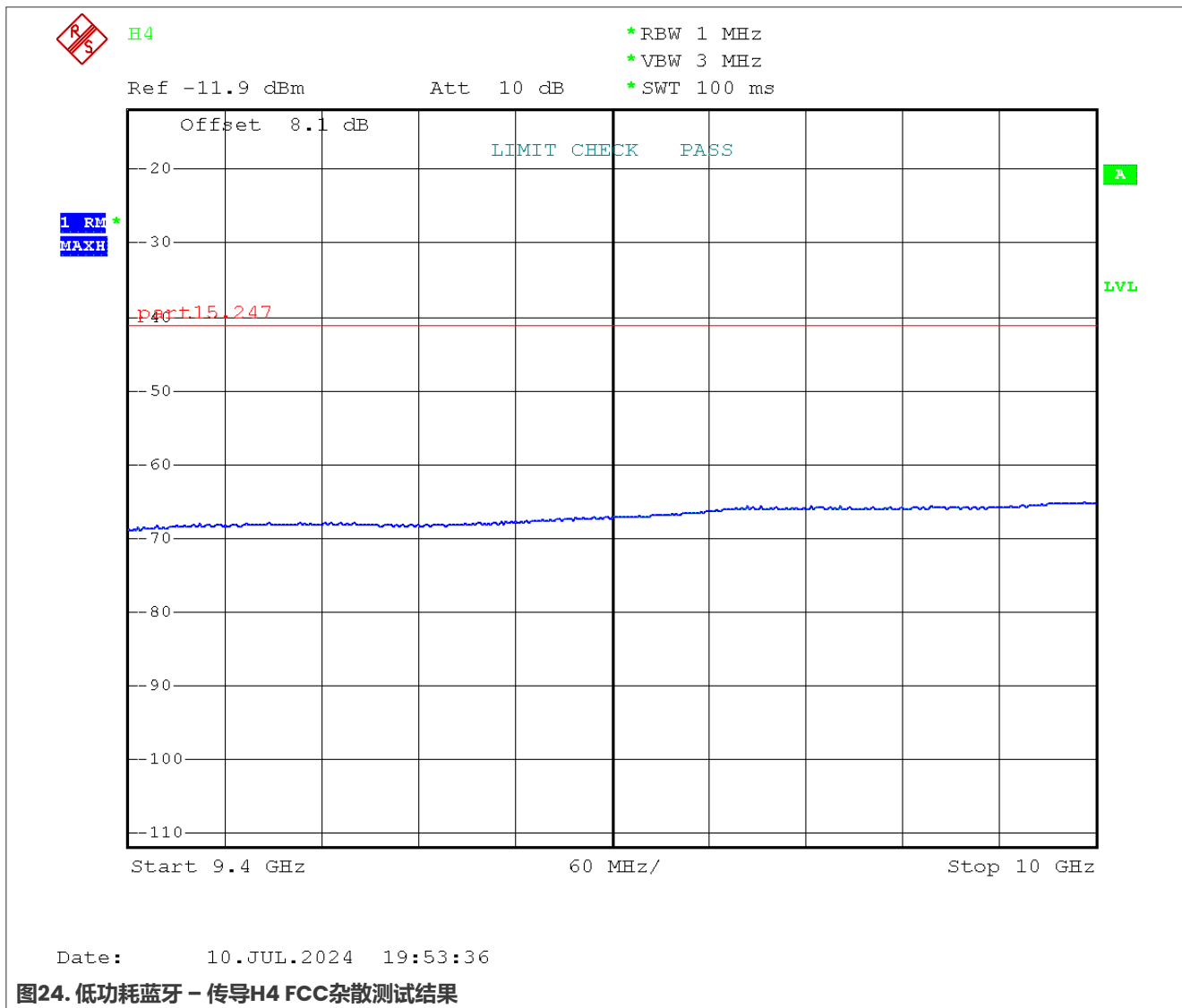


图24. 低功耗蓝牙 - 传导H4 FCC杂散测试结果

- 最大功率在频率9.99 GHz处，为-65.1 dBm

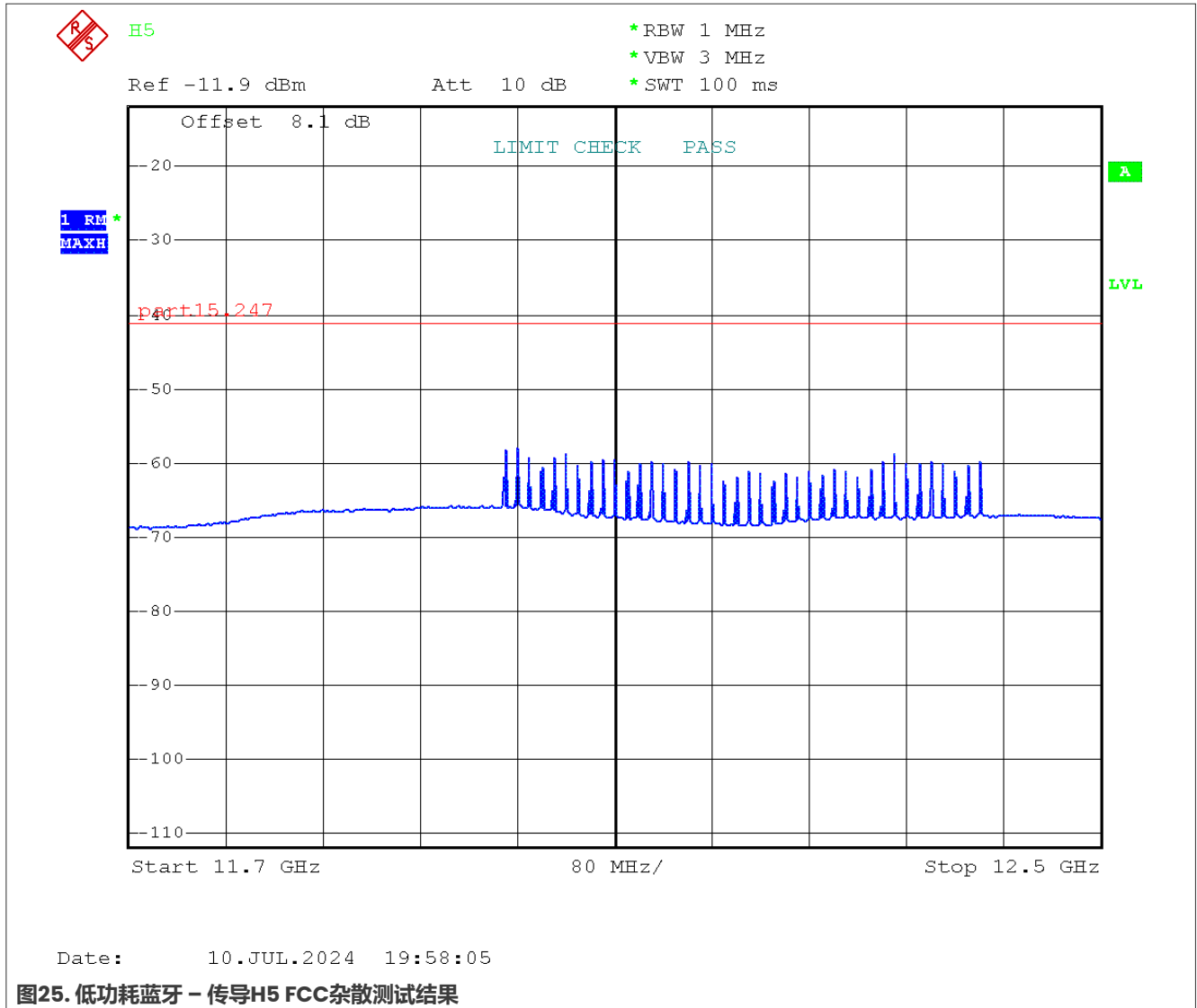
结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过24.0 dB的裕量。

3.3.1.6.14 H5 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为11.7 GHz至12.5 GHz。

3.3.1.6.14.1 低功耗蓝牙测试结果



- 最大功率在频率12.02 GHz处，为-58.26 dBm

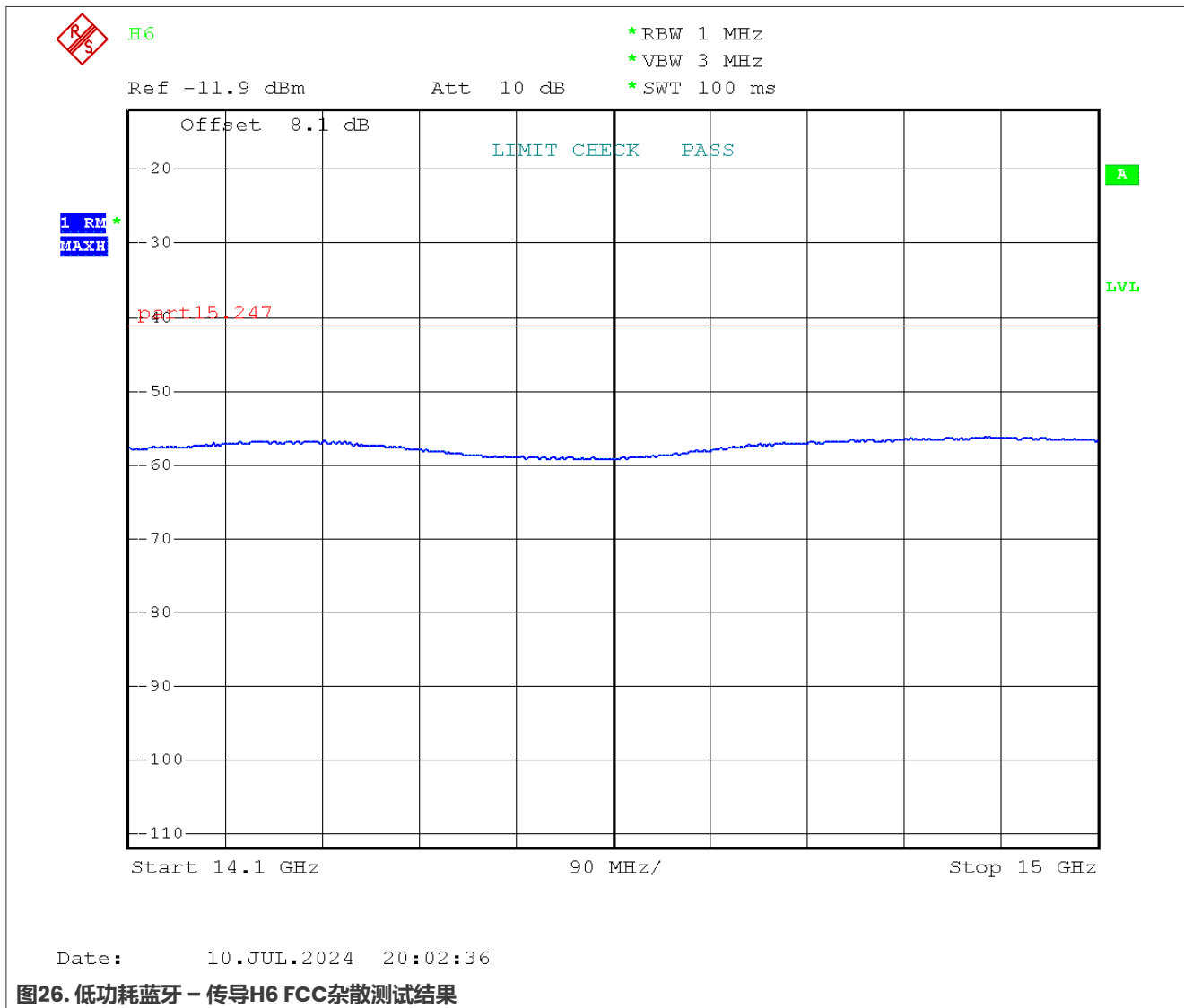
结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过17.1 dB的裕量。

3.3.1.6.15 H6 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为14.1 GHz至15 GHz。

测试结果：



- 最大功率在频率14.9 GHz处，为-56.23 dBm

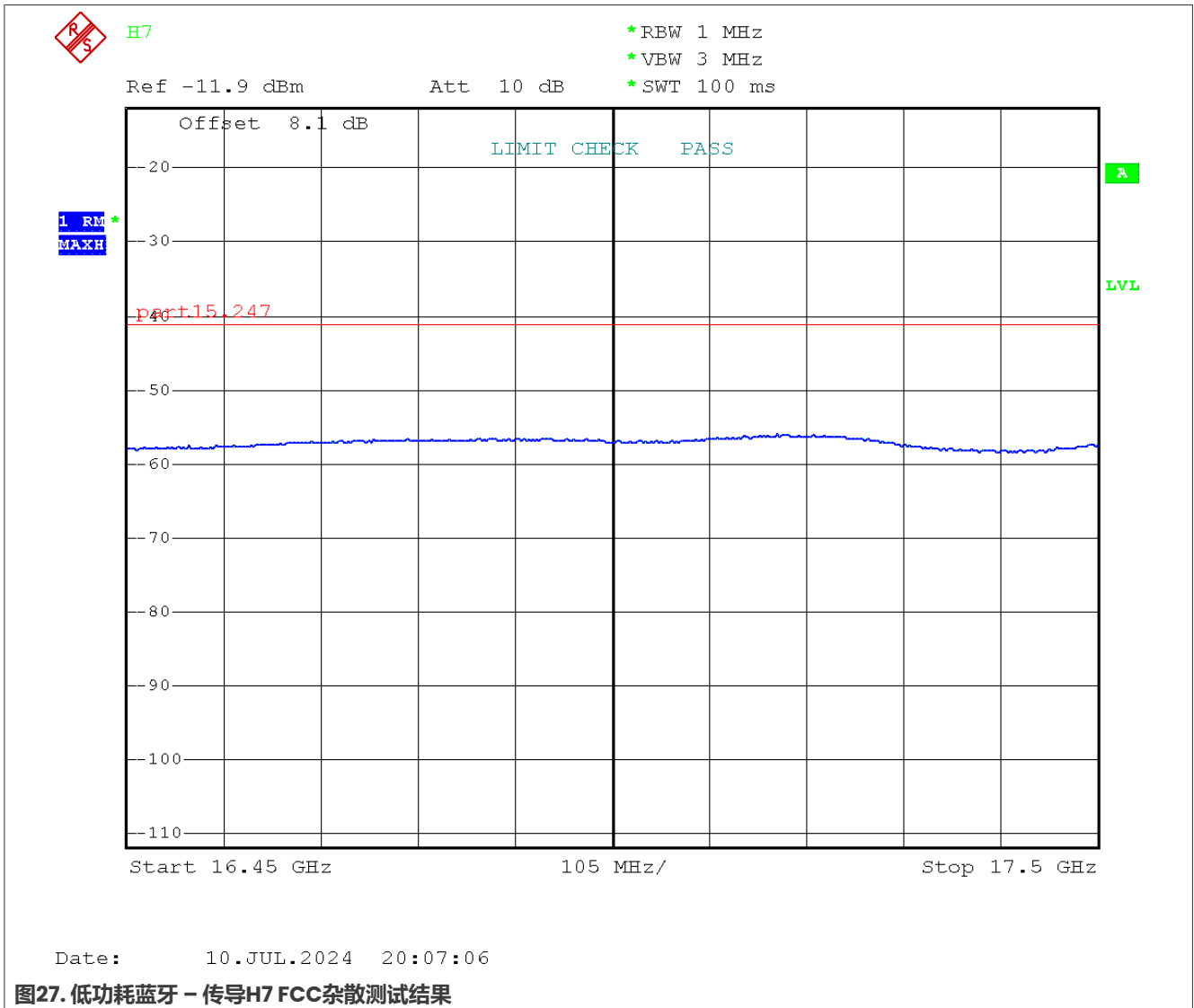
结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过15.1 dB的裕量。

3.3.1.6.16 H7 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为16.45 GHz至17.5 GHz。

测试结果：



- 最大功率在频率17.15 GHz处，为-55.95 dBm

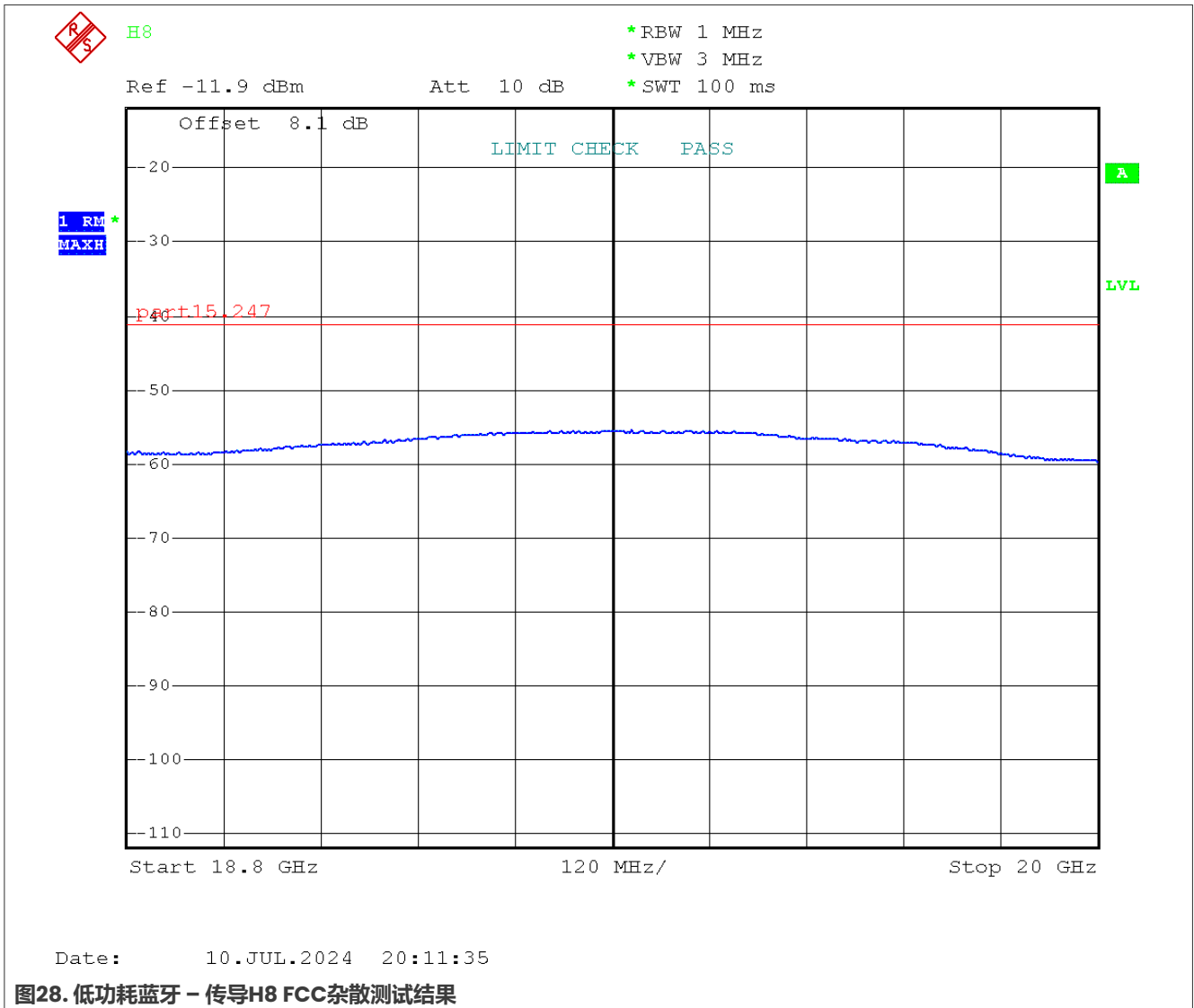
结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过14.8 dB的裕量。

3.3.1.6.17 H8 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为16.45 GHz至17.5 GHz。

测试结果：



- 最大功率在频率19.42 GHz处，为-55.27 dBm

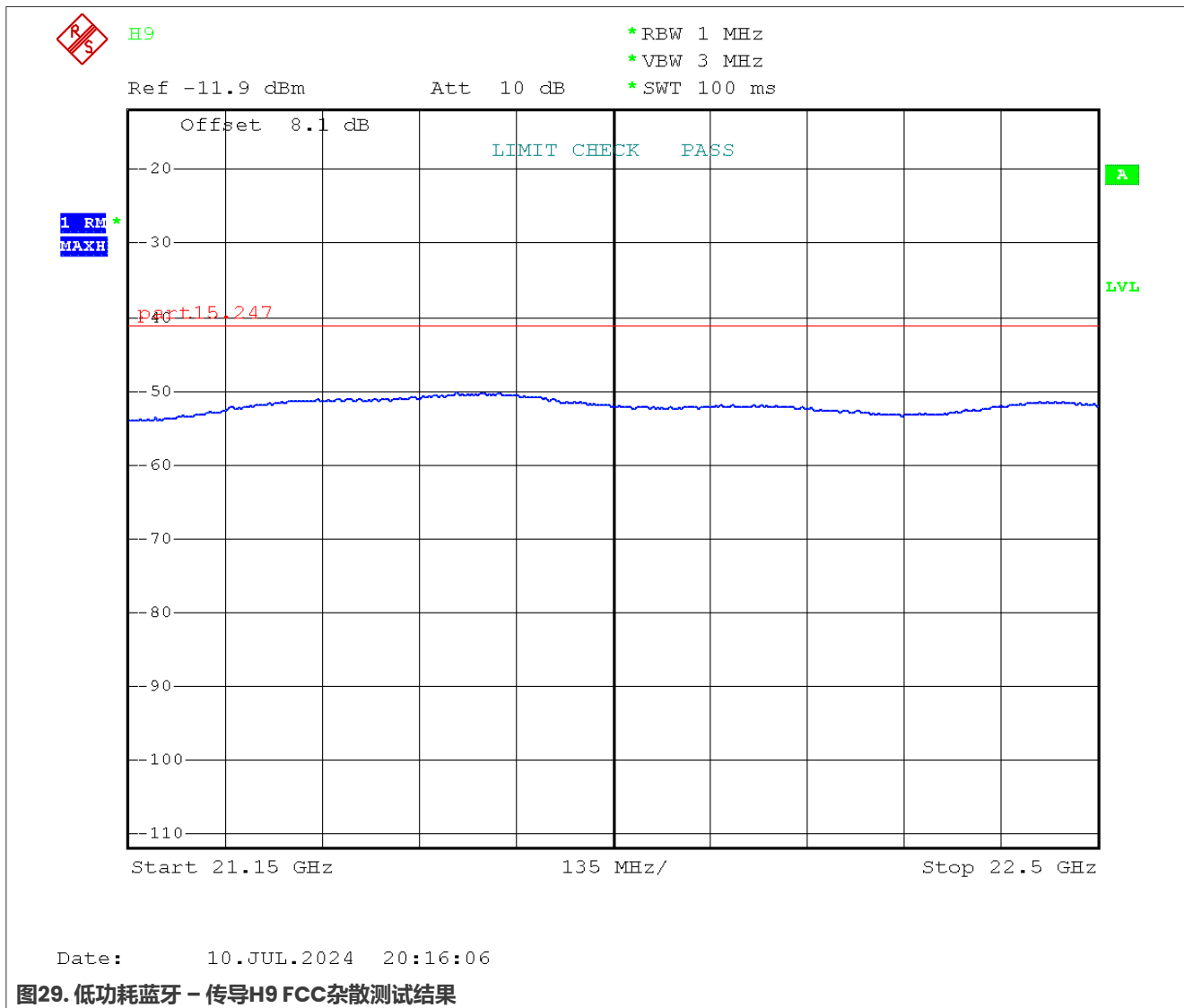
结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过14.2 dB的裕量。

3.3.1.6.18 H9 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为21.15 GHz至22.5 GHz。

测试结果：



- 最大功率在频率21.63 GHz处，为-50.25 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过9.1 dB的裕量。

3.3.1.6.19 H10 (FCC测试条件, 平均值测量)

测试方法与H2相同，除了频谱分析仪的频率范围必须设置为23.35 GHz至25 GHz。

测试结果：

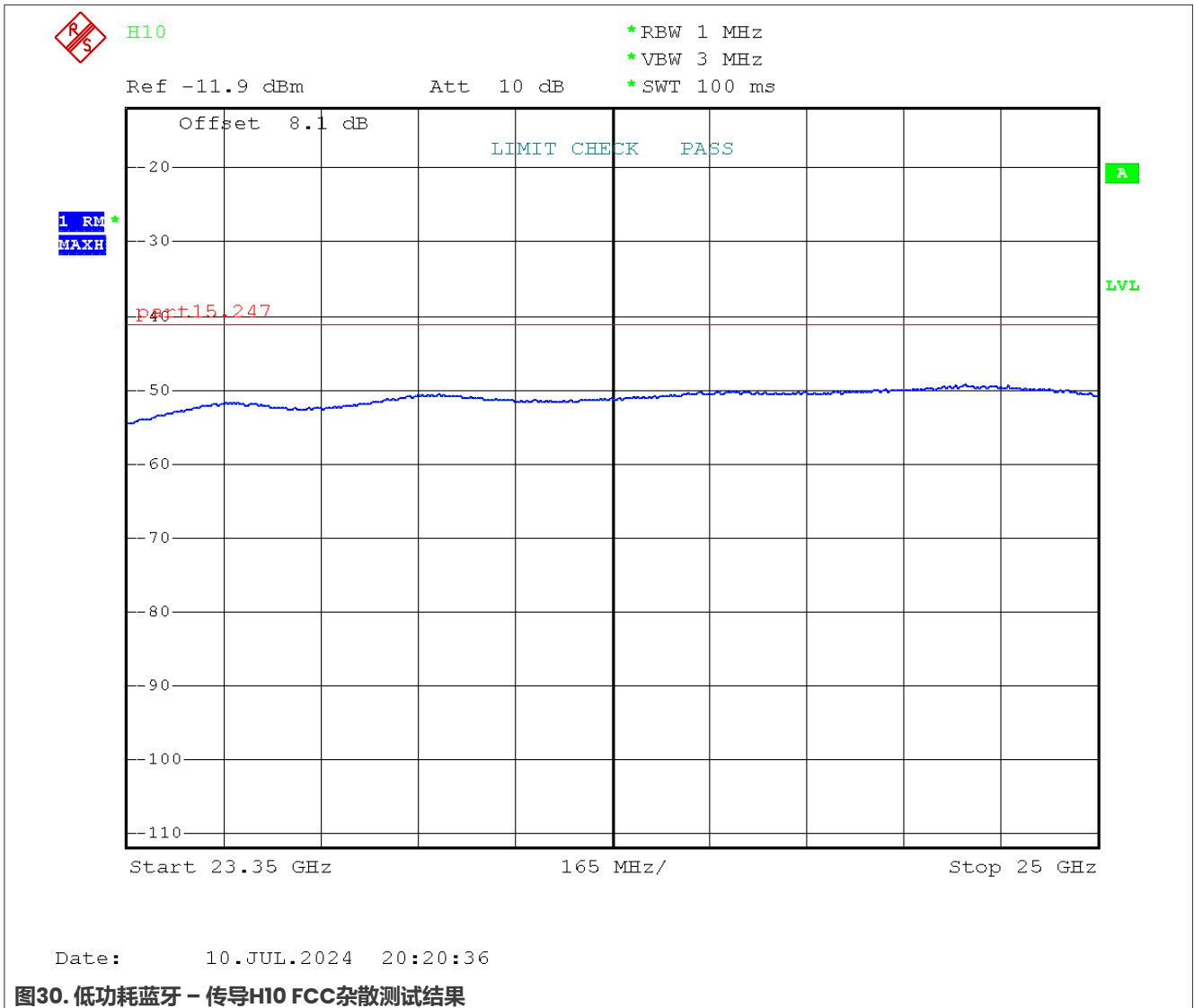


图30. 低功耗蓝牙 - 传导H10 FCC杂散测试结果

- 最大功率在频率24.76 GHz处，为-49.38 dBm

结论：

- 低功耗蓝牙的测试结果相对于FCC限值有超过8.3 dB的裕量。

3.3.1.7 下频带边缘 - 中国工信部

3.3.1.7.1 测试方法

- 将射频设置为：
 - 发射模式，调制，突发模式，发射功率电平为10 dBm
- 设置BLE信道37 (2.402 GHz)
- 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.375 GHz，停止频率=2.405 GHz
 - 参考电平=-20 dBm，扫描时间=100 ms，扫描点：8001点
 - RBW = 1 MHz

- 视频带宽=3 MHz
- 检波器=RMS MaxHold

3.3.1.7.2 低功耗蓝牙测试结果

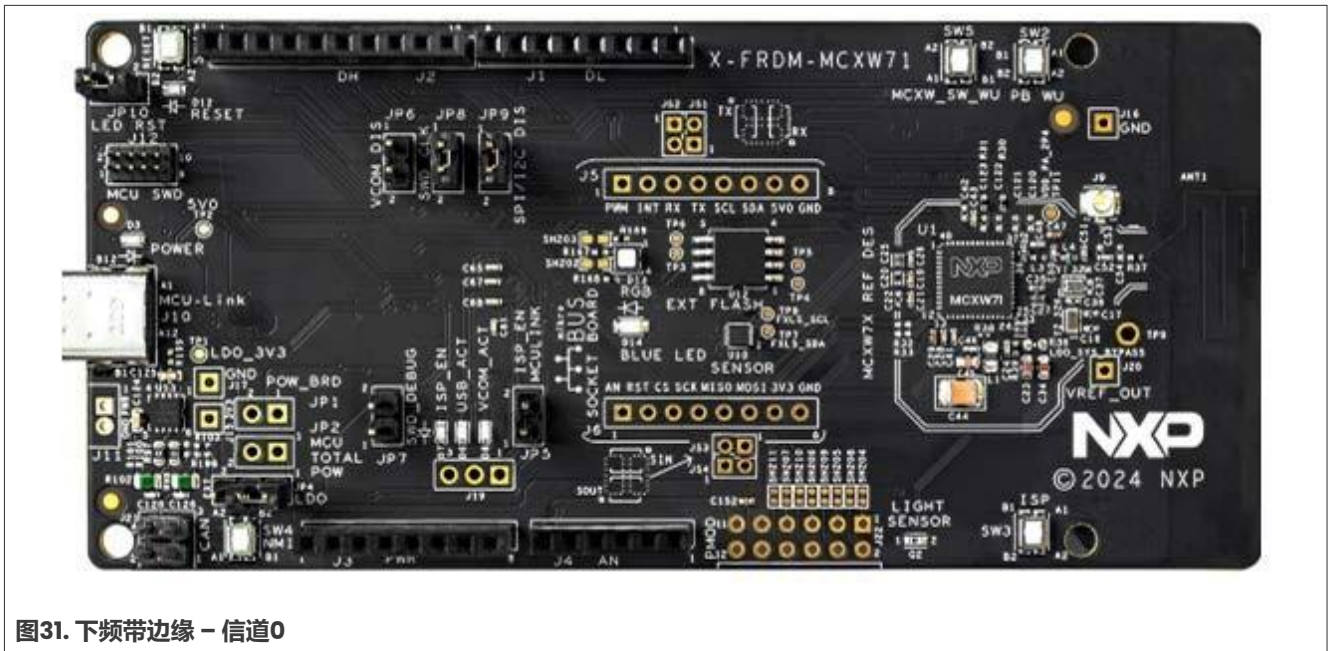


图31. 下频带边缘 - 信道0

结论:

- 下频带边缘测试通过了下频带边缘测试认证。
- 有5.52 dB的充足裕量。

3.3.1.8 上频带边缘 – 中国工信部

3.3.1.8.1 测试方法

- 将射频设置为：
 - 发射模式、调制、突发模式
- 设置信道39 (2.48 GHz)
- 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.477 GHz, 停止频率=2.507 GHz, 参考电平=-20 dBm, 扫描时间=40 ms, 扫描点: 8001点
 - RBW=1 MHz, 视频带宽=3 MHz, 检波器 = RMS MaxHold

3.3.1.8.2 结果

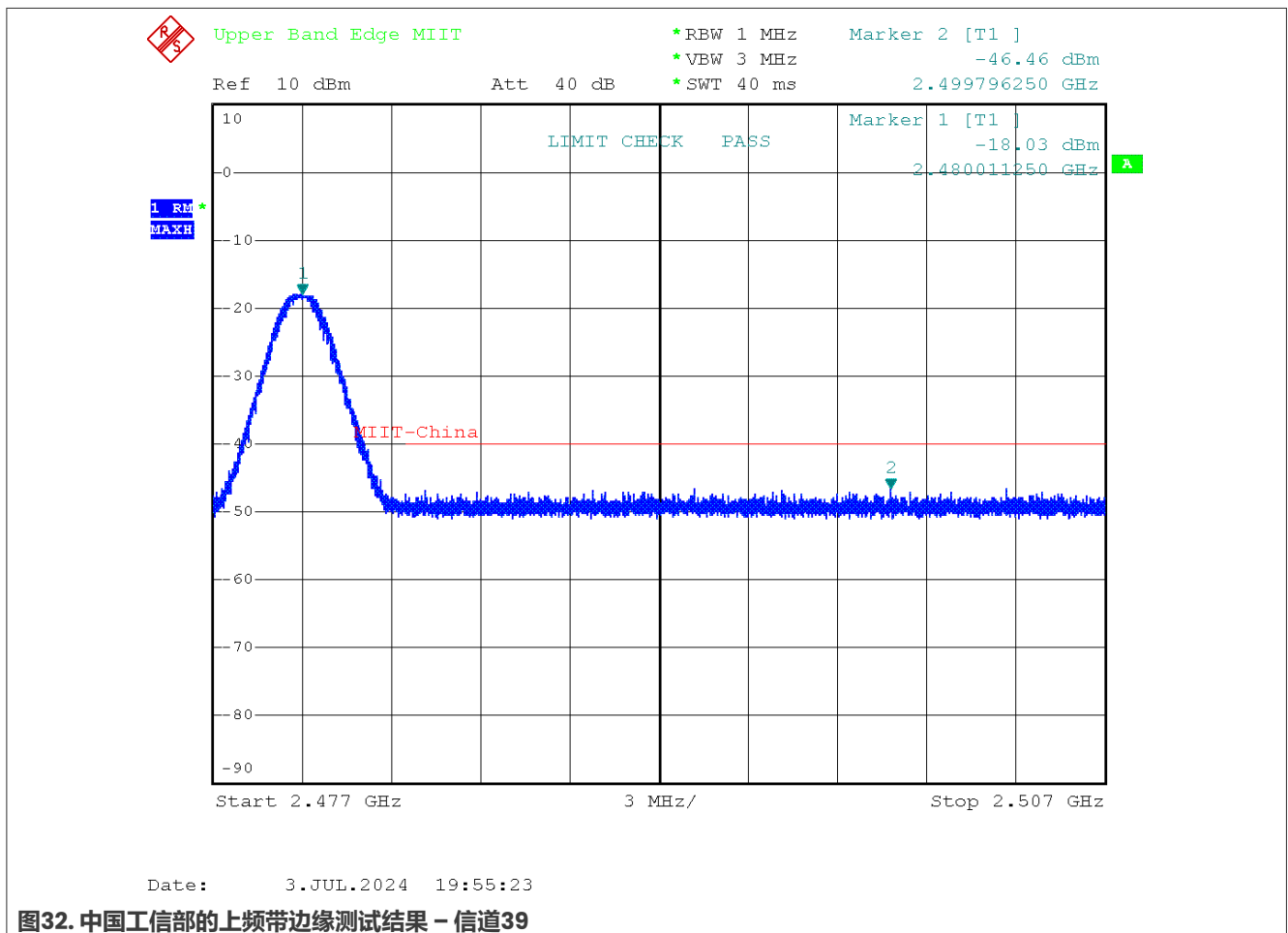


图32. 中国工信部的上频带边缘测试结果 – 信道39

结论：

- 此开发板通过了中国工信部的上频带边缘认证。
- 有5.54 dB的充足裕量。

3.3.1.9 上频带边缘 (FCC ANSI C63.10, 558074 D01 DTS)

3.3.1.9.1 测试方法

- 将射频设置为：
 - 发射模式，调制 (1 Msps, 2 Msps, 500 Ksps, 125 Ksps) ，连续模式，最大射频输出功率+10 dBm
- 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.475 GHz，停止频率=2.485 GHz，参考电平=-20 dBm，扫描时间=AUTO
 - RBW=100 kHz，视频带宽=300 kHz，检波器=平均值
 - 平均模式：功率
 - 扫描次数=100
- 设置BLE信道39 (2.48 GHz)
- 跟踪模式：最大保持模式

3.3.1.9.2 低功耗蓝牙测试结果

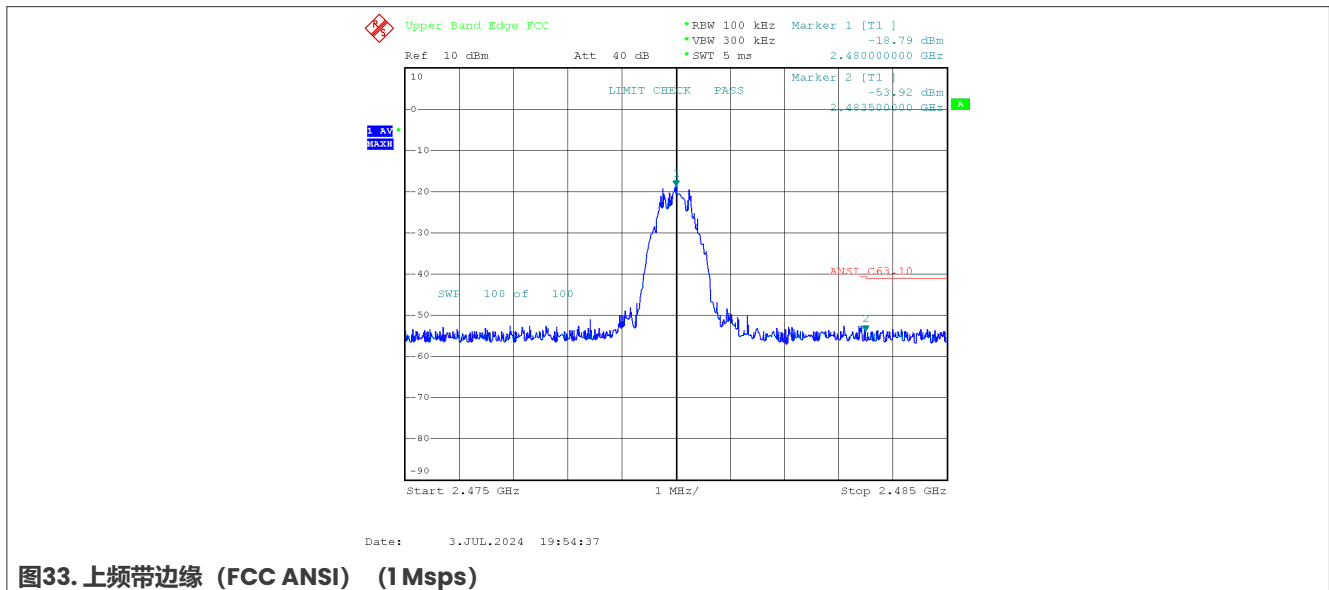


图33. 上频带边缘 (FCC ANSI) (1 Msps)

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

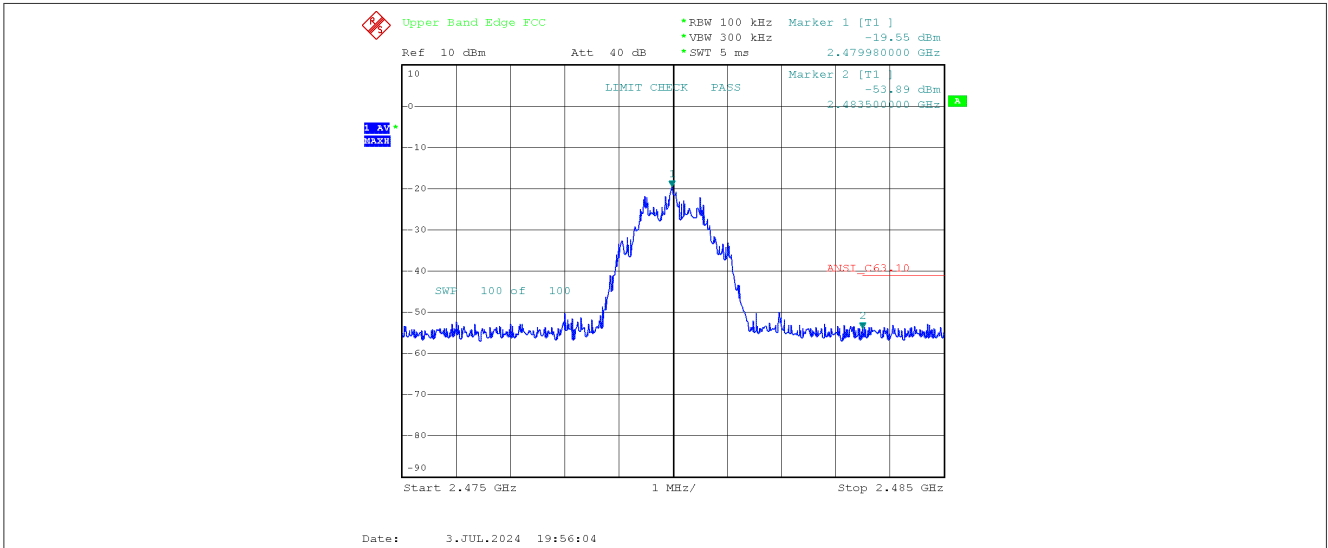


图34. 上频带边缘 (FCC ANSI) (2 Msps)

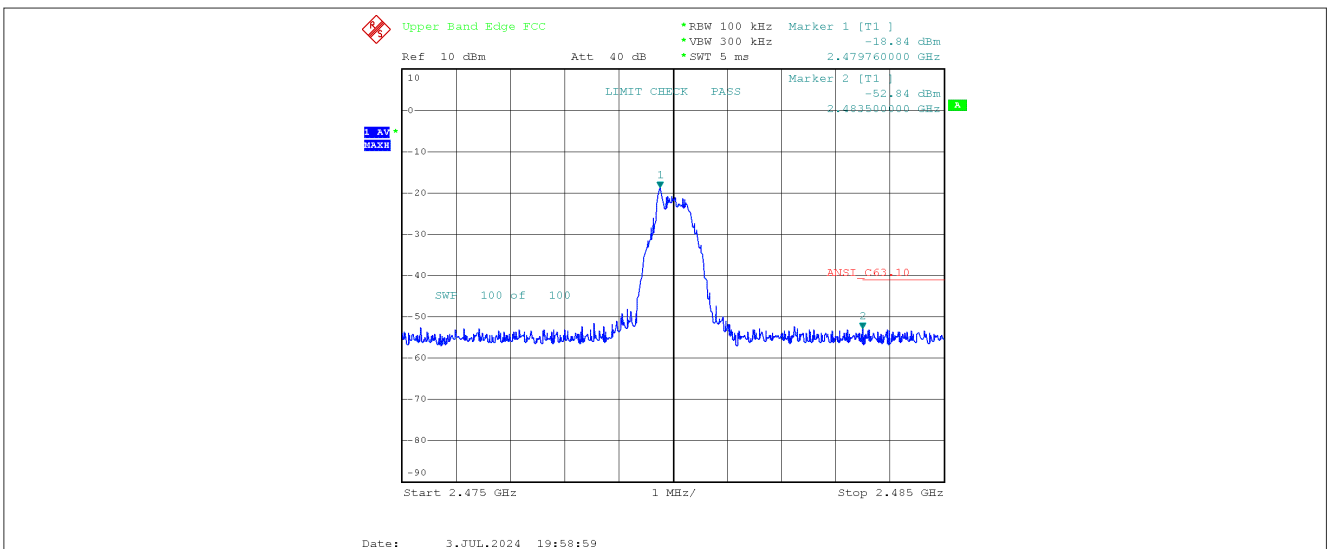


图35. 上频带边缘 (FCC ANSI) (500 Ksps)

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

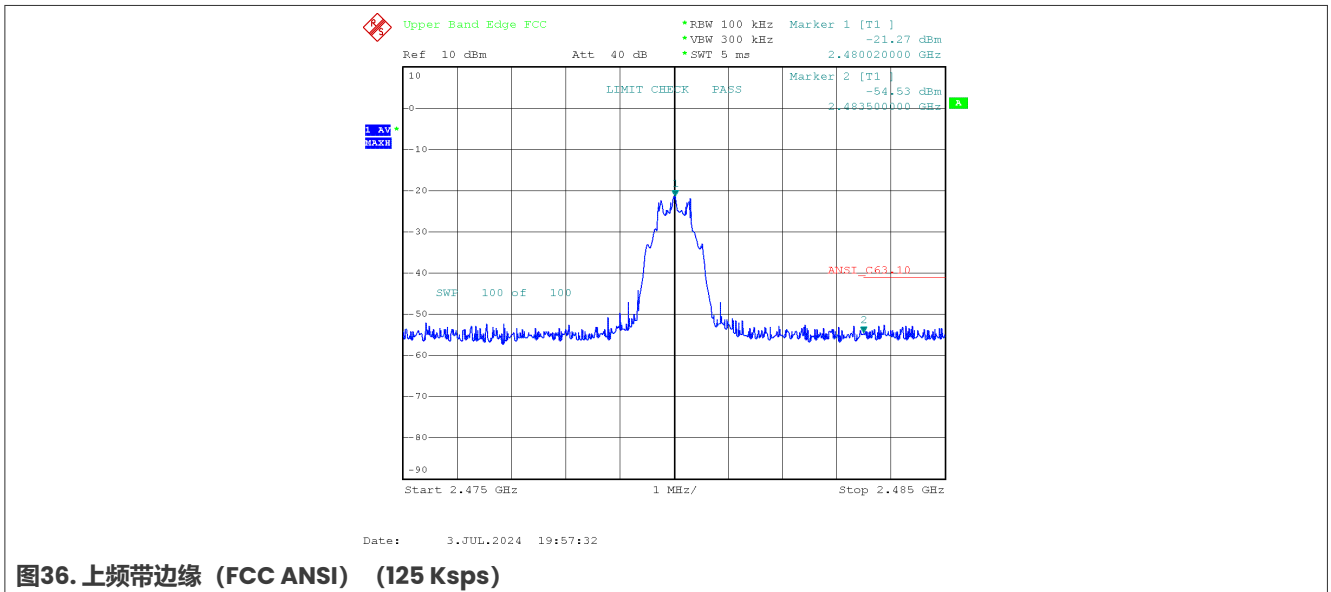


图36. 上频带边缘 (FCC ANSI) (125 Ksps)

结果

表19. 上频带边缘 (FCC ANSI) – 信道39

调制	1 Msps	2 Msps	500 Ksps	125 Ksps
2.4835GHz时的功率电平	-53.92 dBm	-53.89 dBm	-52.84 dBm	-54.53 dBm

FCC限值: <-41.15 dBm

结论:

- 此开发板通过了FCC的上频带边缘认证。
- 有至少11.69 dB的裕量。

3.3.1.10 带外测试 (ETSI 300, 328第5.4.8.2.1章)

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, 调制, 连续模式, 发射输出功率=+10 dBm
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=2.475 GHz, 停止频率=2.485 GHz, 参考电平=-20 dBm, 扫描时间=100 ms
 - RBW=1 MHz, 视频带宽=3 MHz, 检波器=RMS
 - 平均模式: 功率
 - 扫描次数=100
- 设置信道39 (2.48 GHz)
- 跟踪模式: 最大保持模式

测试结果:

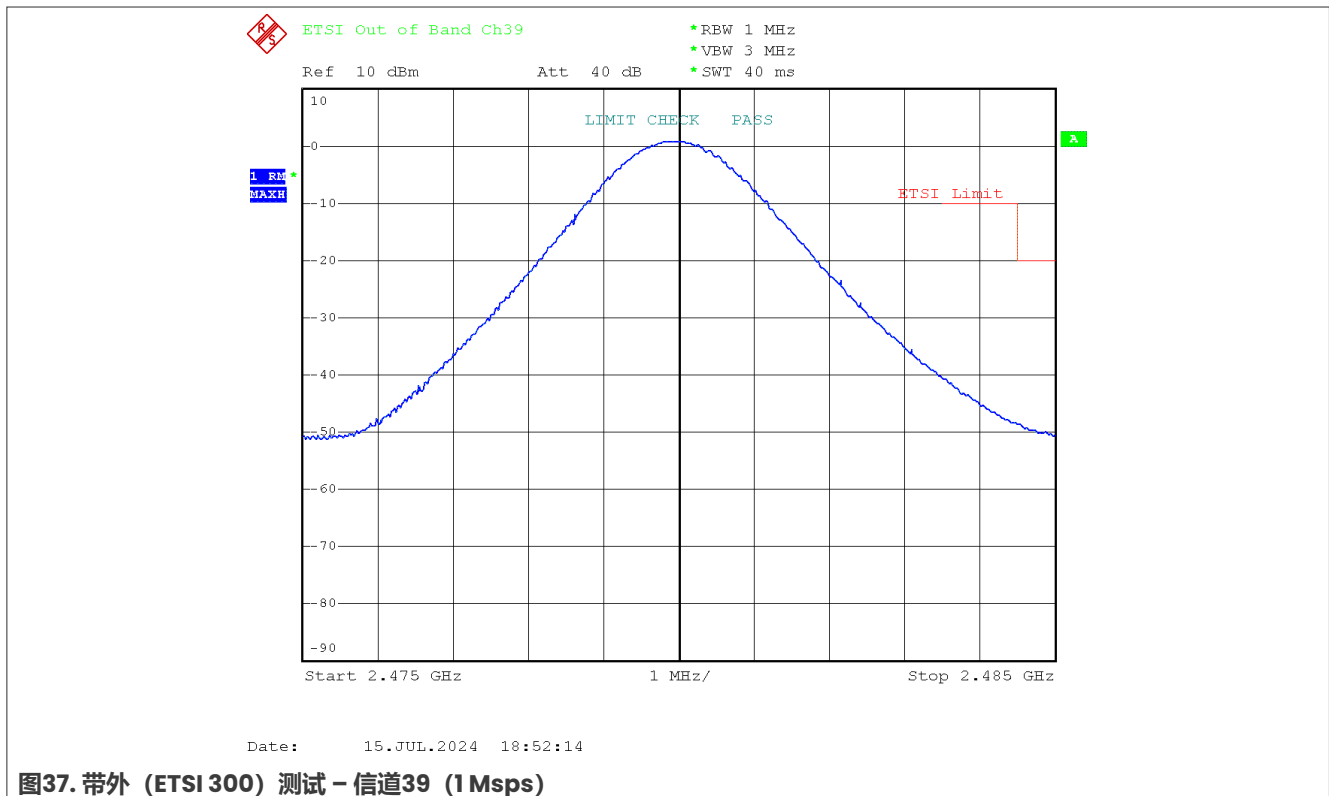


图37. 带外 (ETSI 300) 测试 - 信道39 (1 Msps)

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

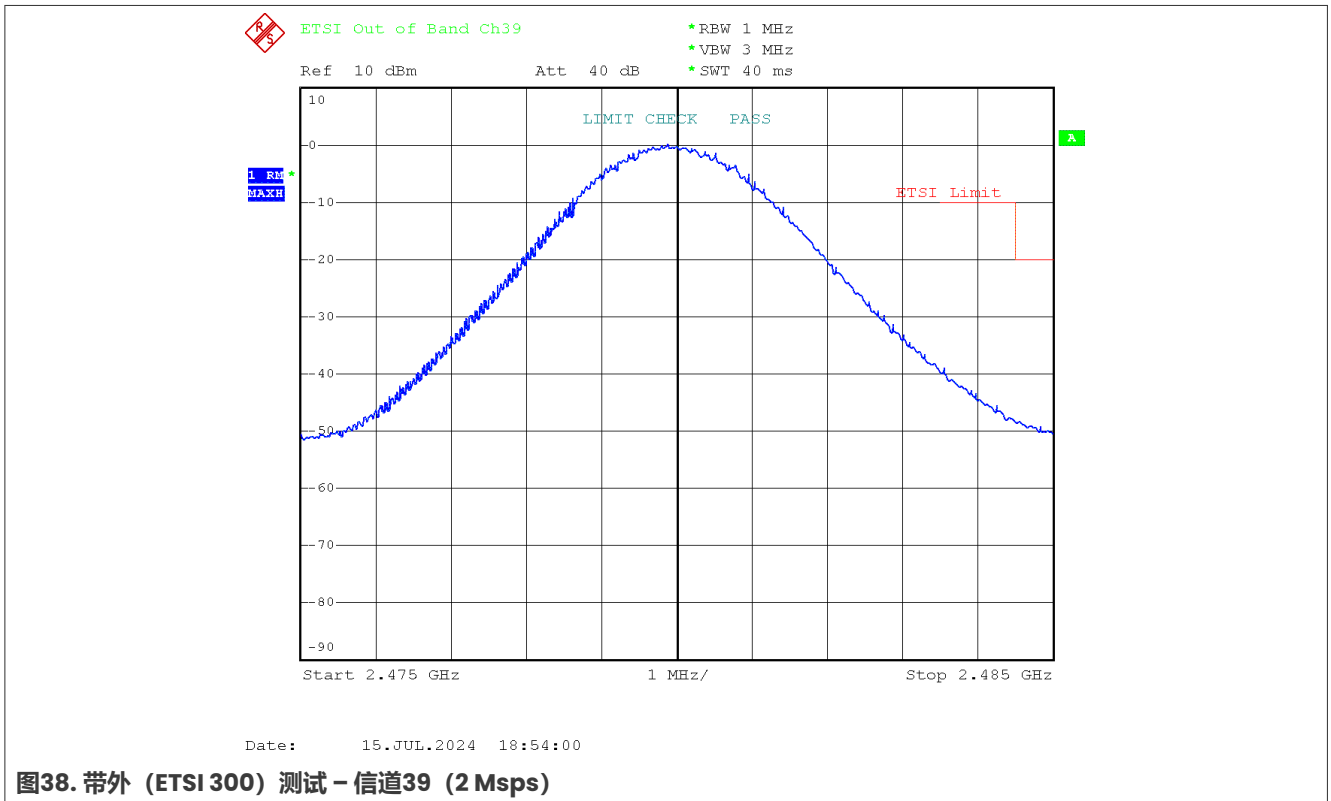


图38. 带外 (ETSI 300) 测试 - 信道39 (2 Msps)

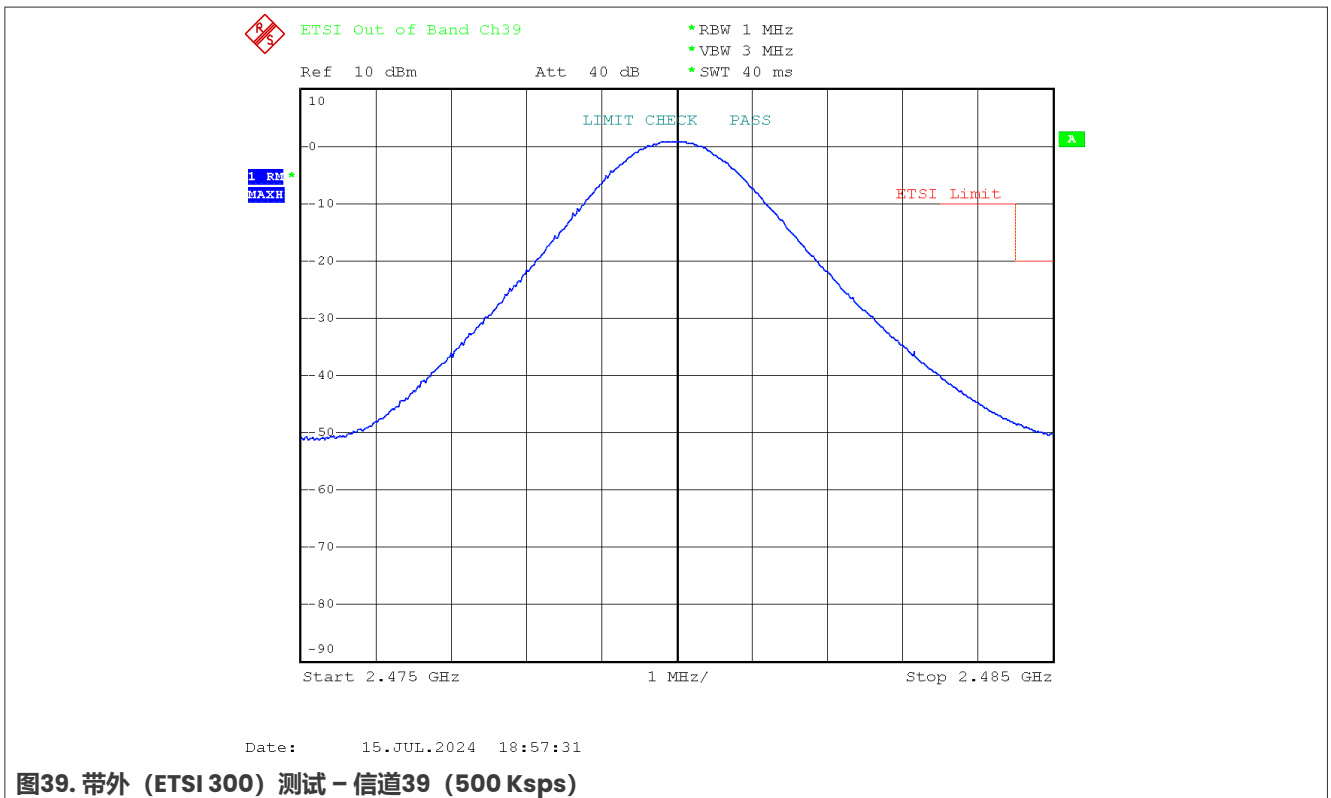


图39. 带外 (ETSI 300) 测试 - 信道39 (500 Ksps)

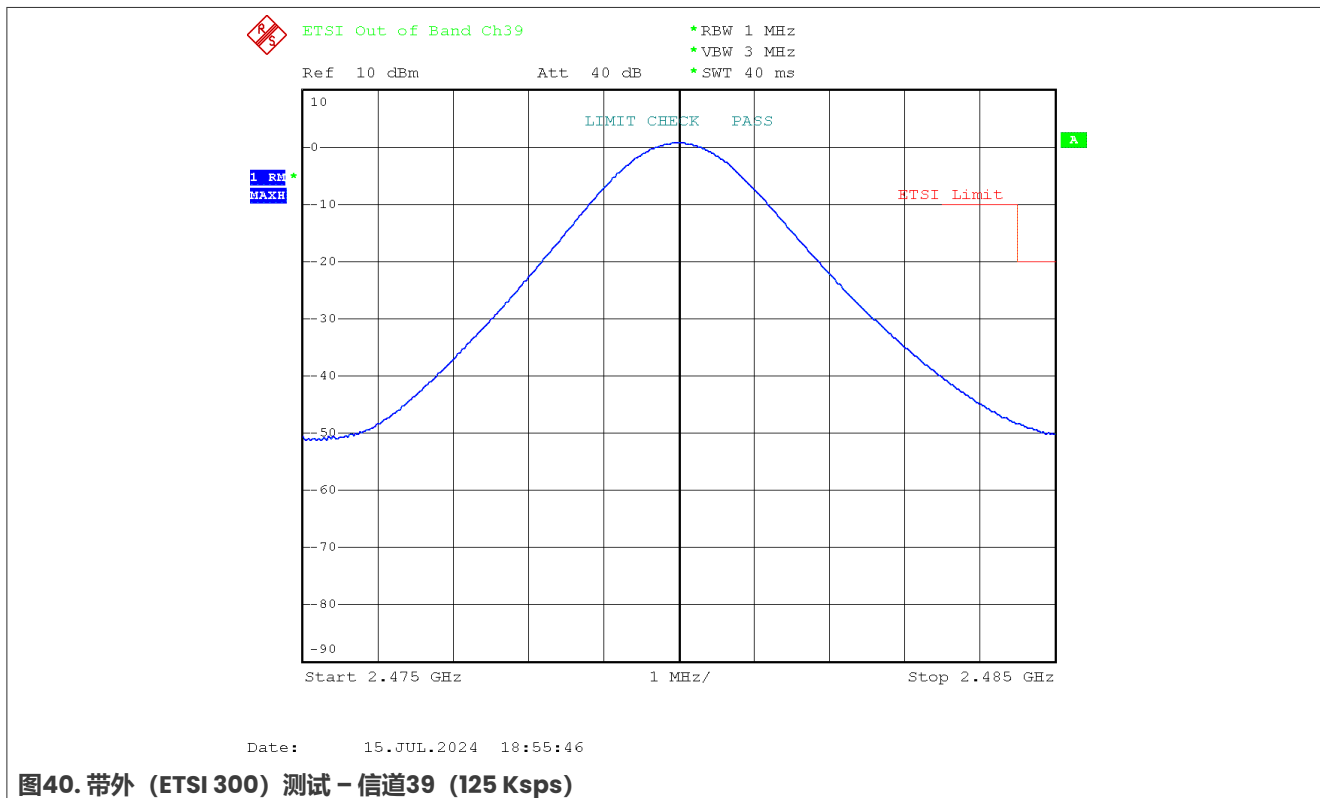


图40. 带外 (ETSI 300) 测试 – 信道39 (125 Ksps)

结论

- FRDM-MCXW71开发板通过了ETSI限值测试。
- 有比限值低28.5 dB的裕量。

3.3.1.11 带外测试 (ARIB STD T-66)

测试方法:

将射频设置为:

- 发射模式, 调制, 连续模式, 发射输出功率=+10 dBm
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=2.475 GHz, 停止频率=2.485 GHz, 参考电平=-20 dBm, 扫描时间=100 ms
 - RBW=1 MHz, 视频带宽=1 MHz, 检波器=峰值
 - 平均模式: 功率
 - 扫描次数=100
- 设置信道37 (2.402 GHz) 和39 (2.48 GHz)
- 跟踪模式: 最大保持模式

信道37的详细测试结果:

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

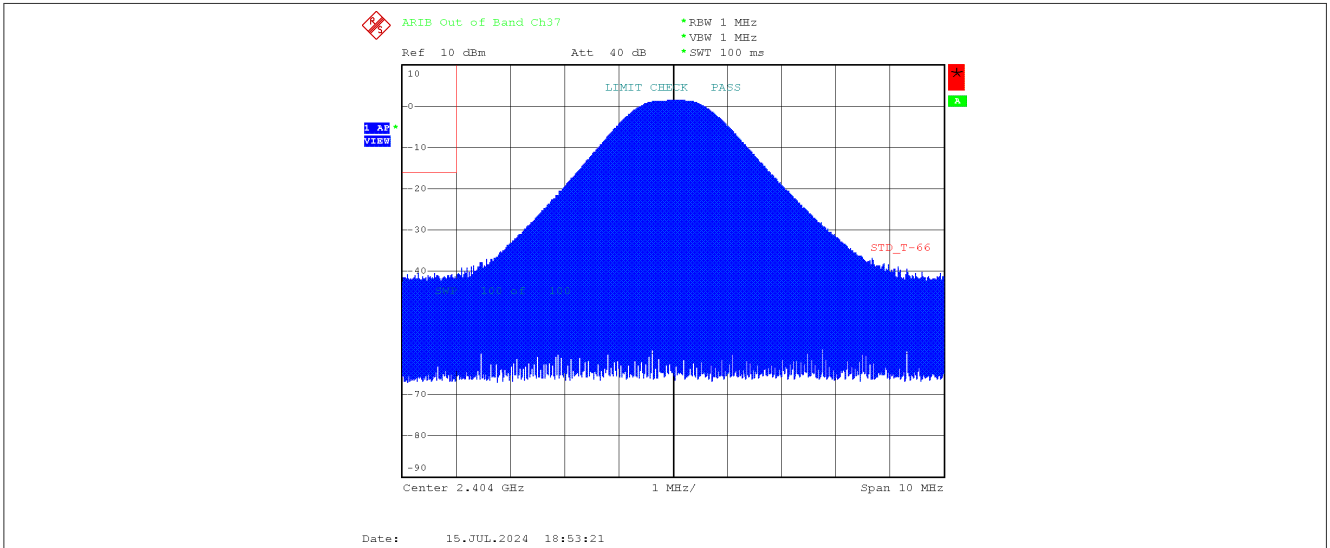


图41. ARIB标准下信道37在1 Msps时的带外测试结果

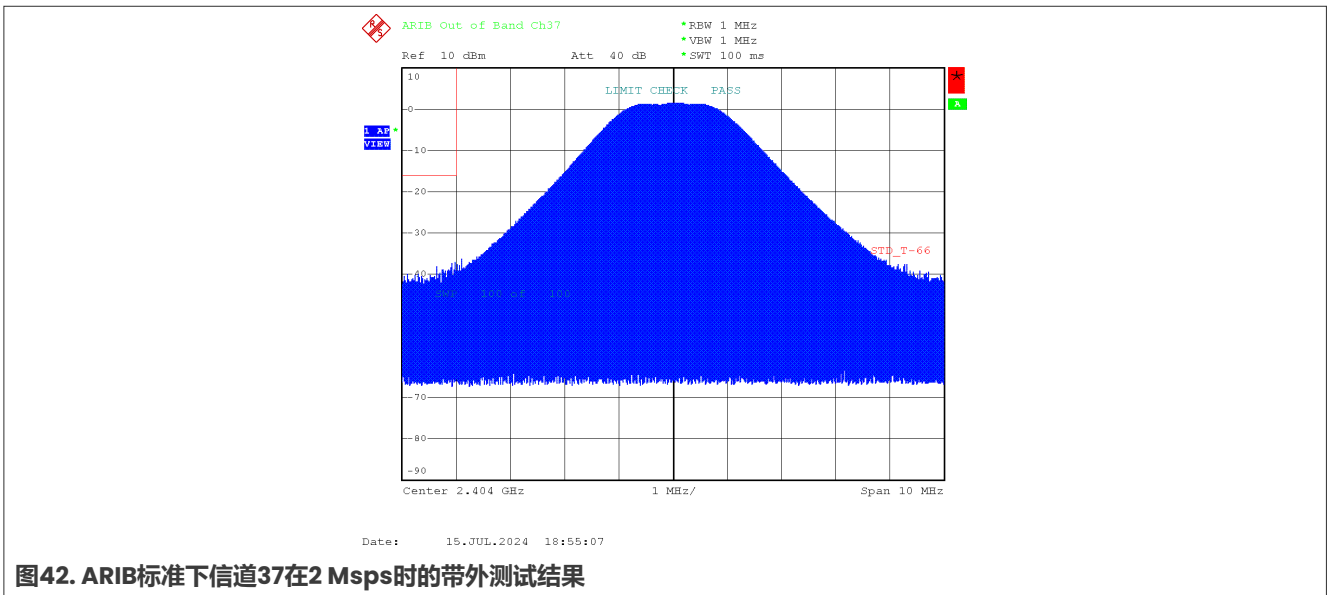


图42. ARIB标准下信道37在2 Msps时的带外测试结果

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

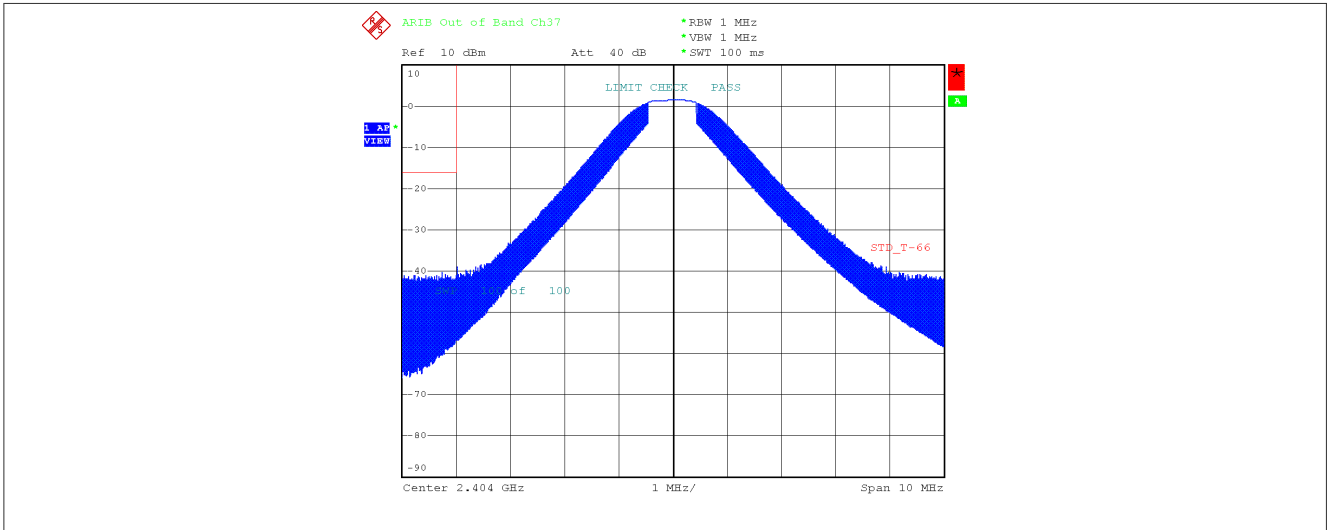


图43. ARIB标准下信道37在500 Ksps时的带外测试结果

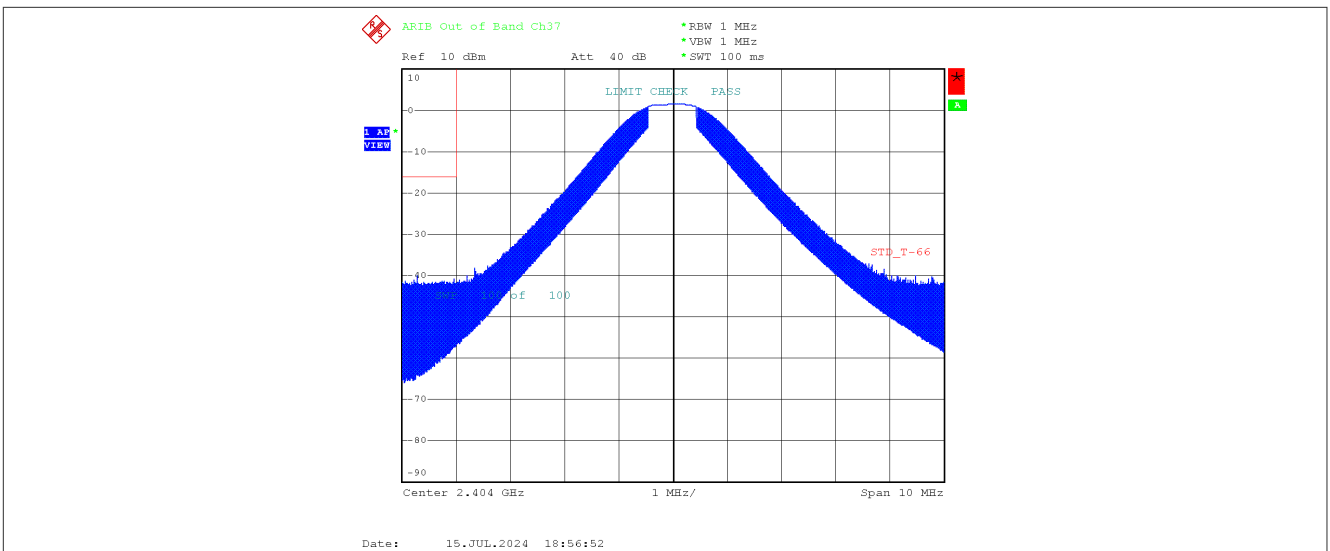


图44. ARIB标准下信道37在125 Ksps时的带外测试结果

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

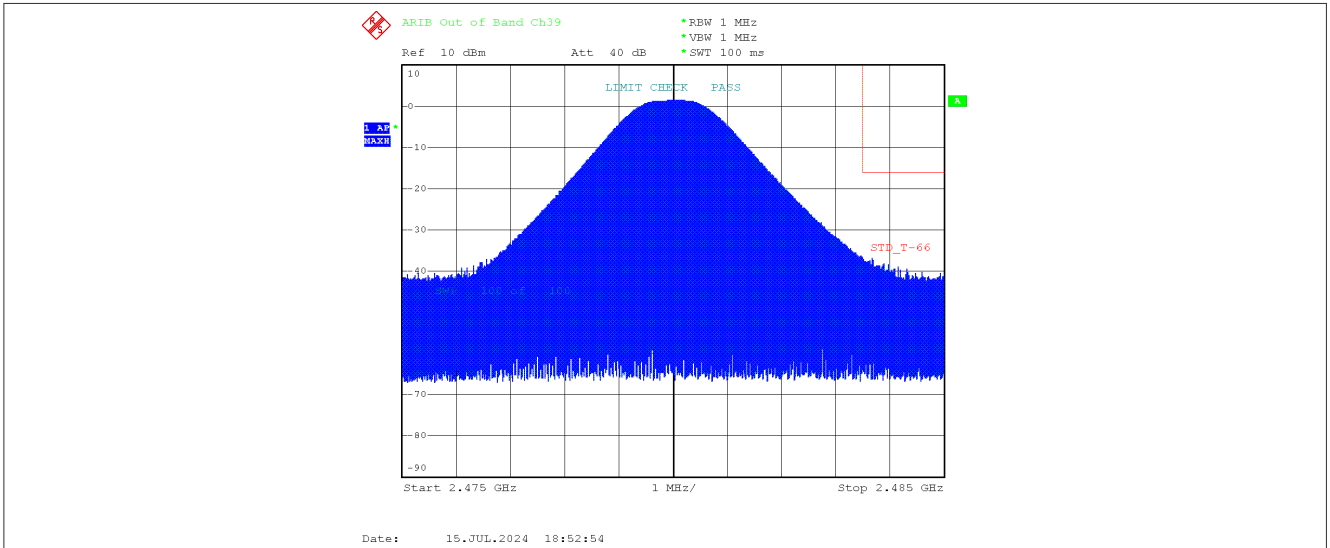


图45. ARIB标准下信道39在1 Msps时的带外测试结果

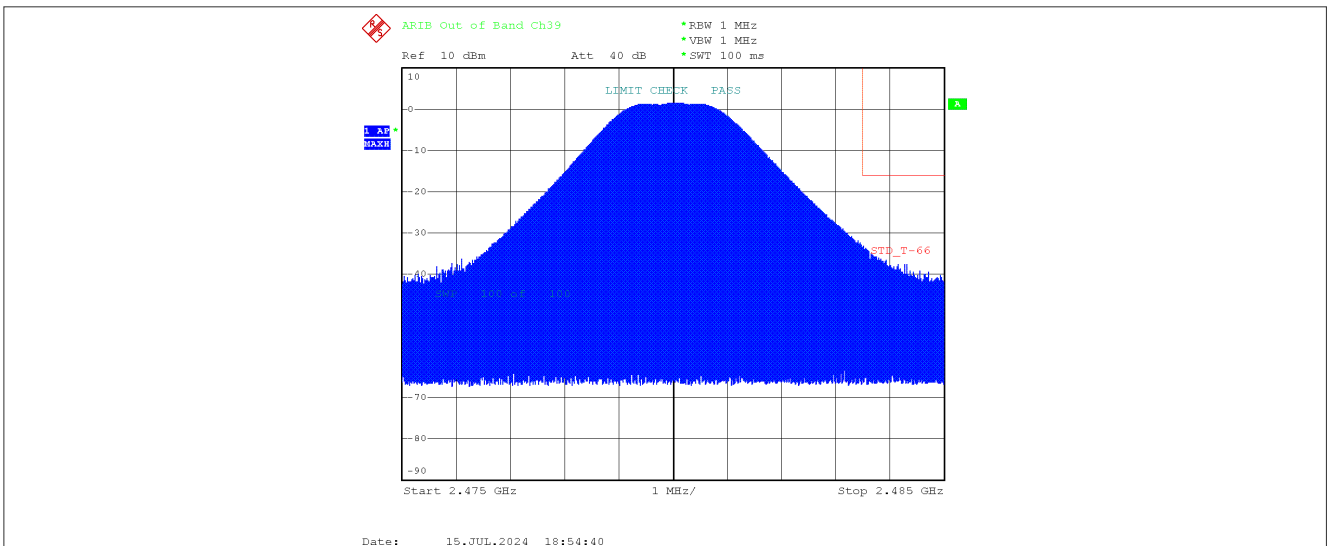


图46. ARIB标准下信道39在2 Msps时的带外测试结果

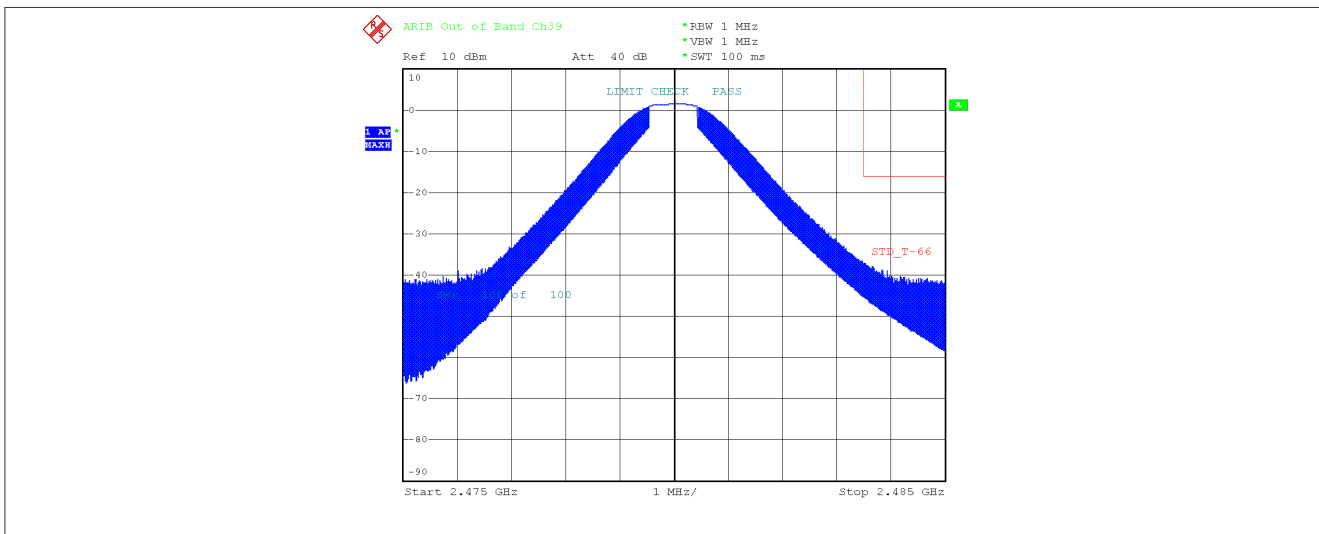


图47. ARIB标准下信道39在500 Ksps时的带外测试结果

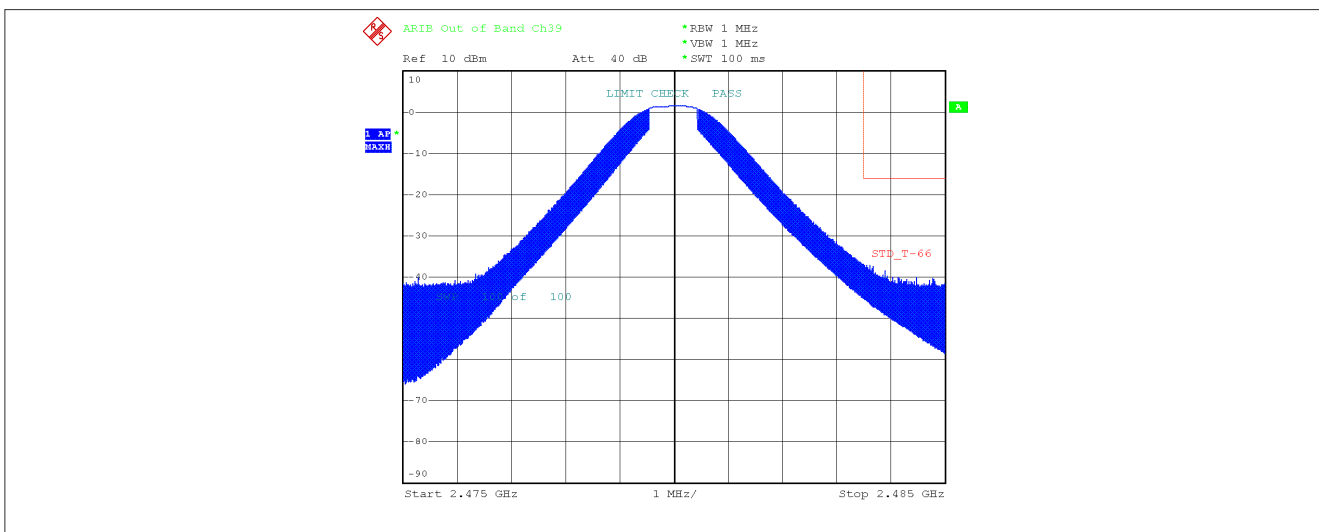


图48. ARIB标准下信道39在125 Ksps时的带外测试结果

结论:

- FRDM-MCXW71开发板通过了ARIB限值测试。
- 有比限值低21.04 dB的裕量。

3.3.1.12 最大发射输出功率

使用一台CMW设备来测量在最大发射输出功率下的PER (包错误率)。

烧录的软件: 烧录了一个特定的二进制文件: hci_bb.bin (可在蓝牙应用示例中找到)

测试方法:

- 所需信号的发生器: CMW R&S
- 标准: PER < 30.8 %, 1500个数据包
- 被测试的BLE信道: 37 (2.402 GHz)、17 (2.440 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果：

表20.1 Mbps时低功耗蓝牙的最大发射输出功率

BLE信道	功率类型	测量值 (dBm)	下限 (dBm)	上限 (dBm)	状态
37	平均值	8.61	-20.0	20.0	通过
	峰值	8.97	无	13.72	通过
17	平均值	8.48	-20.0	20.0	通过
	峰值	8.9	无	13.58	通过
39	平均值	8.46	-20.0	20.0	通过
	峰值	8.88	无	13.35	通过

结论：FRDM-MCXW71开发板通过了BLE BV-01-C测试。

3.3.1.13 低功耗蓝牙的发射输出频谱

使用一台CMW设备来测量相邻信道的功率。

烧录的软件：烧录了一个特定的二进制文件：hci_bb.bin（可在蓝牙应用示例中找到）

测试方法：

- 所需信号的发生器：CMW R&S
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 被测试的BLE信道：2 (2.408 GHz)、17 (2.440 GHz) 和35 (2.476 GHz)

测试结果：

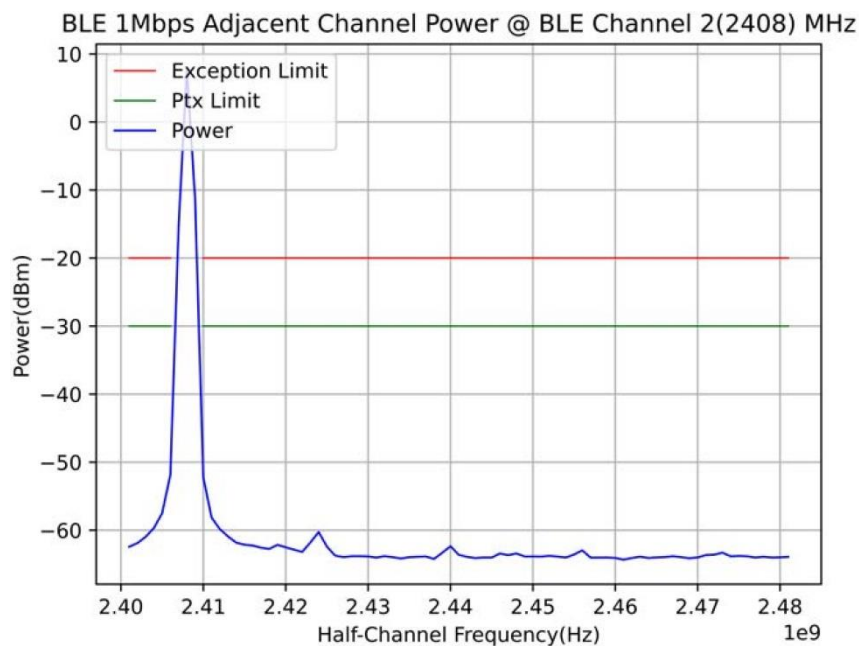


图49. 低功耗蓝牙的发射输出频谱，信道2

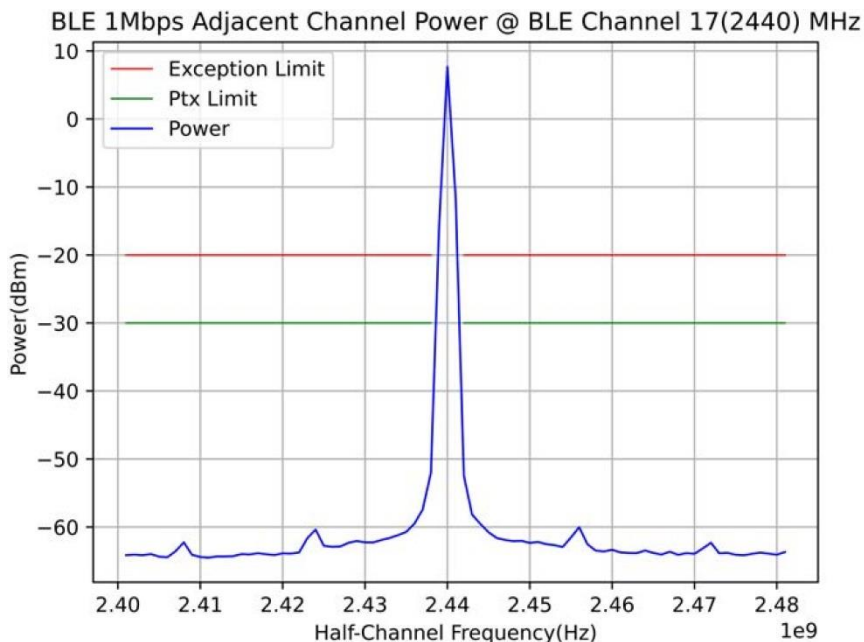


图50. 低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道17, 1 Msps

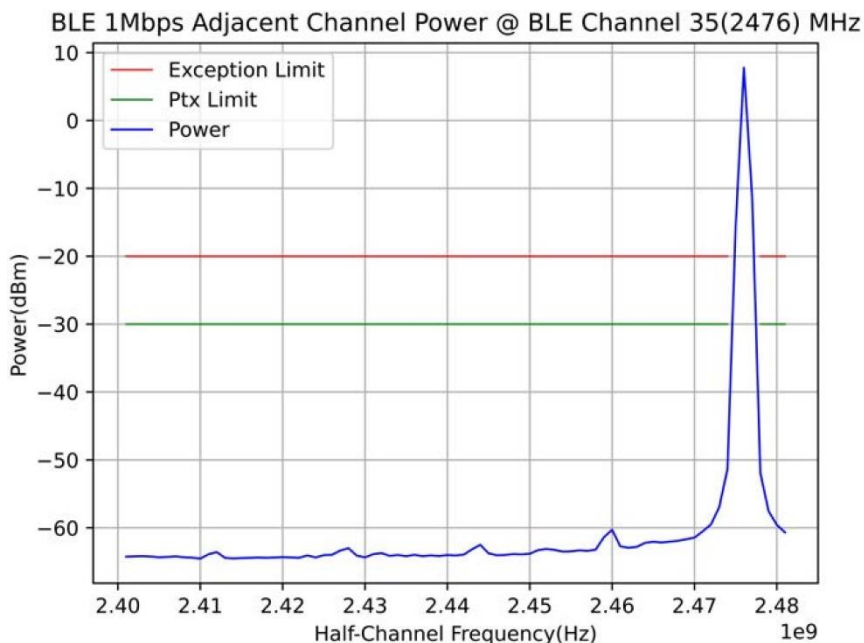


图51. 低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道35

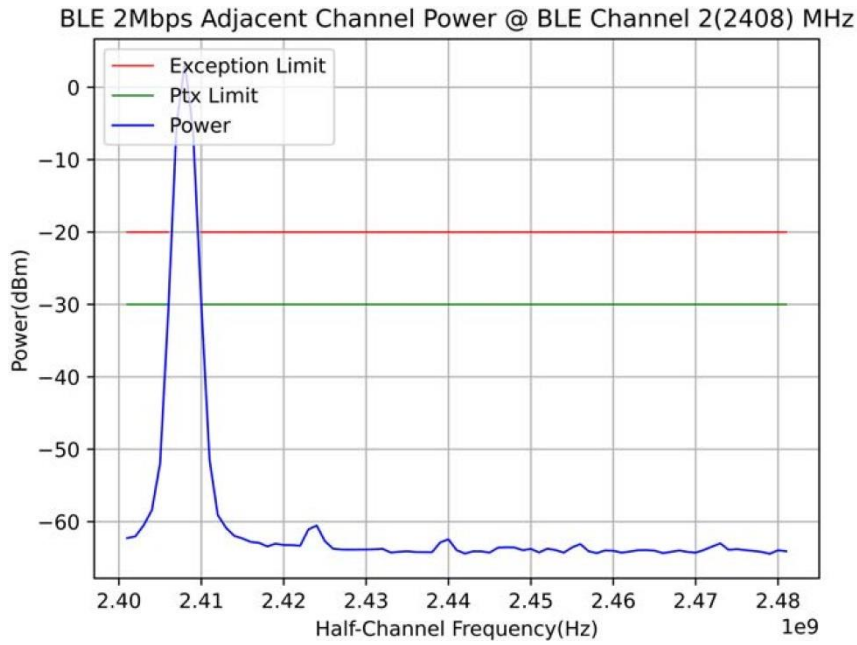


图52. 低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道2, 2 Msps

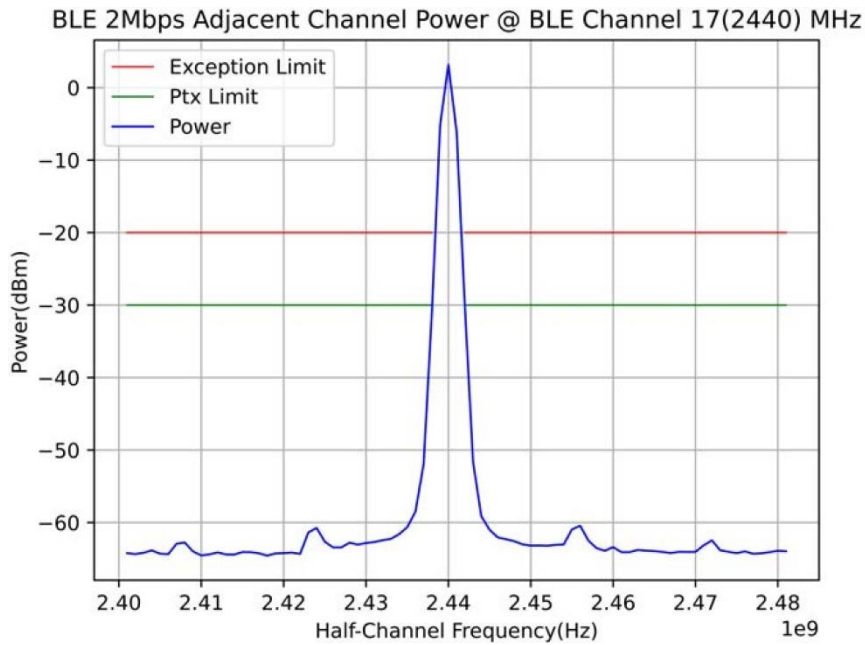


图53. 低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道17, 2 Msps

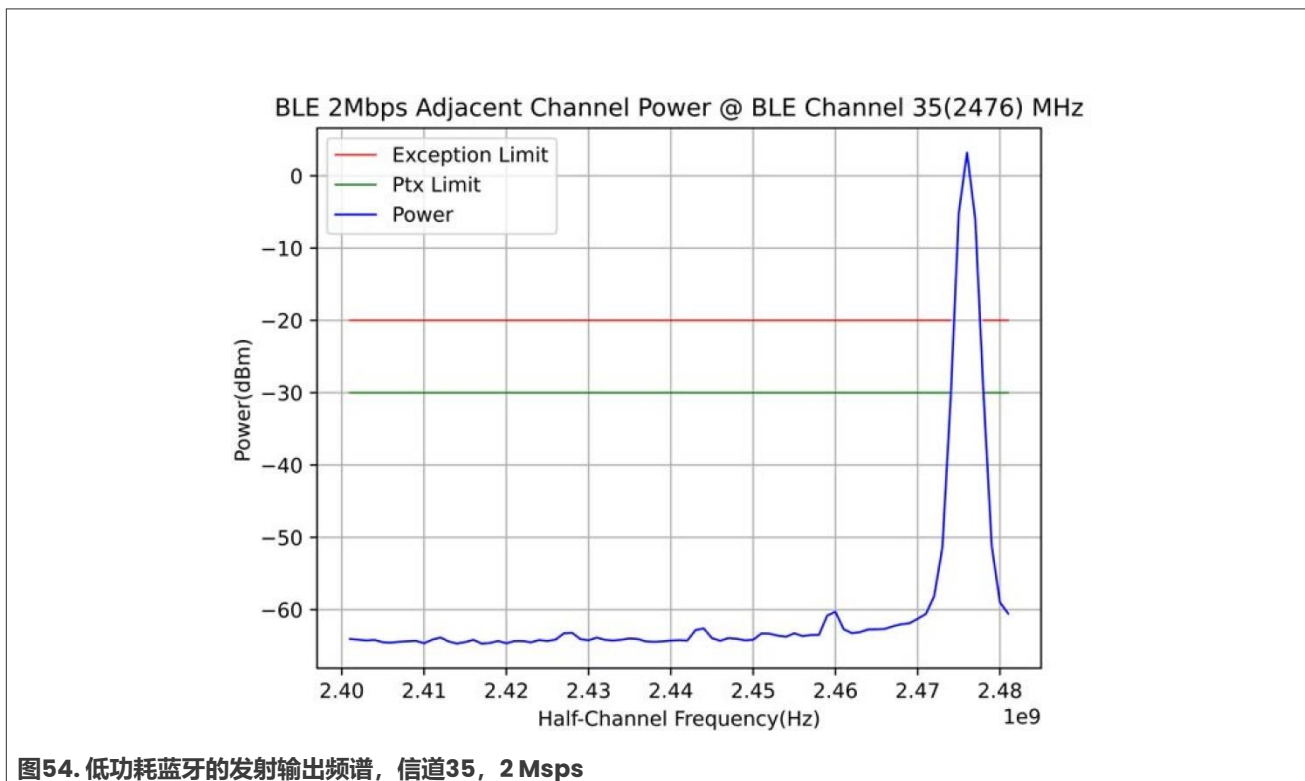


图54. 低功耗蓝牙的发射输出频谱，信道35，2 Msps

3.3.1.14 调制特性

使用一台CMW设备来测量频率偏移df1和df2。

烧录的软件：烧录了一个特定的二进制文件：hci_bb.bin（可在蓝牙应用示例中找到）

测试方法：

- 所需信号的发生器：CMW R&S
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 被测试的BLE信道：37（2402 MHz）、17（2440 MHz）和39（2480 MHz）

测试结果：

表21.1 Msps时的调制特性测试结果

BLE信道	频率偏移类型	测量值	下限	上限	状态
37	df1平均值 (Hz)	252886.8	225000.0	275000.0	通过
	df2 99.9% (Hz)	208939.6	185000.0	无	通过
	df2平均值 / df1平均值	0.825	0.8	无	通过
17	df1平均值 (Hz)	252737.3	225000.0	275000.0	通过
	df2 99.9% (Hz)	210138.3	185000.0	无	通过
	df2平均值 / df1平均值	0.826	0.8	无	通过
39	df1平均值 (Hz)	257038.1	225000.0	275000.0	通过
	df2 99.9% (Hz)	208040.5	185000.0	无	通过

表21.1 Msps时的调制特性测试结果 (续)

BLE信道	频率偏移类型	测量值	下限	上限	状态
	df2平均值 / df1平均值	0.809	0.8	无	通过

表22.2 Msps时的调制特性测试结果

BLE信道	频率偏移类型	测量值	下限	上限	状态
37	df1平均值 (Hz)	511918.1	450000.0	550000.0	通过
	df2 99.9% (Hz)	414083.0	370000.0	无	通过
	df2平均值 / df1平均值	0.808	0.8	无	通过
17	df1平均值 (Hz)	499804.0	450000.0	550000.0	通过
	df2 99.9% (Hz)	410486.7	370000.0	无	通过
	df2平均值 / df1平均值	0.82	0.8	无	通过
39	df1平均值 (Hz)	500343.8	450000.0	550000.0	通过
	df2 99.9% (Hz)	411485.7	370000.0	无	通过
	df2平均值 / df1平均值	0.821	0.8	无	通过

表23. LE编码模式 (S8) 下的调制特性测试结果

BLE信道	频率偏移类型	测量值	下限	上限	状态
37	df1平均值 (Hz)	252759.5	225000.0	275000.0	通过
	df1 99.9% (Hz)	244015.7	185000.0	无	通过
17	df1平均值 (Hz)	252790.2	225000.0	275000.0	通过
	df1 99.9% (Hz)	244415.8	185000.0	无	通过
39	df1平均值 (Hz)	255425.9	225000.0	275000.0	通过
	df1 99.9% (Hz)	236214.4	185000.0	无	通过

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了调制特性测试。

3.3.1.15 载波频率偏移和漂移

使用一台CMW设备来测量频率偏移df1和df2。

烧录的软件：烧录了一个特定的二进制文件：hci_bb.bin（可在蓝牙应用示例中找到）

测试方法：

- 所需信号的发生器：CMW270 R&S
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 被测试的BLE信道：37、17和39

结果：对于被测试的BLE信道37、17和39

表24.1 Msps时的载波频率偏移和漂移测试结果

BLE信道	测量类型	测量值	下限	上限	状态
37	频率精度 (Hz)	23815.39	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	2293.35	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	1105.07	-20000	20000	通过
	频率偏移 (Hz)	24893.05	-150000	150000	通过
	初始频率漂移 (Hz)	1571.18	-20000	20000	通过
17	频率精度 (Hz)	23594.38	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	2175.57	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	-1162.29	-20000	20000	通过
	频率偏移 (Hz)	25222.78	-150000	150000	通过
	初始频率漂移 (Hz)	1461.27	-20000	20000	通过
39	频率精度 (Hz)	27233.12	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	-3113.03	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	-1470.57	-20000	20000	通过
	频率偏移 (Hz)	27233.12	-150000	150000	通过
	初始频率漂移 (Hz)	-1122.24	-20000	20000	通过

表25.2 Msps时的载波频率偏移和漂移测试结果

BLE信道	测量类型	测量值	下限	上限	状态
37	频率精度 (Hz)	22698.4	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	3498.55	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	1626.02	-20000	20000	通过
	频率偏移 (Hz)	25129.8	-150000	150000	通过
	初始频率漂移 (Hz)	2335.07	-20000	20000	通过
17	频率精度 (Hz)	23648.26	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	2675.06	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	1230.72	-20000	20000	通过
	频率偏移 (Hz)	25401.12	-150000	150000	通过
	初始频率漂移 (Hz)	1563.07	-20000	20000	通过
39	频率精度 (Hz)	26306.15	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	4117.49	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	3422.74	-20000	20000	通过
	频率偏移 (Hz)	26550.29	-150000	150000	通过
	初始频率漂移 (Hz)	-3395.08	-20000	20000	通过

表26. 500 ksps, LR (S=2) 时的载波频率偏移和漂移测试结果

500 ksps BLE信道	测量类型	测量值	下限	上限	状态
37	频率精度 (Hz)	24045.94	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	1049.04	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	1013.99	-19200	19200	通过
	频率偏移 (Hz)	24297.24	-150000	150000	通过

表26. 500 ksps, LR (S=2) 时的载波频率偏移和漂移测试结果 (续)

500 ksps BLE信道	测量类型	测量值	下限	上限	状态
17	频率精度 (Hz)	24413.82	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	971.32	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	810.15	-19200	19200	通过
	频率偏移 (Hz)	24867.77	-150000	150000	通过
39	频率精度 (Hz)	24840.83	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	1057.86	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	987.05	-19200	19200	通过
	频率偏移 (Hz)	25223.02	-150000	150000	通过

表27. 125 ksps, LR (S=8) 时的载波频率偏移和漂移测试结果

125 ksps BLE信道	测量类型	测量值	下限	上限	状态
37	频率精度 (Hz)	24000.17	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	1536.13	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	-944.85	-19200	19200	通过
	频率偏移 (Hz)	24857.04	-150000	150000	通过
17	频率精度 (Hz)	24375.92	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	1505.61	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	1053.81	-19200	19200	通过
	频率偏移 (Hz)	25174.62	-150000	150000	通过
39	频率精度 (Hz)	24771.69	-150000	150000	通过
	频率漂移 (Hz)	1550.67	-50000	50000	通过
	最大漂移率 (Hz/50 μ s)	1126.53	-19200	19200	通过

表27. 125 ksps, LR (S=8) 时的载波频率偏移和漂移测试结果 (续)

125 ksps BLE信道	测量类型	测量值	下限	上限	状态
	频率偏移 (Hz)	25676.97	-150000	150000	通过

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了载波频率偏移和漂移测试。

3.3.2 接收 (Rx) 测试

3.3.2.1 测试设置

本节描述了BLE的接收测试。

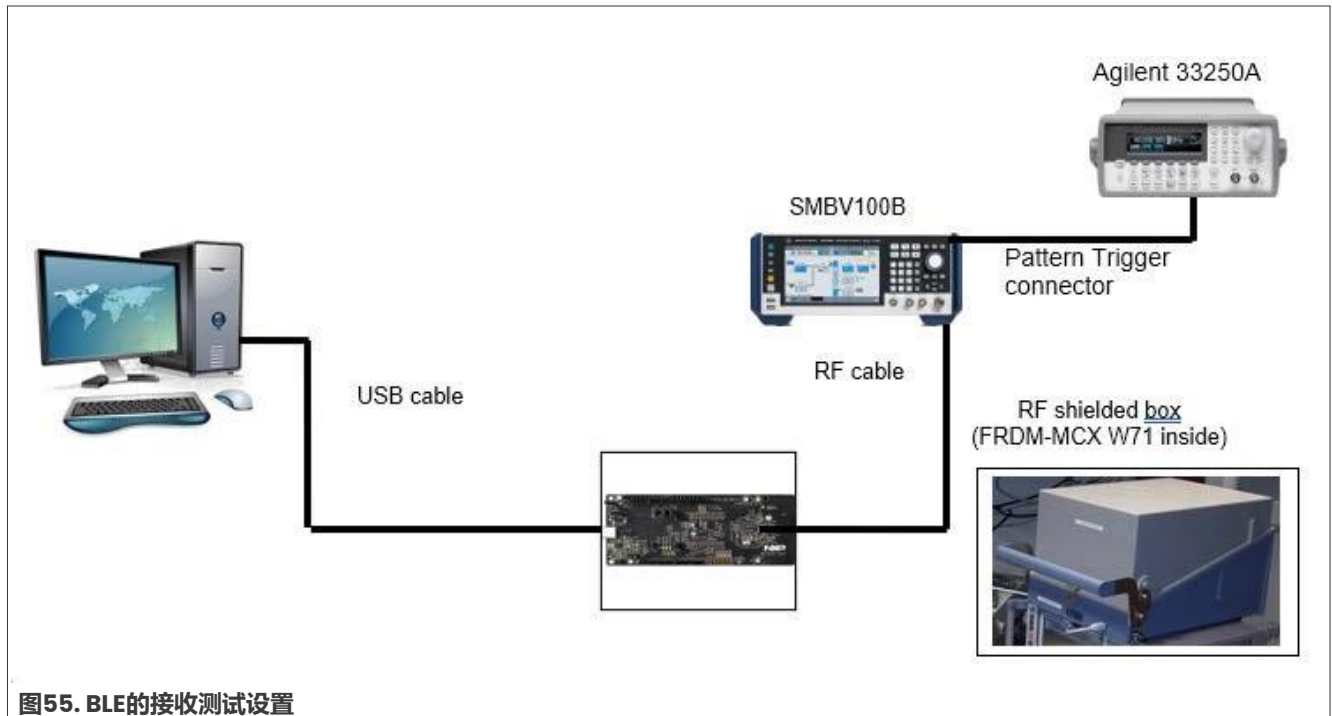


图55. BLE的接收测试设置

使用射频发生器和法拉第箱测试灵敏度的传导接收测试设置

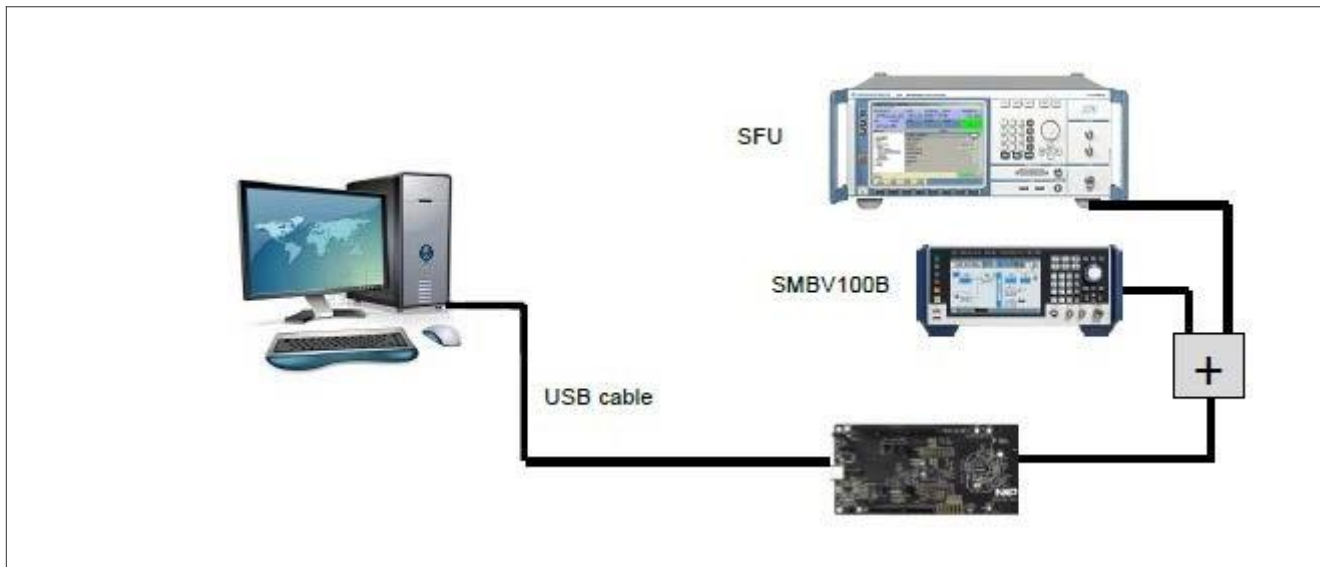


图56. 针对干扰抑制所做的接收测试设置

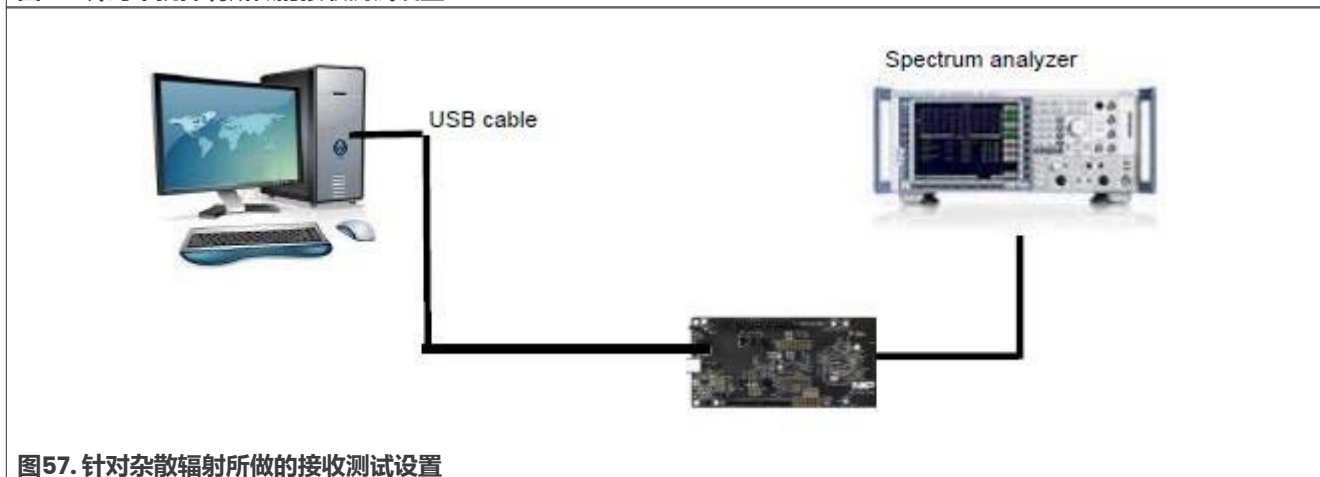


图57. 针对杂散辐射所做的接收测试设置

3.3.2.2 接收测试设置

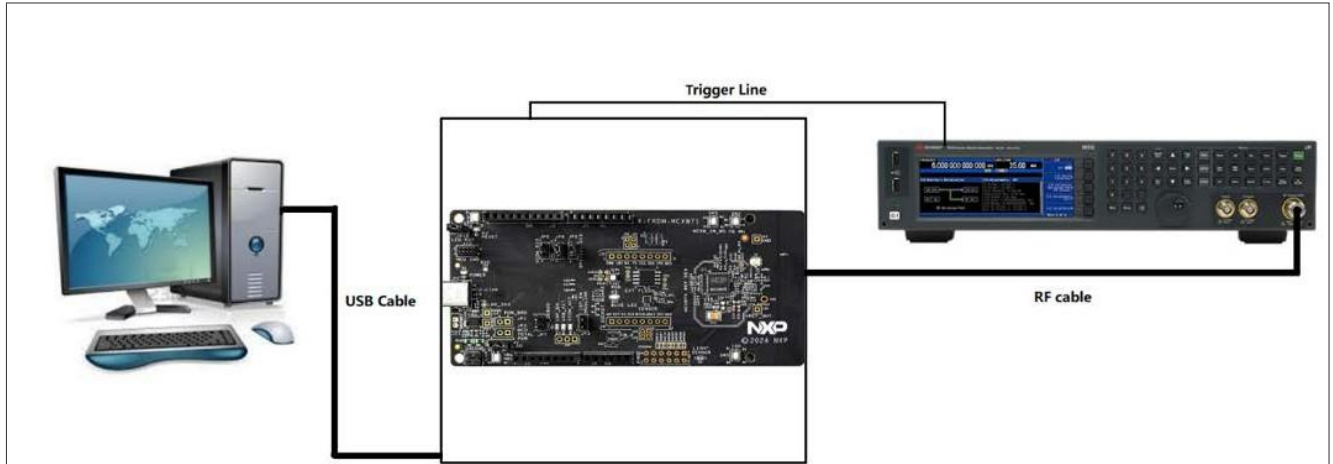


图58. 使用射频生成器和法拉第箱测试灵敏度的导通接收测试设置

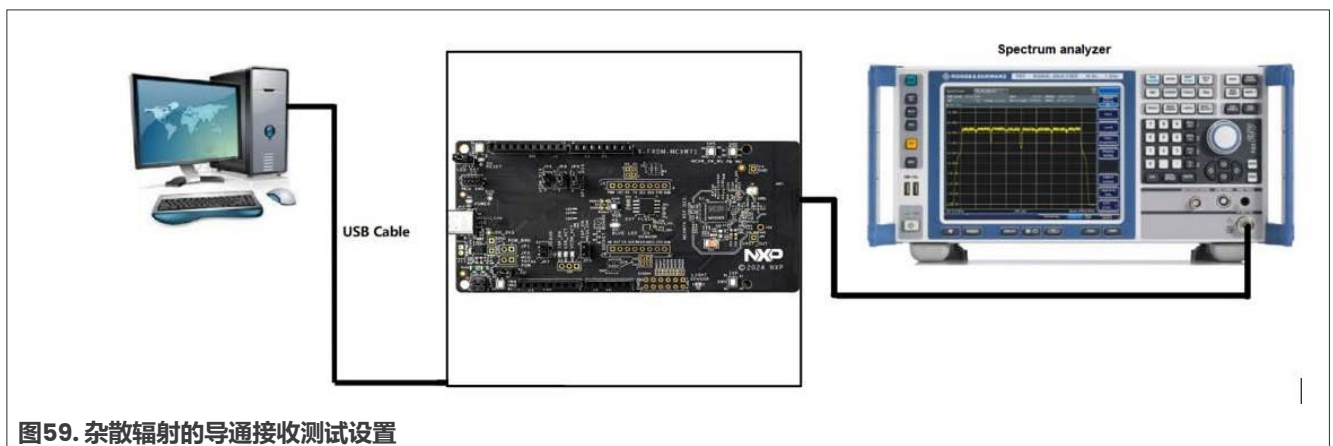


图59. 杂散辐射的导通接收测试设置

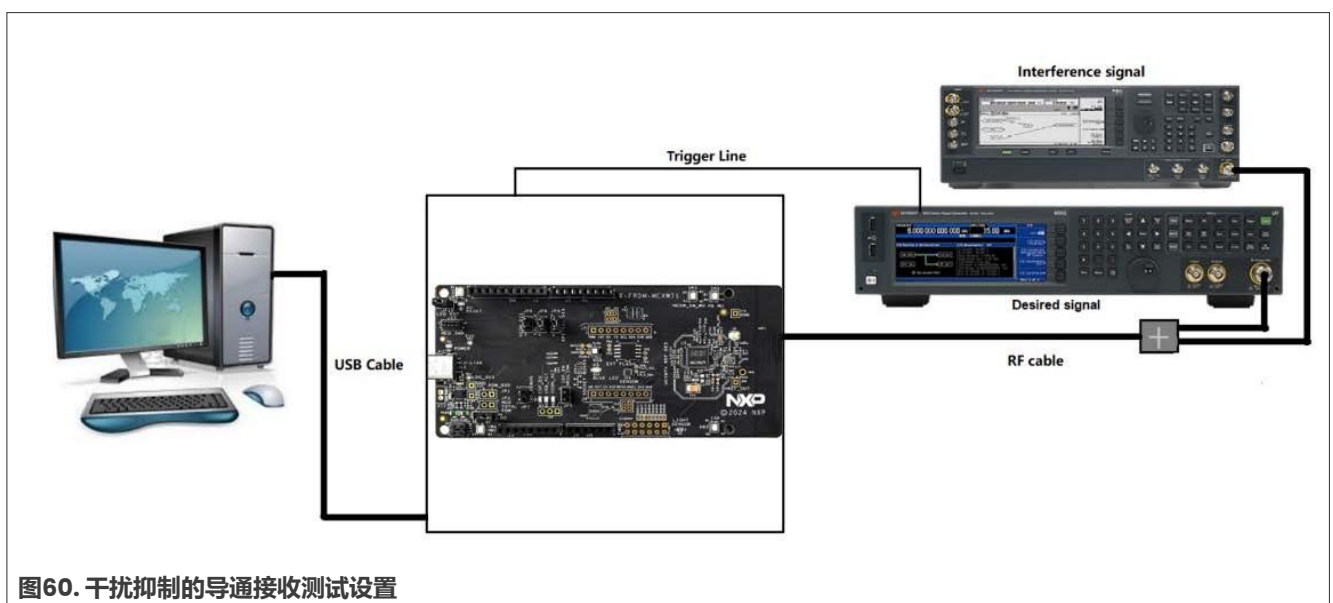


图60. 干扰抑制的导通接收测试设置

3.3.2.3 灵敏度

3.3.2.3.1 使用ARB发生器

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 为了免受外部寄生信号的干扰，FRDM-MCXW71开发板被放置在一个射频屏蔽箱中。

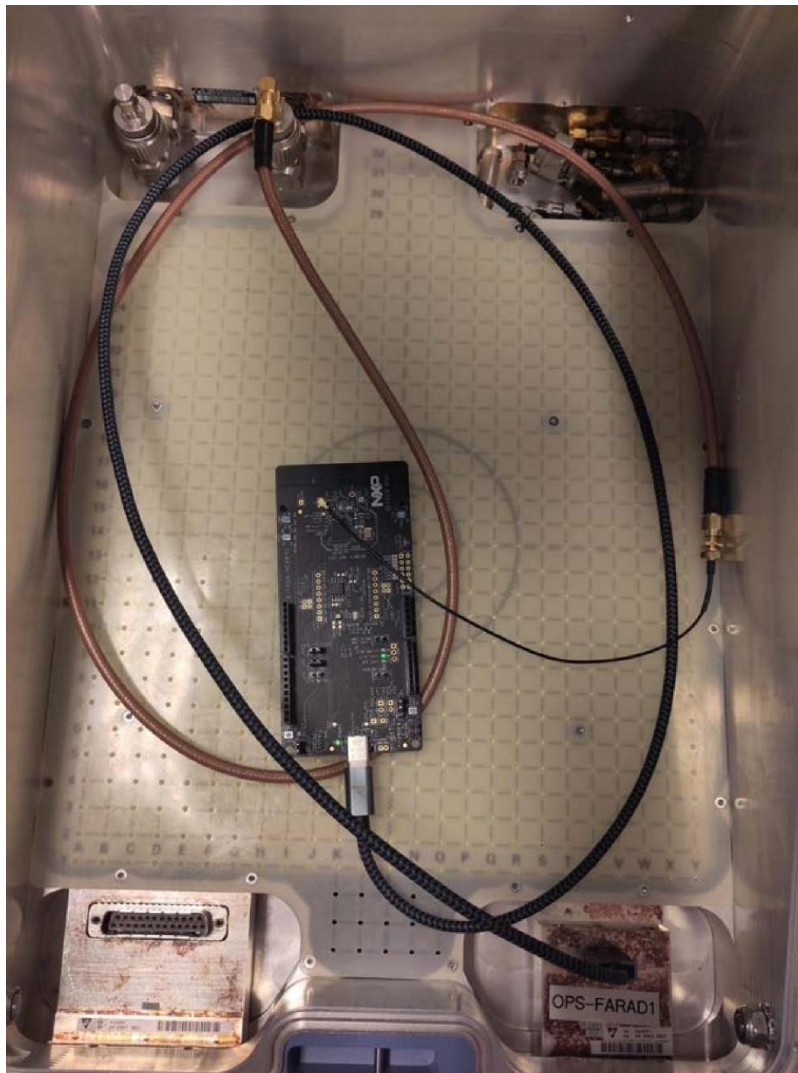


图61. 使用ARB生成器的灵敏度测试

3.3.2.3.1.1 低功耗蓝牙

在ARB模式下使用发生器（Agilent NX5181 MXG）来生成一个包含1500个数据包的信号模式。使用Teraterm窗口来控制此模块。

- 测试了4种模式：1 Msps、2 Msps、LR (S=2) 和LR (S=8)
- 设置信道0。
- 自动建立连接并测量PER（包错误率）。

- 降低模块RF输入端的SFU的电平，直到PER=30.8%。
- 重复这一操作，直到信道39。

3.3.2.3.1.2 低功耗蓝牙测试结果 (SMA连接器处)

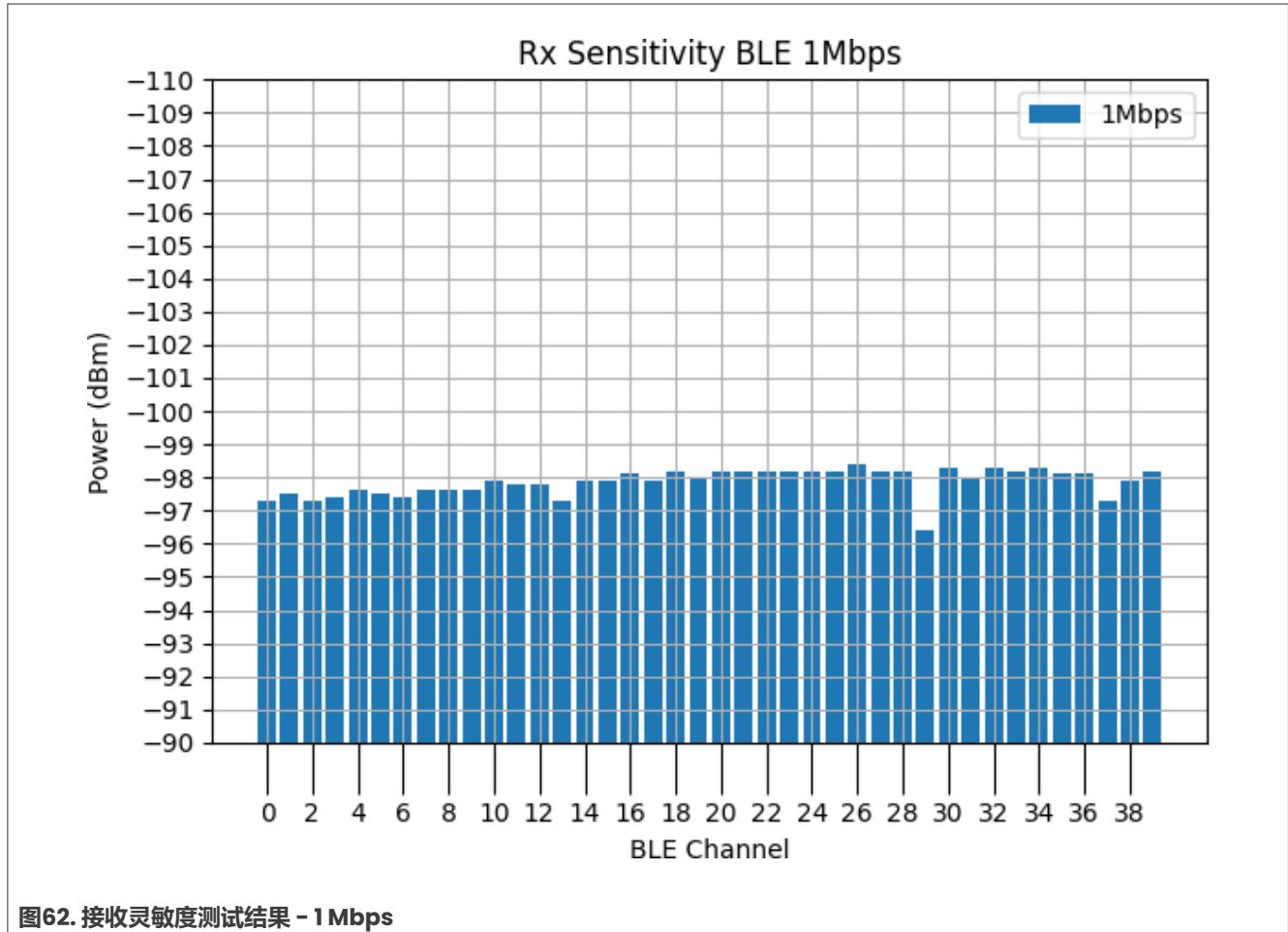


图62. 接收灵敏度测试结果 - 1Mbps

- 最高灵敏度在信道16上，为-98.0 dBm
- 最低灵敏度在信道29上，为-96.1 dBm
- 信道间差异：1.9 dB

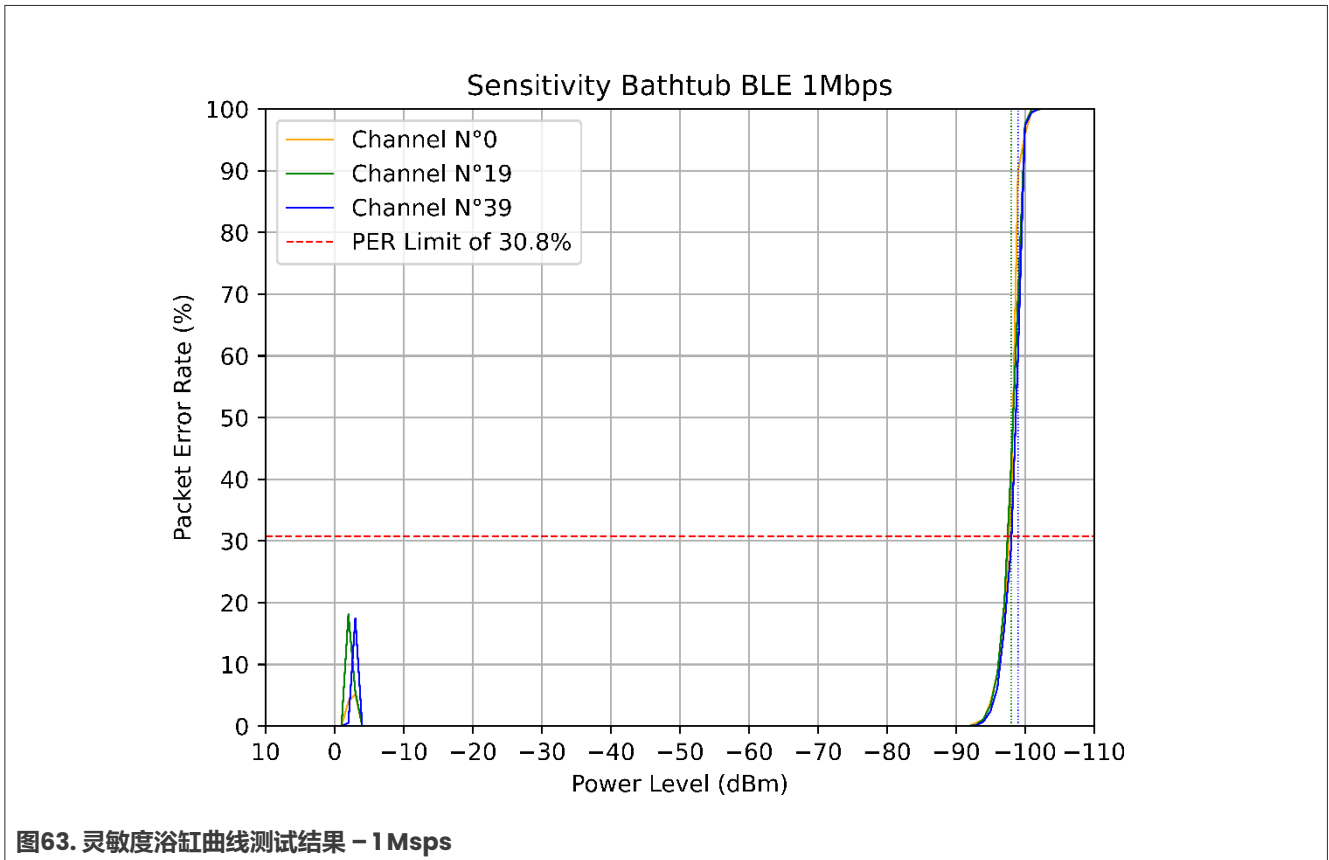


图63. 灵敏度浴缸曲线测试结果 - 1Mps

测试显示在1 Mbps时，FRDM-MCXW71开发板在SMA连接器处的平均灵敏度为-97.7225 dBm。

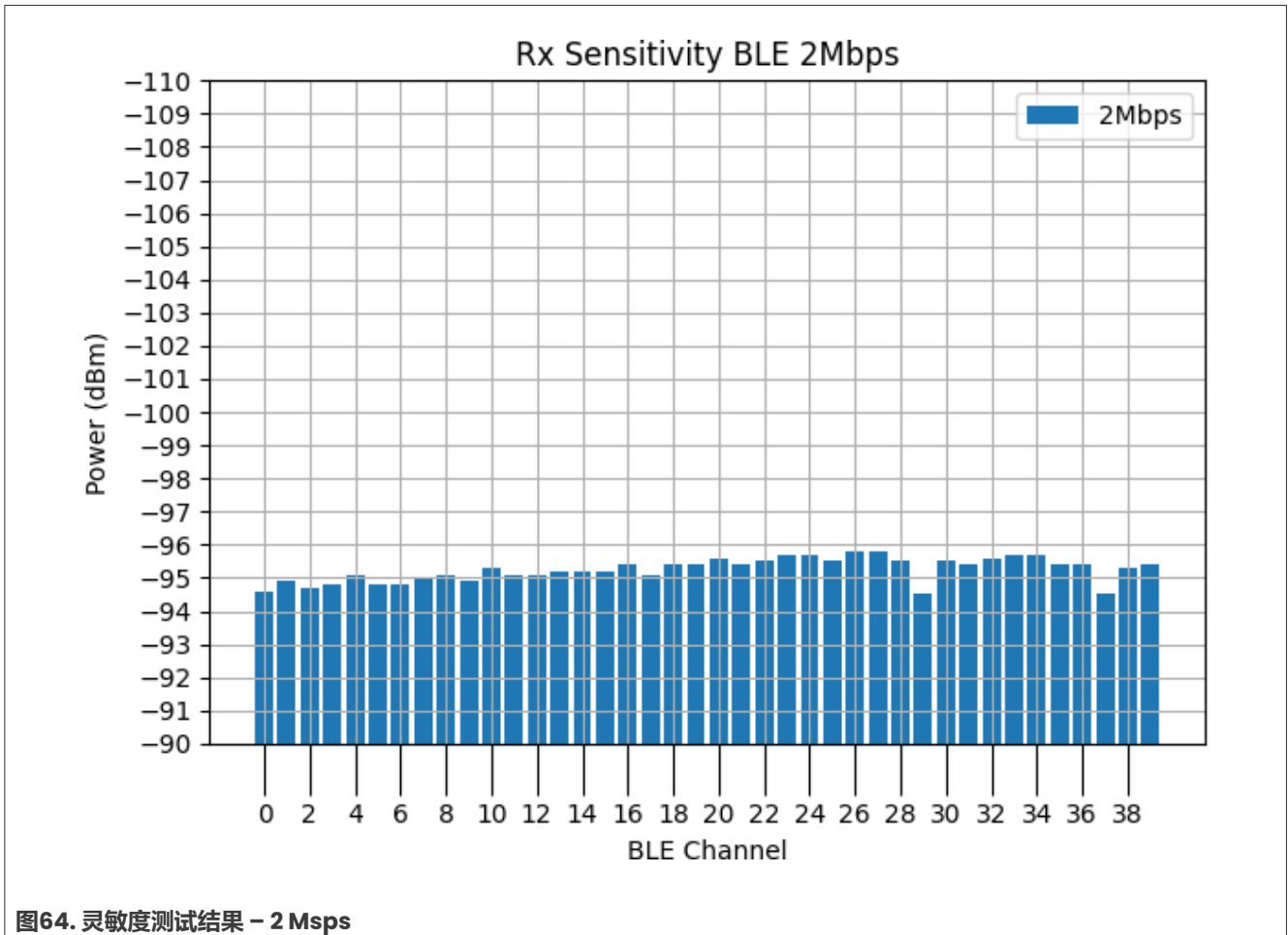


图64. 灵敏度测试结果 - 2 Msps

- 最高灵敏度在信道21上，为-95.4 dBm
- 最低灵敏度在信道29上，为-94.2 dBm
- 信道间差异：1.2 dB

测试显示在2 Msps时，FRDM-MCXW71开发板在SMA连接器处的平均灵敏度为-95.1 dBm。

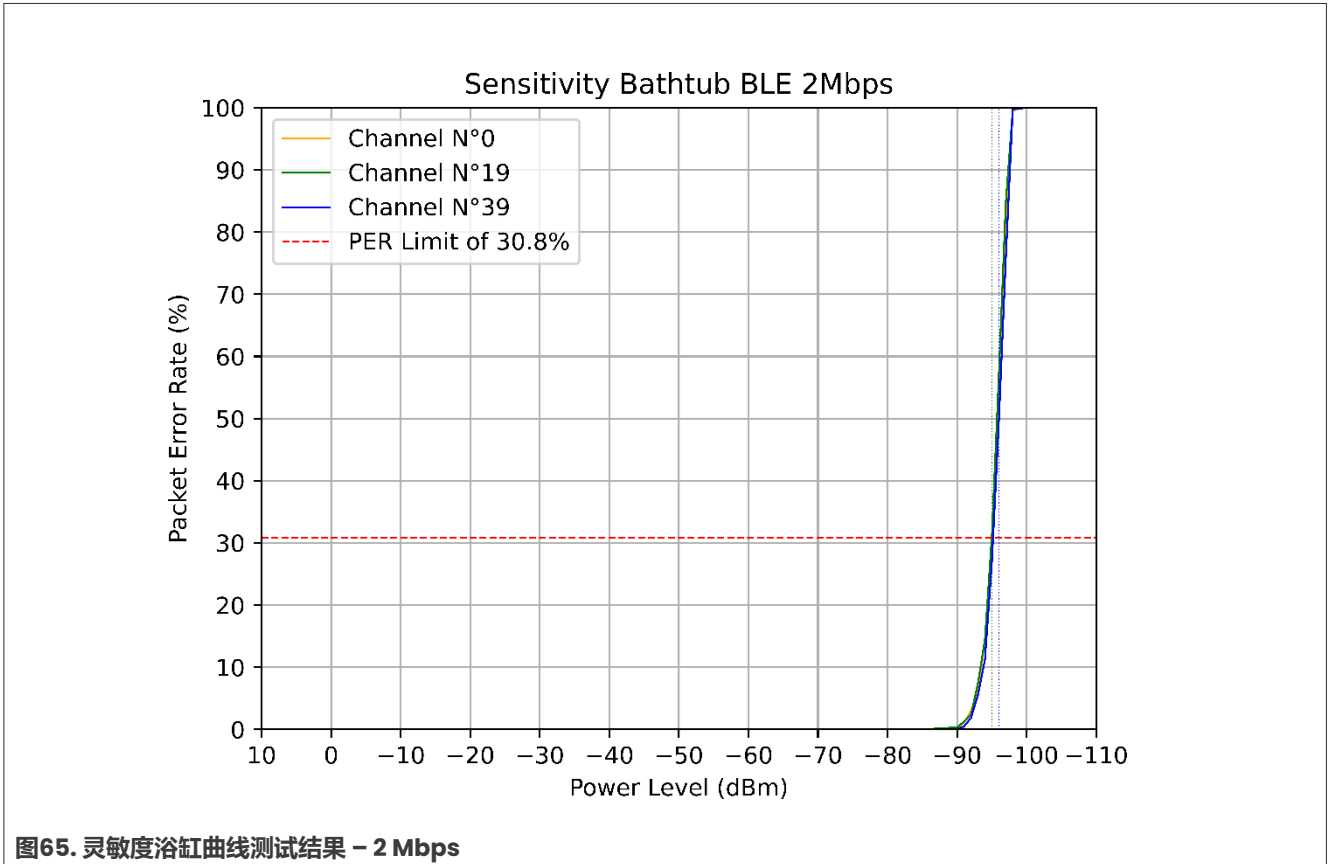


图65. 灵敏度浴缸曲线测试结果 - 2 Mbps

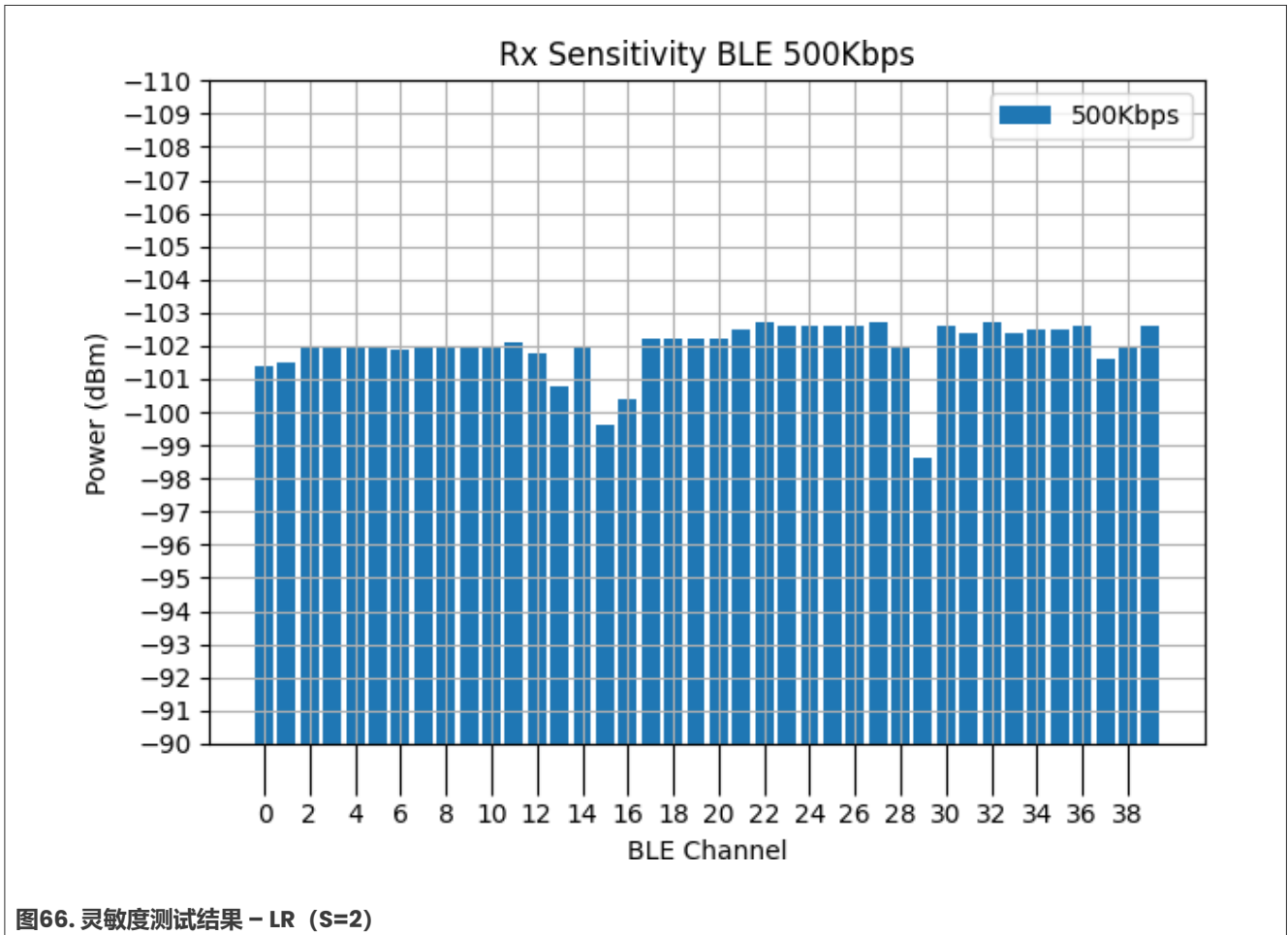


图66. 灵敏度测试结果 - LR (S=2)

- 最高灵敏度在信道23上，为-102.6 dBm
- 最低灵敏度在信道29上，为-98.6 dBm
- 信道间差异：102.6 dB

测试显示在500 Kbps时，FRDM-MCXW71开发板在SMA连接器处的平均灵敏度为-99.41 dBm。

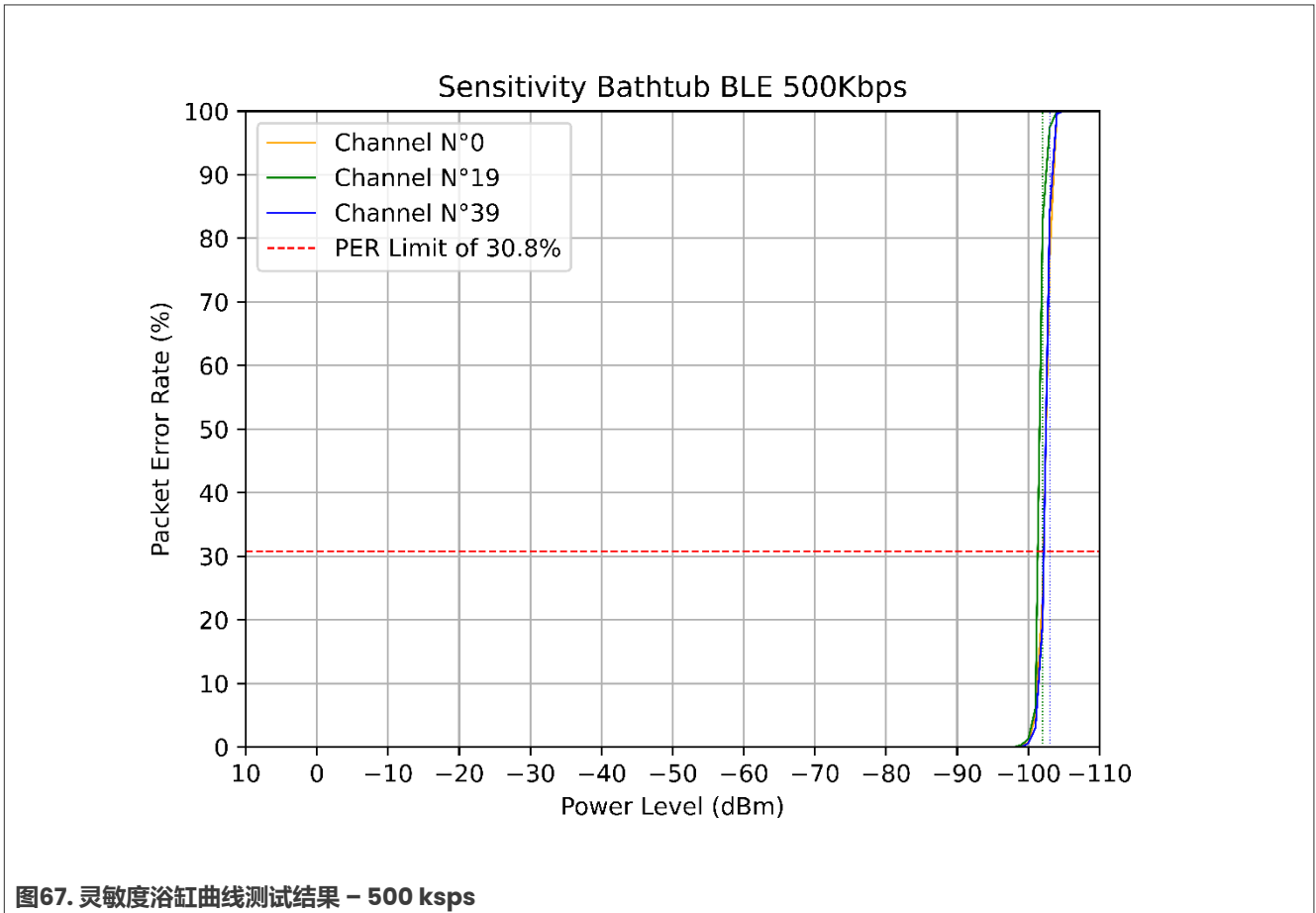


图67. 灵敏度浴缸曲线测试结果 - 500 ksps

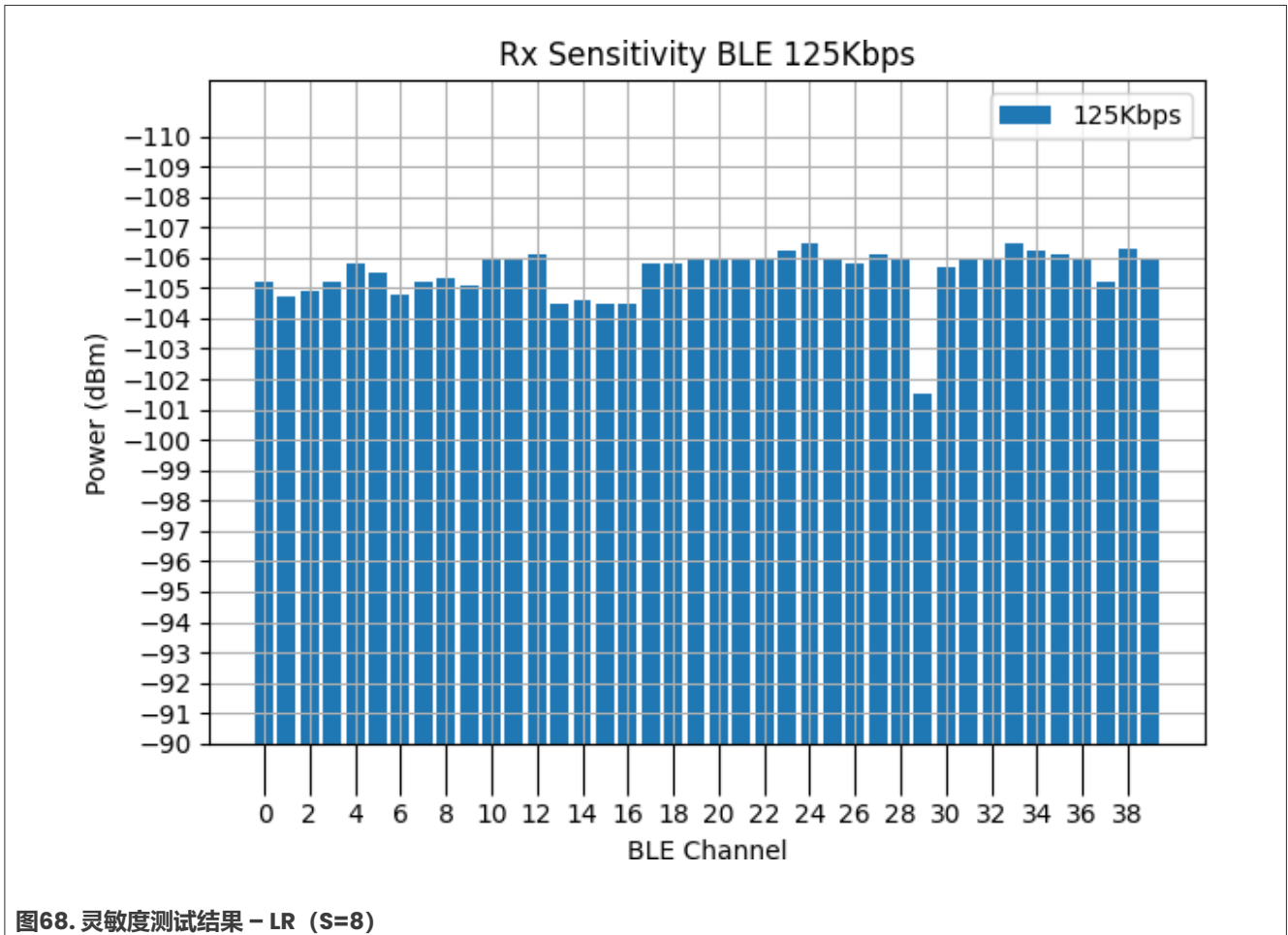


图68. 灵敏度测试结果 - LR (S=8)

- 最高灵敏度在信道16上，为-106.0 dBm
- 最低灵敏度在信道29上，为-100.8 dBm
- 信道间差异：5.2 dB

测试显示在125 Kbps时，FRDM-MCXW71开发板在SMA连接器处的平均灵敏度为-105.6 dBm。

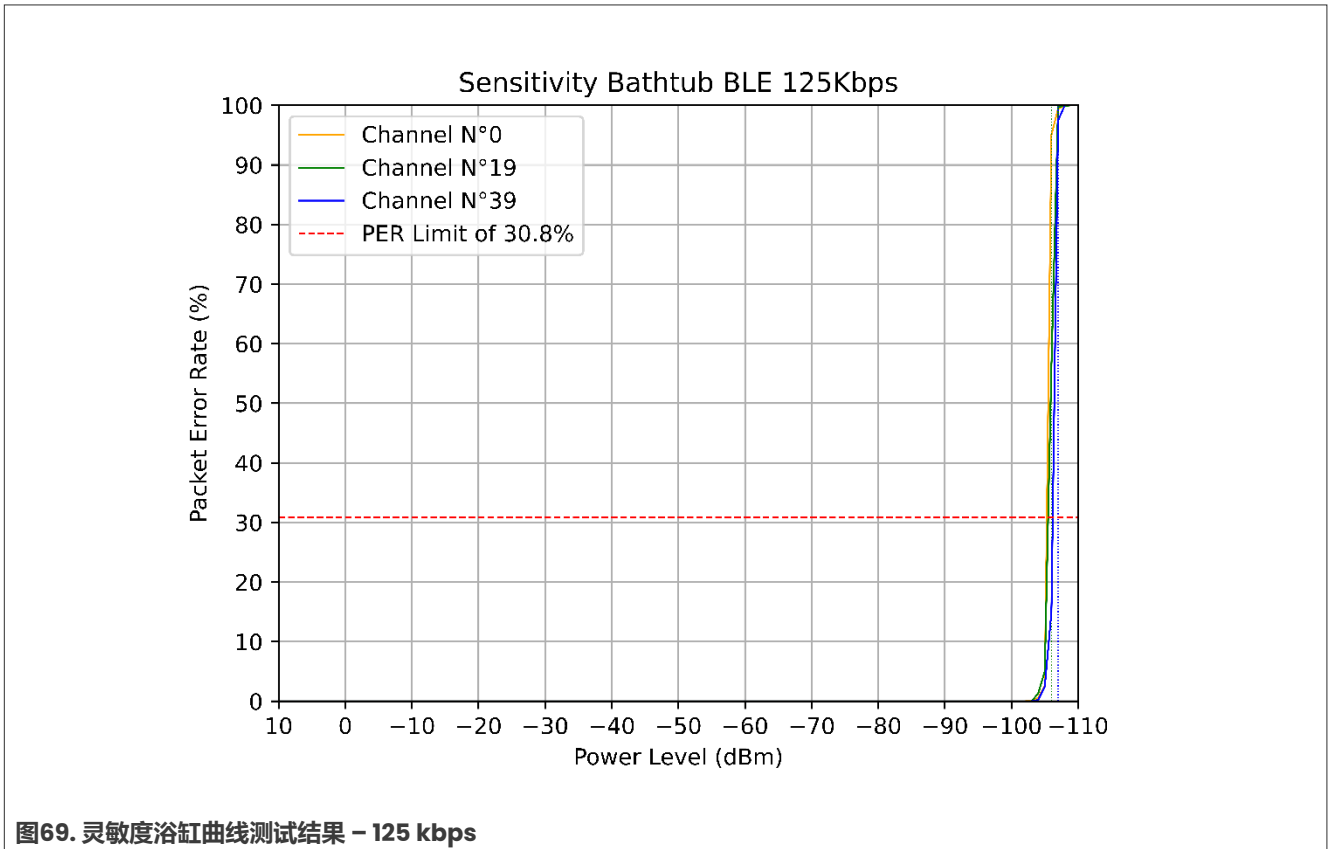


图69. 灵敏度浴缸曲线测试结果 - 125 kbps

结论:

FRDM-MCXW71开发板在各种条件下的平均灵敏度水平如下:

- 1Msps时为-97.7225 dBm
- 2Msps时为-95.1 dBm
- LRS2时为-99.41 dBm
- LRS8时为-105.495 dBm

3.3.2.4 接收器最大输入电平

3.3.2.4.1 低功耗蓝牙

烧录的软件：HCI_BB

测试方法：

- 使用与灵敏度测试相同的测试设置，但用CMW270仪器替代了射频发生器和ARB发生器的组合。
- 增加信号电平，直到1500个数据包的PER=30.8%。

测试结果：

表28. 最大输入功率 – 1 Msps

BLE信道	射频电平 (dBm)	包错误率 (%)	下限 (%)	上限 (%)	状态
37	0.0	0.0	无	30.8	通过
17	0.0	0.0	无	30.8	通过
39	0.0	0.0	无	30.8	通过

表29. 最大输入功率 – 2 Msps

BLE信道	射频电平 (dBm)	包错误率 (%)	下限 (%)	上限 (%)	状态
37	0.0	0.0	无	30.8	通过
17	0.0	0.0	无	30.8	通过
39	0.0	0.0	无	30.8	通过

结论：

- 最大输入电平高于0.0 dBm。测试结果受设备最大输出功率的限制。

3.3.2.5 接收杂散 (低功耗蓝牙)

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 将射频设置为：
 - 接收器模式，频率：信道18
- 将分析仪设置为：
 - 参考电平=-20 dBm，跟踪模式=最大保持模式，检波器=最高峰值
 - 起始/停止频率：30 MHz / 1 GHz
 - RBW = 100 kHz，VBW = 300 kHz
- 然后设置起始/停止频率：
 - 1 GHz / 30 GHz
 - RBW = 1 MHz，VBW = 3 MHz

3.3.2.5.1 低功耗蓝牙测试结果



图70. 低功耗蓝牙 - 传导接收杂散测试结果, 30 MHz - 12.5 GHz

结论:

- FRDM-MCXW71开发板通过了ETSI限值测试。

3.3.2.6 蓝牙干扰抑制测试结果

3.3.2.6.1 接收器干扰抑制性能

本节提供了接收器在邻道、隔道和同道干扰抑制方面的性能测试结果。在1 Msps、2 Msps、500 Ksps (LR S=2) 和125 Ksps (LR S=8) 条件下进行低功耗蓝牙测试。

干扰源位于邻道 (+/-1 MHz、+/-2 MHz、+/-3 MHz) 或同道。测试在每次只有一个未调制的干扰信号的情况下进行。

测试方法:

- 所需信号的发生器：Rhode & Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器：R&S SFU
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 期望的信号设置为-67dBm，相当于参考灵敏度水平之上3 dB；增加干扰信号，直至达到PER阈值
- 被测试的BLE信道：1 (2.406 GHz)、17 (2.440 GHz) 和35 (2.476 GHz)。

3.3.2.6.1.1 测试结果

1 Mbit/s时的测试结果

表30.1 Msps时信道1的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果

测试信道	信道1						
期望的频率 (MHz)	2406						
干扰源	N-3MHz (邻道)	N-2MHz (邻道)	N-1MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2MHz (邻道)	N+3MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz)	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409
最大干扰信号电平 (dBm)	4.0	-20.5	-9.0	-53.0	-12.9	3.1	6.0
最大干扰信号电平 (C/I dB)	-71.0	-46.5	-58.0	-14.0	-54.1	-70.1	-73.0
BLE 5.x 限值 (C/I 限值)	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB)	44.0	29.5	73.0	35.0	69.1	53.1	46.0

表31.1 Msps时信道17的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果

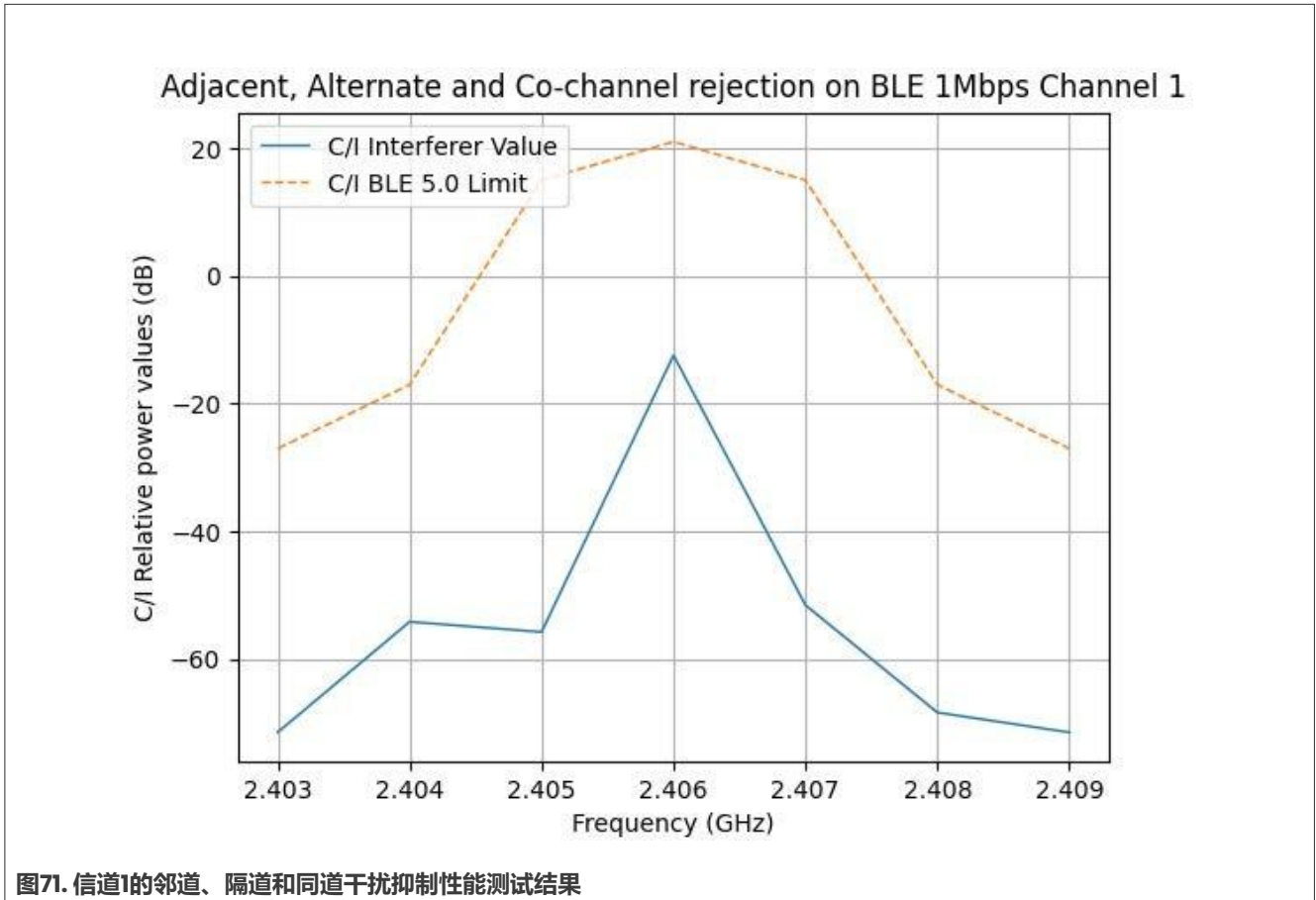
测试信道	信道17						
期望的频率 (MHz)	2440						
干扰源	N-3 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N-1 MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2 MHz (邻道)	N+3 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz)	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443
最大干扰信号电平 (dBm)	4.7	-21.7	-10.4	-53.9	-13.1	1.0	5.1
最大干扰信号	-71.7	-45.3	-56.6	-13.1	-53.9	-68.0	-72.1

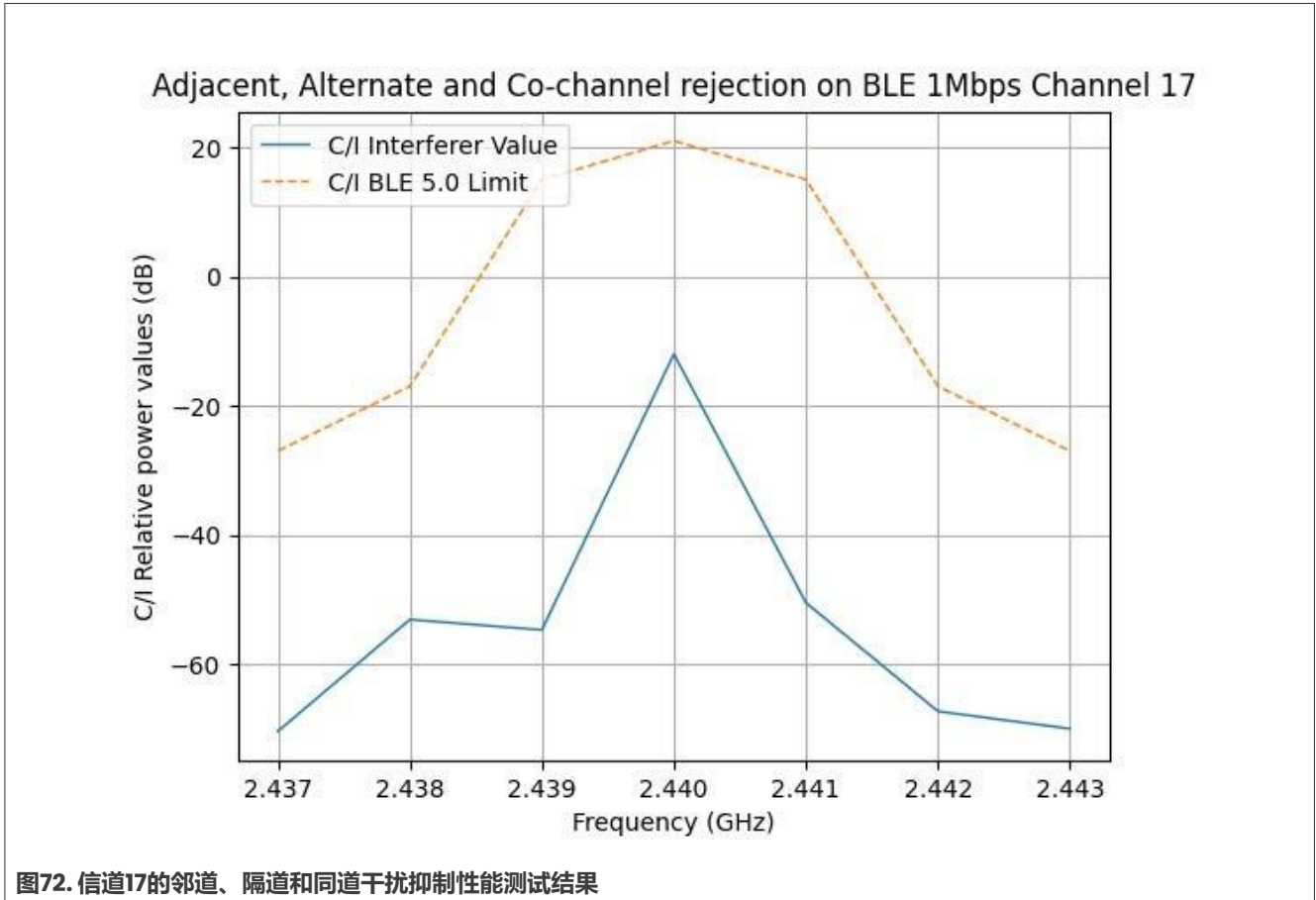
表31.1 Msps时信道17的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果 (续)

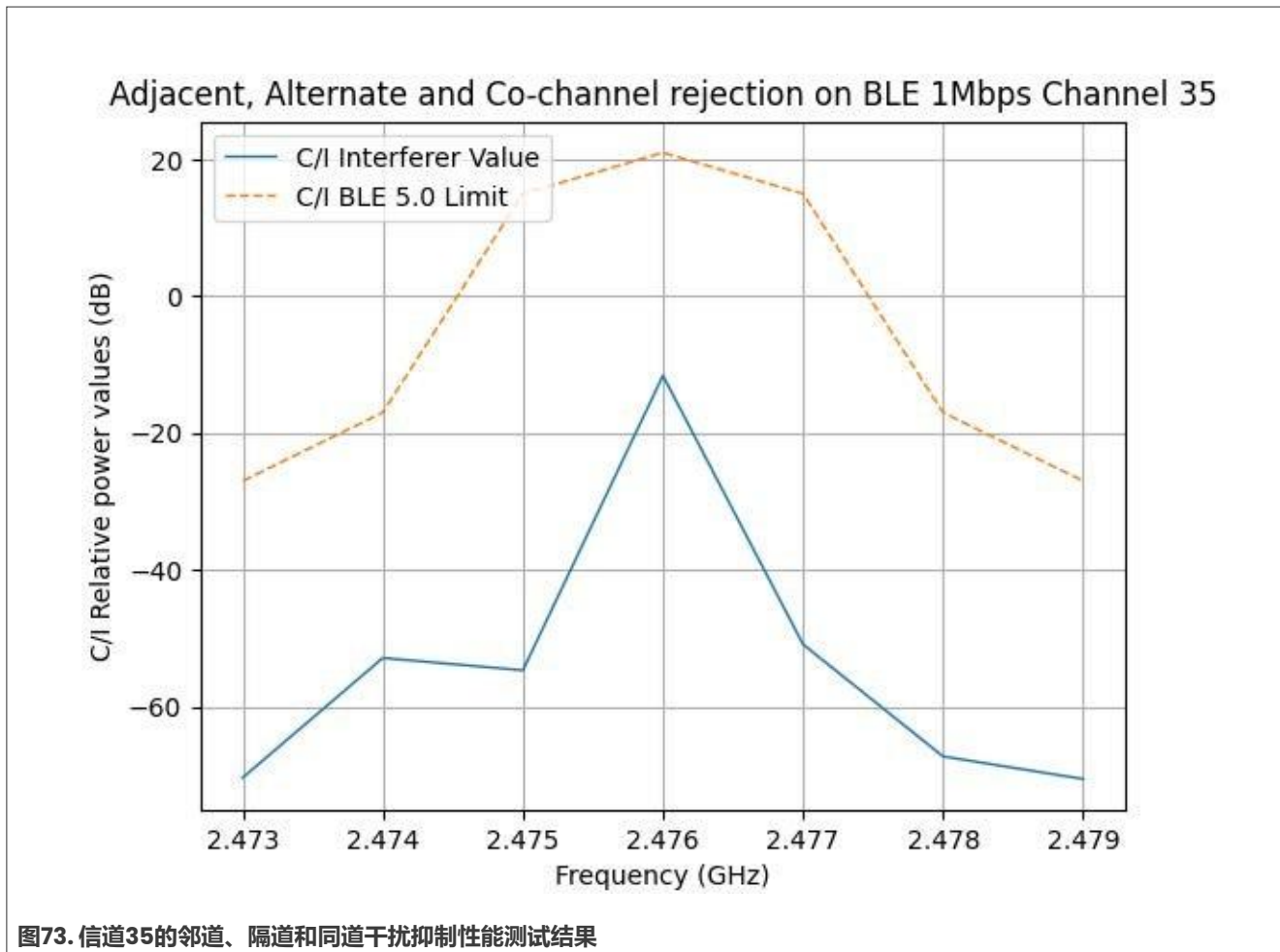
测试信道	信道17						
期望的频率 (MHz)	2440						
干扰源	N-3 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N-1 MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2 MHz (邻道)	N+3 MHz (邻道)
电平 (C/I dB)							
BLE 5.x 限值 (C/I 限值)	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB)	44.7	28.3	71.6	34.1	68.9	51.0	45.1

表32.1 Msps时信道35的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果

测试信道	信道35						
期望的频率 (MHz)	2476						
干扰源	N-3 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N-1 MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2 MHz (邻道)	N+3 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz)	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479
最大干扰信号电平 (dBm)	4.1	-20.2	-8.8	-52.8	-12.5	1.4	4.0
最大干扰信号电平 (C/I dB)	-71.1	-46.8	-58.2	-14.2	-54.5	-68.4	-71.0
BLE 5.x 限值 (C/I 限值)	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB)	44.1	29.8	73.2	35.2	69.5	51.4	44.0







结论：FRDM-MCXW71开发板通过了本BLE认证测试，最小裕量为28.3。

2Msps时的低功耗蓝牙测试结果

表33. 2Msps时低功耗蓝牙信道1的测试结果

测试信道	信道1						
期望的频率 (MHz)	2406						
干扰源	N-6 MHz (邻道)	N-4 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N (同道)	N+2 MHz (邻道)	N+4 MHz (邻道)	N+6 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz)	2400	2402	2404	2406	2408	2410	2412
最大干扰信号电平 (dBm)	4.0	-24.3	-24.7	-53.6	-4.9	3.4	3.3
最大干扰信号电平 (C/I dB)	-71.0	-42.7	-42.3	-13.4	-62.1	-70.4	-70.3

表33. 2Msps时低功耗蓝牙信道1的测试结果 (续)

测试信道:	信道1						
期望的频率 (MHz):	2406						
干扰源:	N-6 MHz (邻道)	N-4 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N (同道)	N+2 MHz (邻道)	N+4 MHz (邻道)	N+6 MHz (邻道)
BLE 5.x 限值 (C/I 限值):	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB):	44.0	25.7	57.3	34.4	77.1	53.4	43.3

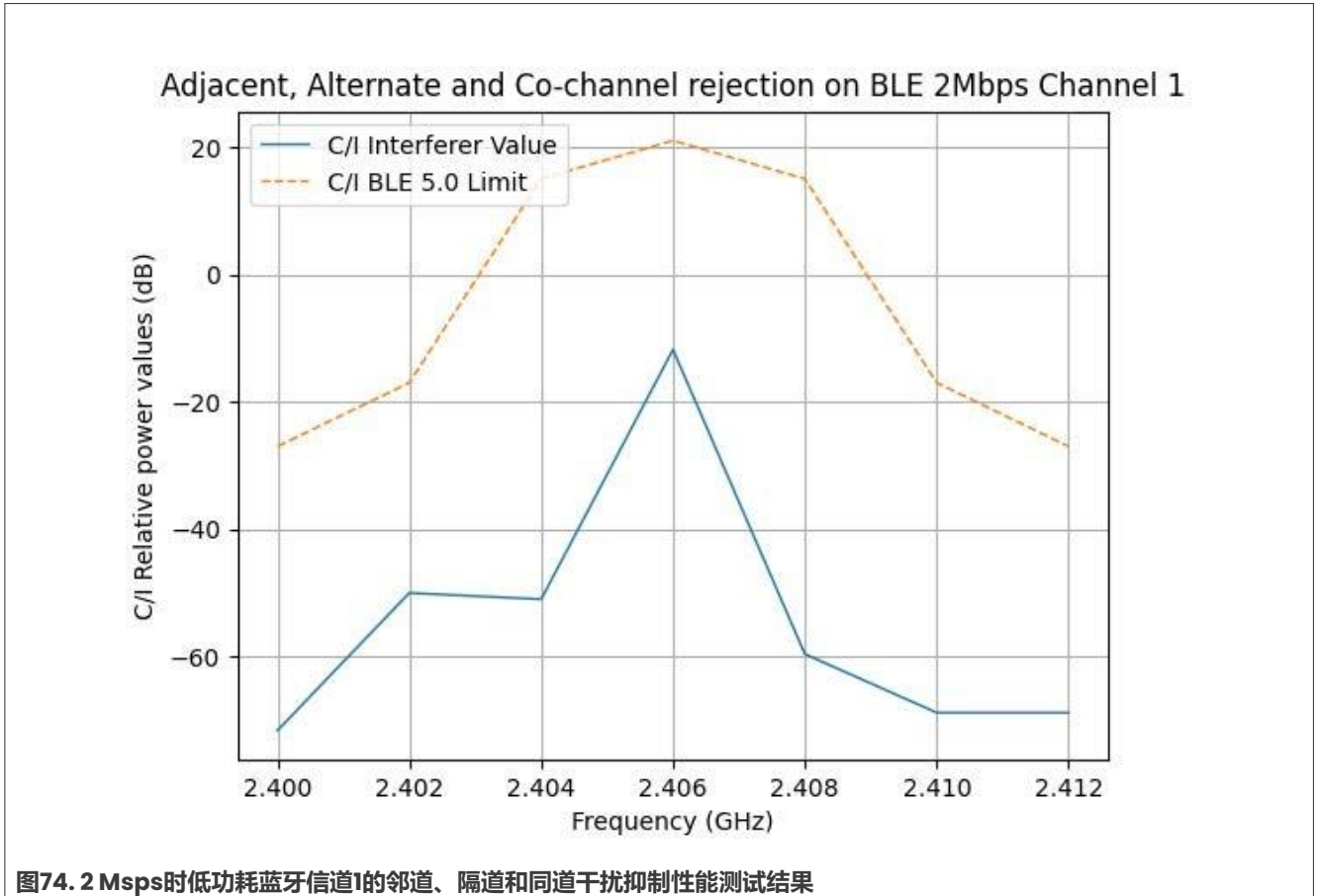
表34. 2Msps时低功耗蓝牙信道17的测试结果

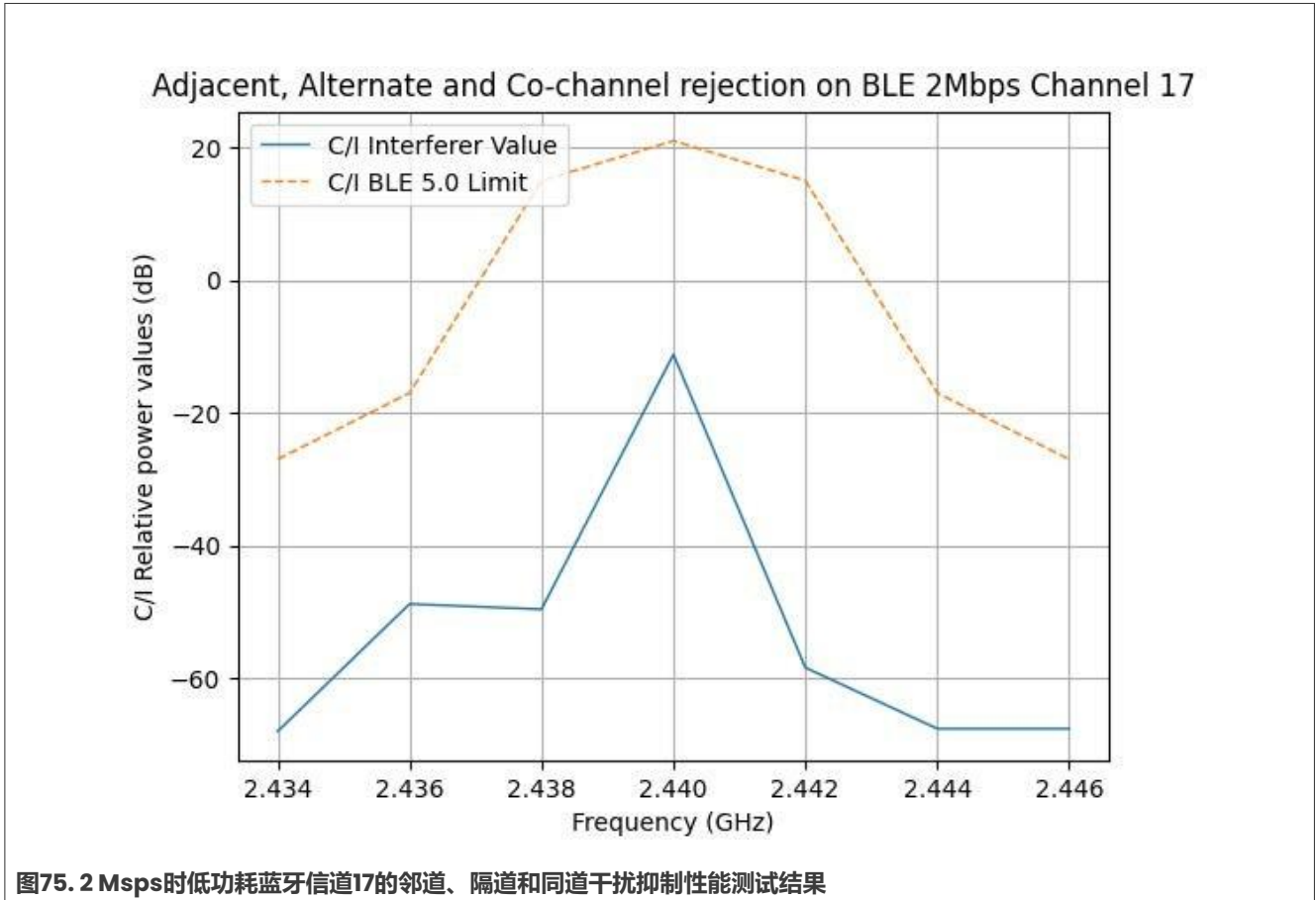
测试信道:	信道17						
期望的频率 (MHz):	2440						
干扰源:	N-6 MHz (邻道)	N-4 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N (同道)	N+2 MHz (邻道)	N+4 MHz (邻道)	N+6 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz):	2434	2436	2438	2440	2442	2444	2446
最大干扰信号电平 (dBm):	2.1	-25.7	-26.0	-54.6	-6.1	2.4	2.5
最大干扰信号电平 (C/I dB):	-69.1	-41.3	-41.0	-12.4	-60.9	-69.4	-69.5
BLE 5.x 限值 (C/I 限值):	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB):	42.1	24.3	56.0	33.4	75.9	52.4	42.5

表35. 2Mps时低功耗蓝牙信道35的测试结果

测试信道	信道35						
期望的频率 (MHz)	2476						
干扰源	N-6 MHz (邻道)	N-4 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N (同道)	N+2 MHz (邻道)	N+4 MHz (邻道)	N+6 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz) :	2470	2472	2474	2476	2478	2480	2482
最大干扰信号电平 (dBm) :	4.1	-24.0	-24.8	-53.5	-4.6	3.2	3.7
最大干扰信号电平 (C/I dB) :	-71.1	-43.0	-42.2	-13.5	-62.4	-70.2	-70.7
BLE 5.x 限值 (C/I 限值) :	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB) :	44.1	26.0	57.2	34.5	77.4	53.2	43.7

2 Msps时信道1的测试结果





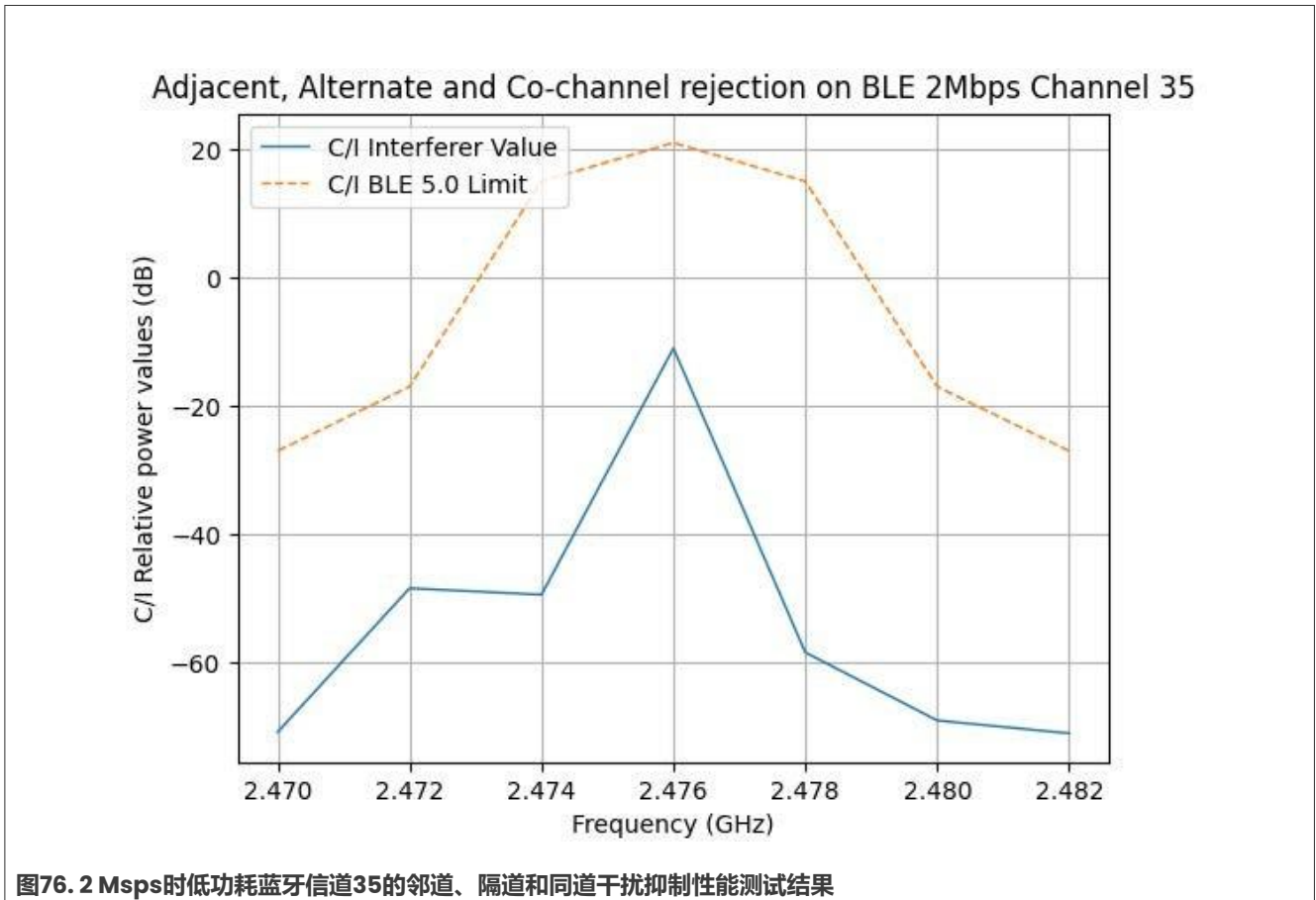


图76. 2 Msps时低功耗蓝牙信道35的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果

结论：FRDM-MCXW71开发板通过了本BLE认证测试，最小裕量为28.3。

500 Ksps (LR S=2) 时的测试结果

表36. 500 Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道1的测试结果

测试信道:	信道1						
期望的频率 (MHz):	2406						
干扰源:	N-3MHz (邻道)	N-2MHz (邻道)	N-1MHz (邻道)	N (同道)	N+1MHz (邻道)	N+2MHz (邻道)	N+3MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz):	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409
最大干扰信号电平 (dBm):	4.0	-19.0	-3.0	-52.0	-8.8	7.2	9.4
最大干扰信号电平 (C/I dB):	-71.0	-48.0	-64.0	-15.0	-58.2	-74.2	-76.4
BLE 5.x 限值 (C/I 限值):	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB):	44.0	31.0	79.0	36.0	73.2	57.2	49.4

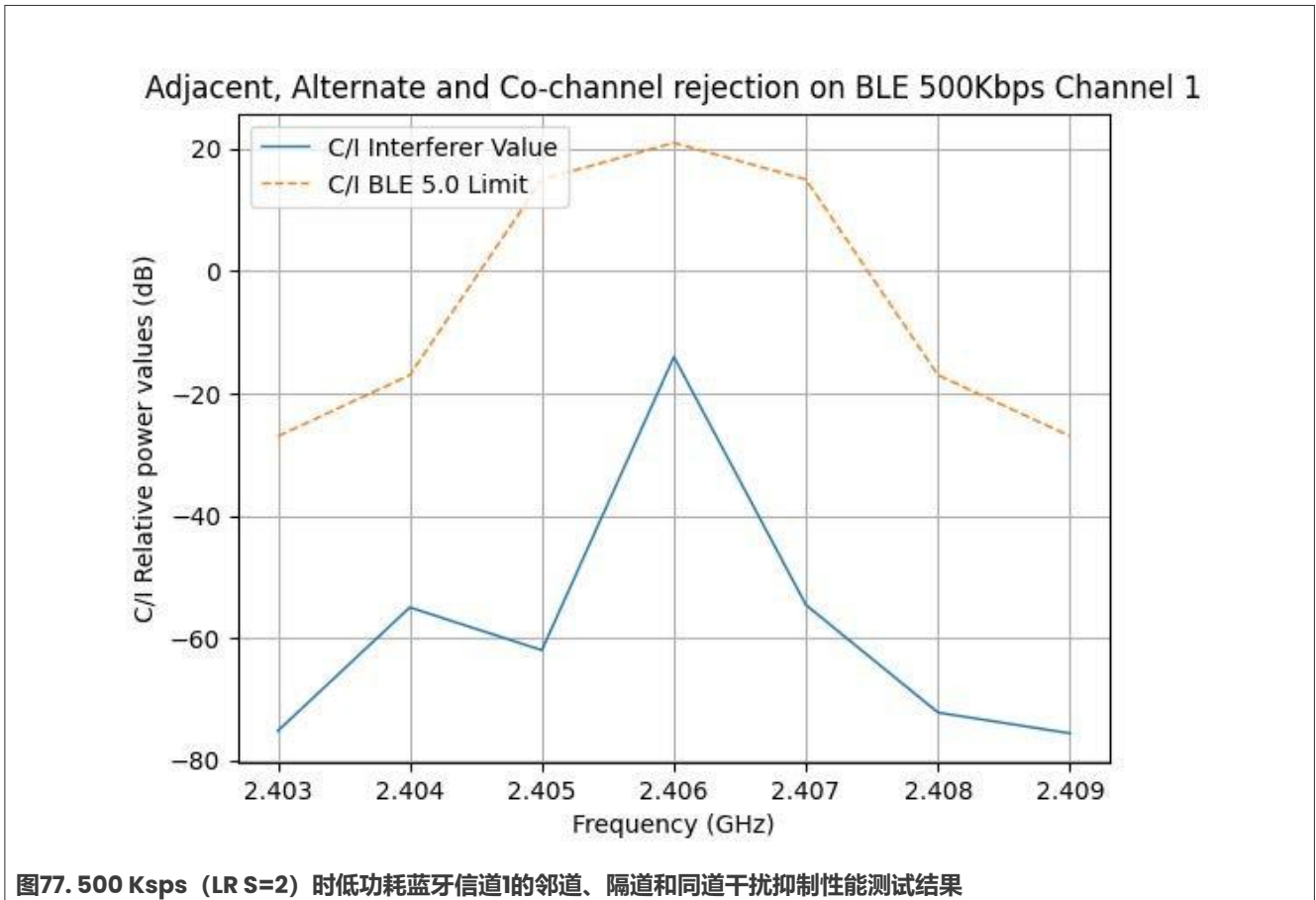
表37. 500 Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道17的测试结果

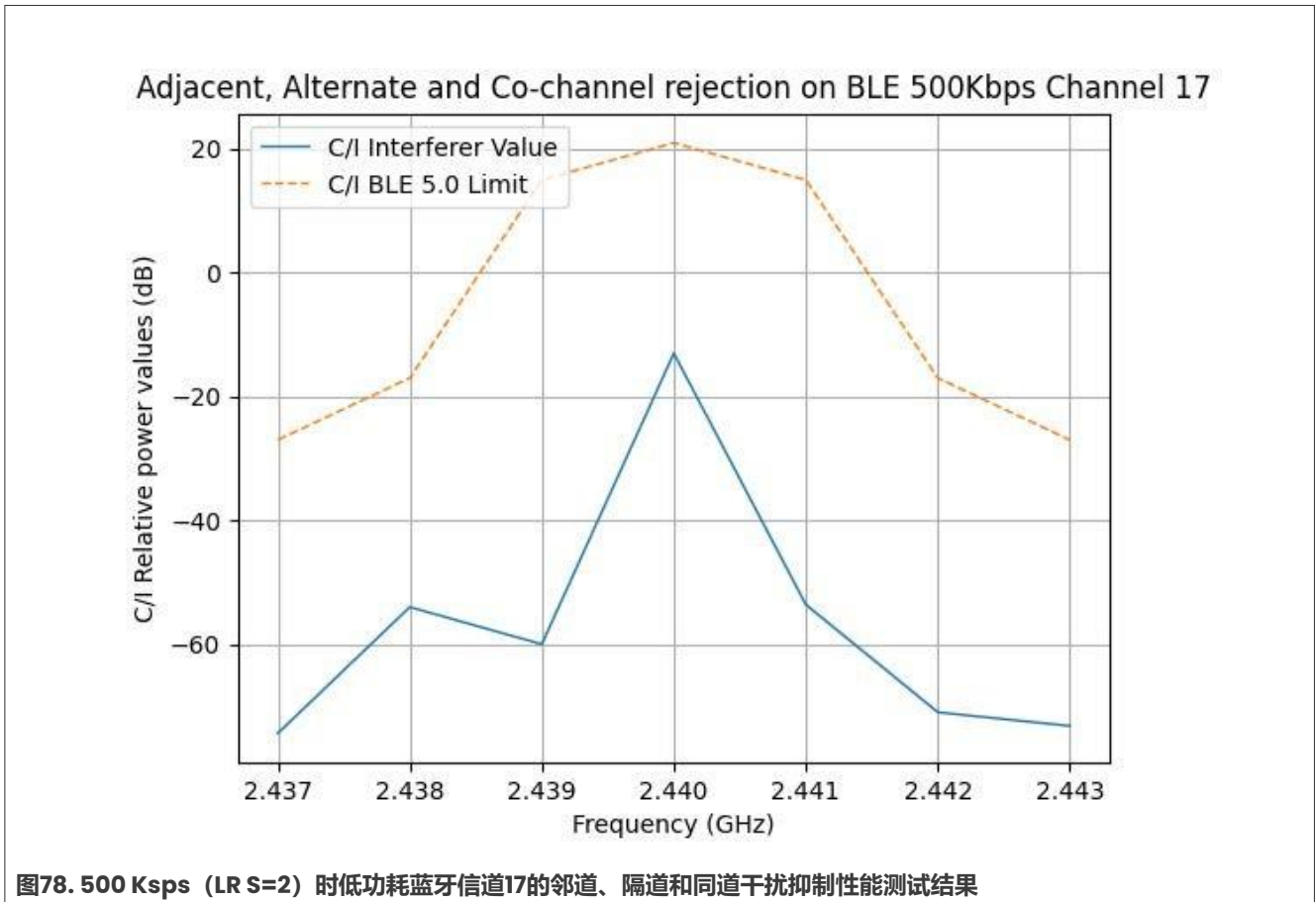
测试信道:	信道17						
期望的频率 (MHz):	2440						
干扰源:	N-3 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N-1 MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2 MHz (邻道)	N+3 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz):	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443
最大干扰信号电平 (dBm):	1.1	-66.0	-66.0	-66.0	-66.0	-66.0	-66.0
最大干扰信号电平 (C/I dB):	-68.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
BLE 5.x 限值 (C/I 限值):	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB):	41.1	-16.0	16.0	22.0	16.0	-16.0	-26.0

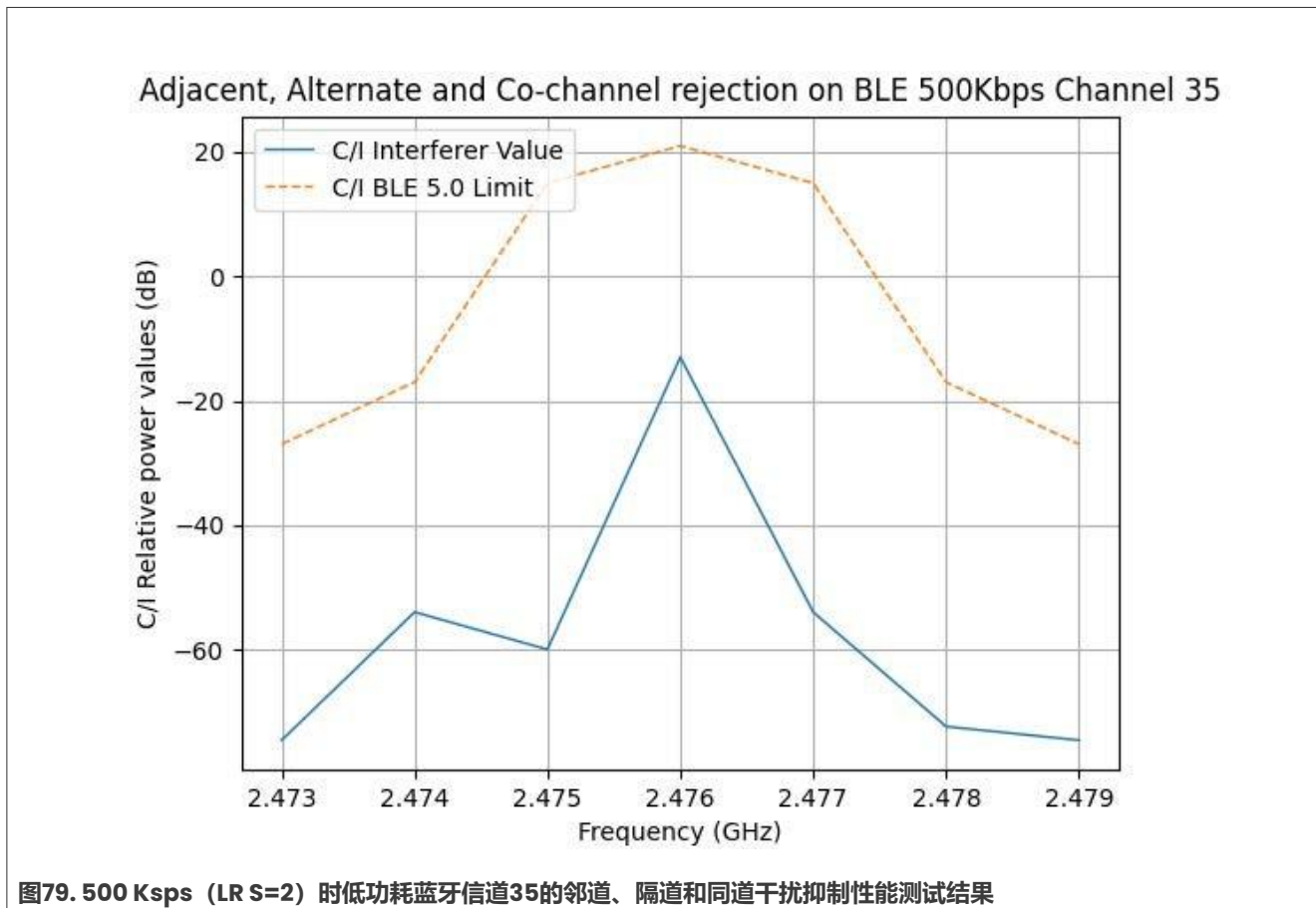
表38. 500 Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道35的测试结果

测试信道:	信道35						
期望的频率 (MHz):	2476						
干扰源:	N-3MHz (邻道)	N-2MHz (邻道)	N-1MHz (邻道)	N (同道)	N+1MHz (邻道)	N+2MHz (邻道)	N+3MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz):	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479
最大干扰信号电平 (dBm):	-66.0	-66.0	-66.0	-66.0	-66.0	-66.0	-66.0
最大干扰信号电平 (C/I dB):	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
BLE 5.x限值 (C/I 限值):	-27	-17	15	21	15	-17	-27
裕量 (dB):	-26.0	-16.0	16.0	22.0	16.0	-16.0	-26.0

500 Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果







结论：FRDM-MCXW71开发板通过了本BLE认证测试，最小裕量为28.3。

125 Ksps (LR S=8) 时的测试结果

表39. 125 Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道1的测试结果

测试信道：	信道1						
期望的频率 (MHz)：	2406						
干扰源：	N-3 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N-1 MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2 MHz (邻道)	N+3 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz)：	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409
最大干扰信号电平 (dBm)：	13.8	-18.0	-2.7	-51.0	-8.9	9.0	13.0
最大干扰信号电平 (C/I dB)：	-80.8	-49.0	-64.3	-16.0	-58.1	-76.0	-80.0

表39. 125 Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道1的测试结果 (续)

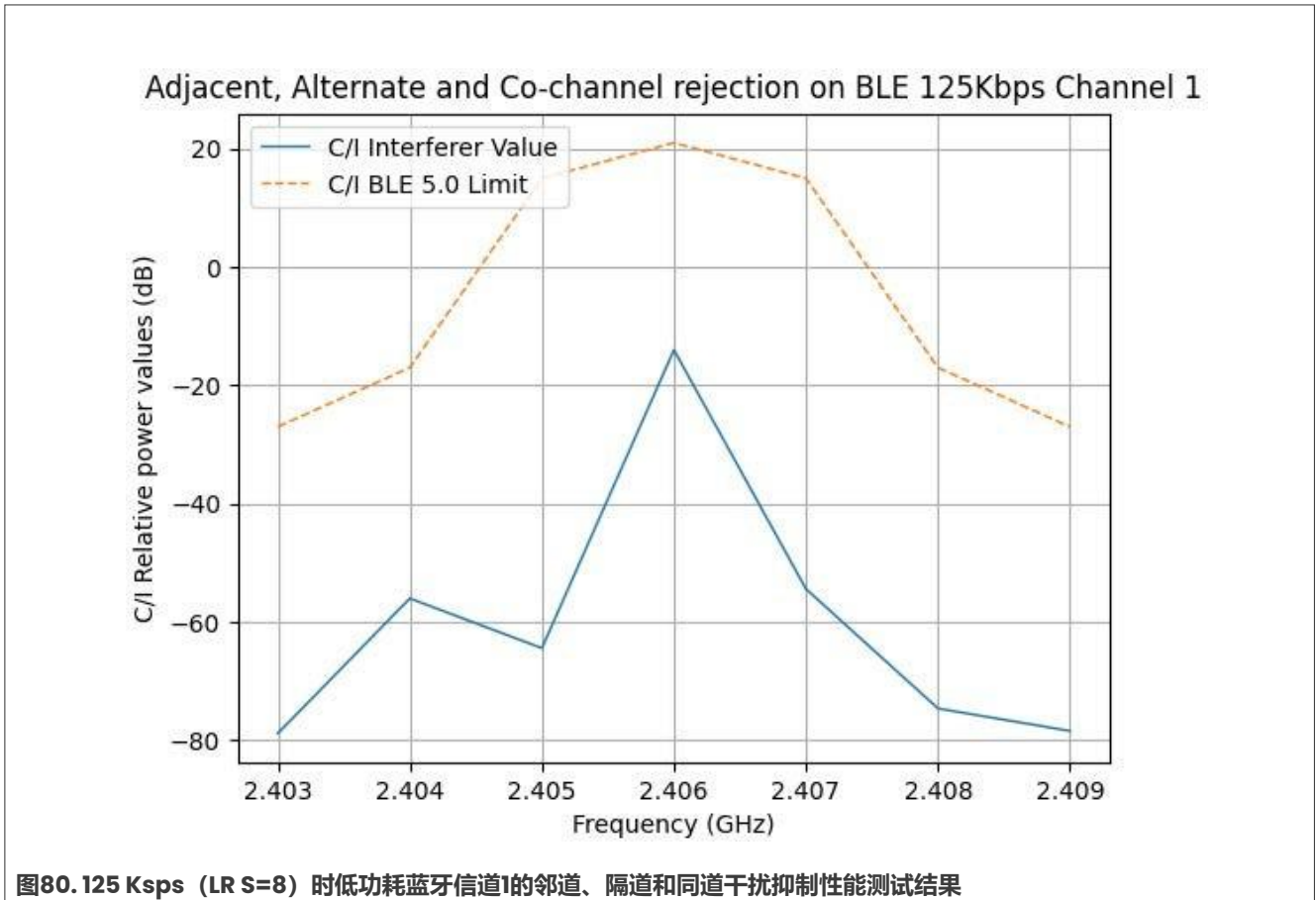
测试信道:	信道1						
期望的频率 (MHz):	2406						
干扰源:	N-3 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N-1 MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2 MHz (邻道)	N+3 MHz (邻道)
BLE 5.x 限值 (C/I 限值):	-27	-27	-27	-27	15	-17	-27
裕量 (dB):	53.8	32.0	79.3	37.0	73.1	59.0	53.0

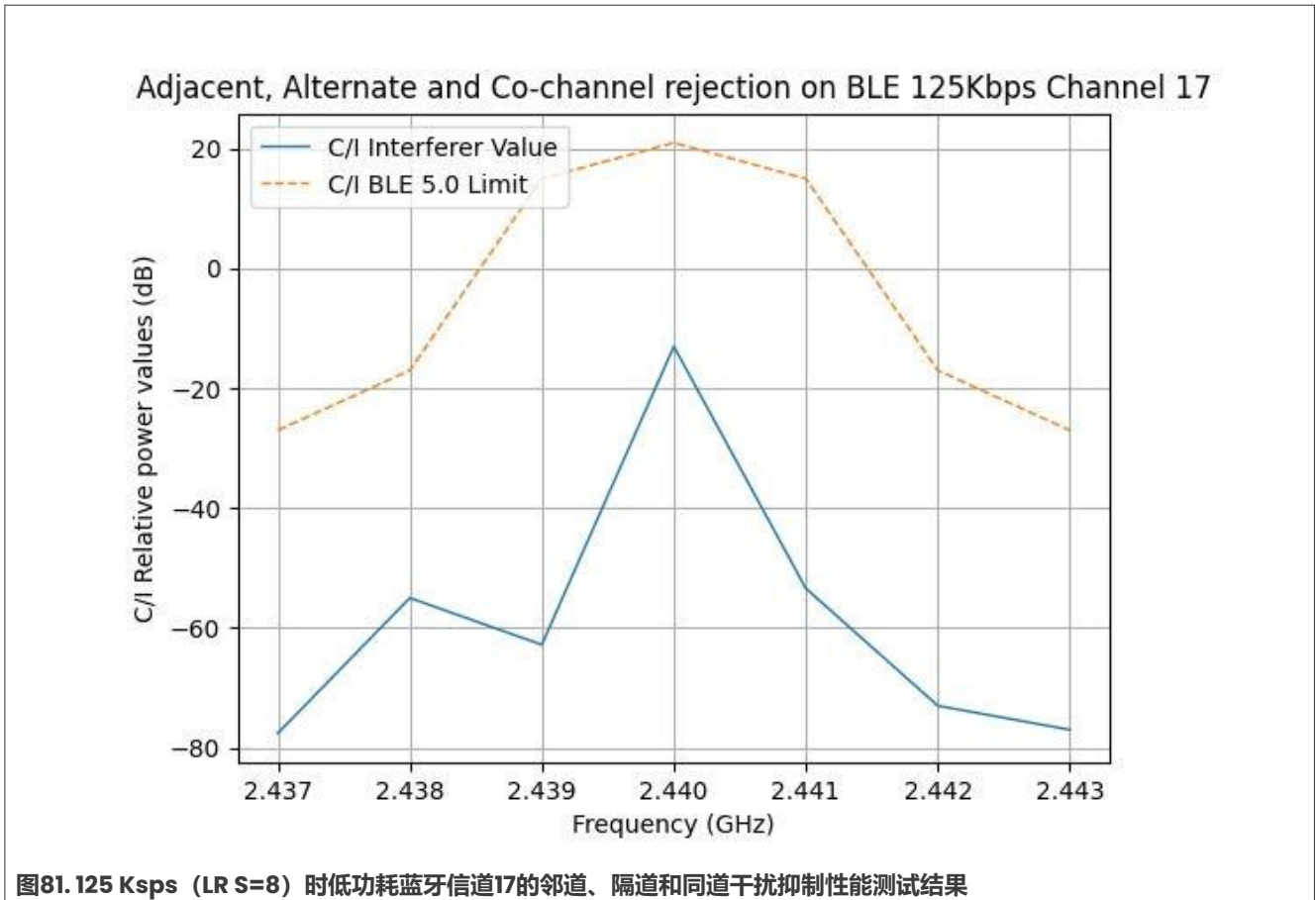
表40. 125 Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道17的测试结果

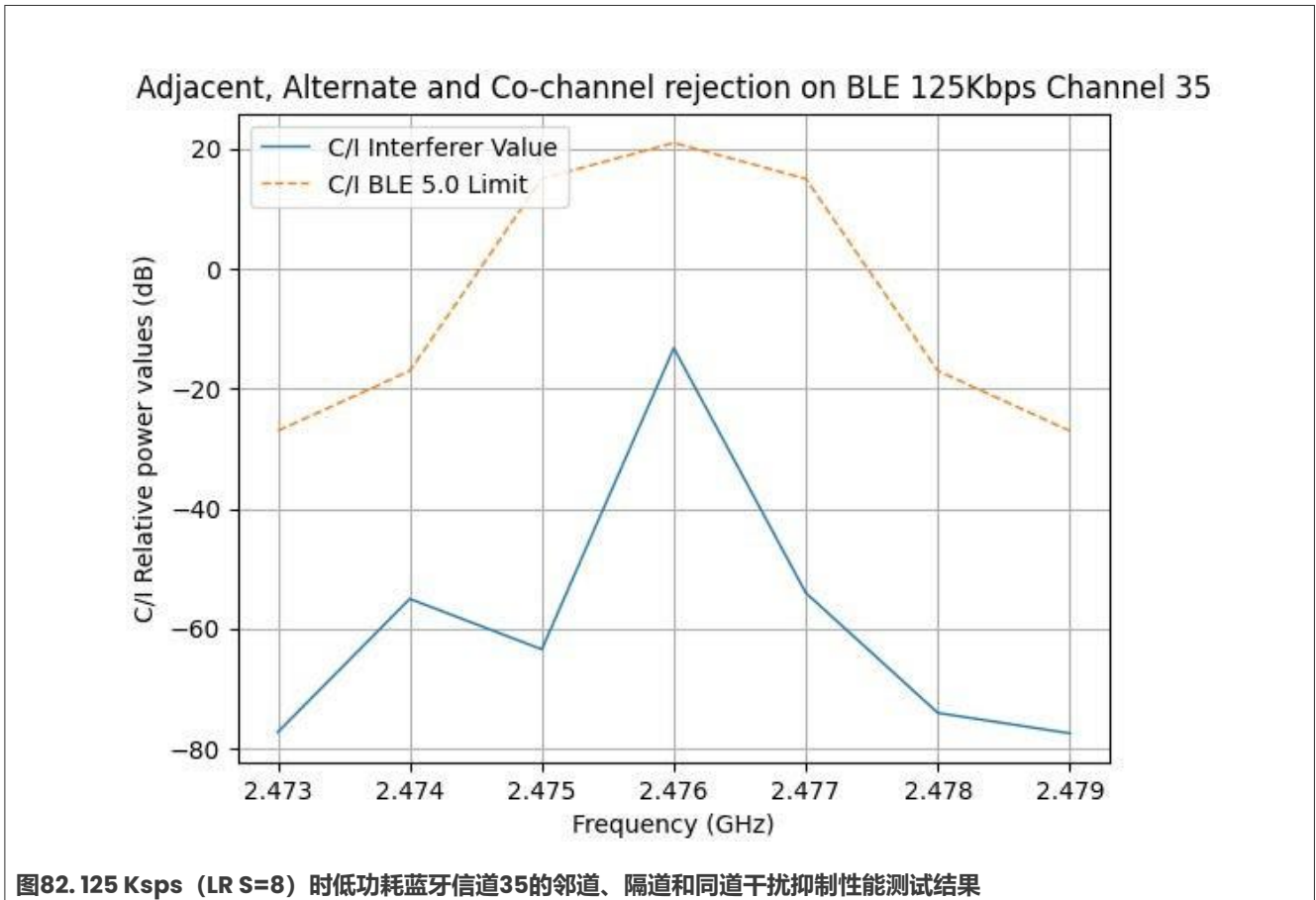
测试信道:	信道17						
期望的频率 (MHz):	2440						
干扰源:	N-3MHz (邻道)	N-2MHz (邻道)	N-1MHz (邻道)	N (同道)	N+1MHz (邻道)	N+2MHz (邻道)	N+3MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz):	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443
最大干扰信号电平 (dBm):	12.3	-19.0	-4.0	-52.0	-9.0	8.0	12.4
最大干扰信号电平 (C/I dB):	-79.3	-48.0	-63.0	-15.0	-58.0	-75.0	-79.4
BLE 5.x 限值 (C/I 限值):	-27	-27	-27	-27	15	-17	-27
裕量 (dB):	52.3	31.0	78.0	36.0	73.0	58.0	52.4

表41. 125 Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道35的测试结果

测试信道:	信道35						
期望的频率 (MHz)	2476						
干扰源	N-3 MHz (邻道)	N-2 MHz (邻道)	N-1 MHz (邻道)	N (同道)	N+1 MHz (邻道)	N+2 MHz (邻道)	N+3 MHz (邻道)
干扰信号的频率 (MHz) :	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479
最大干扰信号电平 (dBm) :	4.0	-18.0	-2.6	-51.0	-8.5	9.2	14.0
最大干扰信号电平 (C/I dB) :	-71.0	-49.0	-64.4	-16.0	-58.5	-76.2	-81.0
BLE 5.x 限值 (C/I 限值) :	-27	-27	-27	-27	15	-17	-27
裕量 (dB) :	44.0	32.0	79.4	37.0	73.5	59.2	54.0







结论：FRDM-MCXW71开发板通过了本BLE认证测试，最小裕量为28.3。

3.3.2.6.2 接收器阻塞干扰

阻塞干扰源位于带外信道，具体取决于接收器类别。

3.3.2.6.2.1 接收器类别1 - 低功耗蓝牙-1 Msps

本节描述了接收器类别1 - 低功耗蓝牙在1 Msps时的测试结果（参见ETSI 300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.2章）。

本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 所需信号的发生器（BLE-1 Msps）：Rhode & Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器：Rhode & Schwarz SFU
- 标准：PER < 10 %
 - 对于设置为2.380 GHz和2.504 GHz的干扰源，期望的信号设置为 $10\log(\text{OCBW})-133$ dBm和-68 dBm之间的最低值。
 - 对于设置为2.300 GHz、2.330 GHz、2.360 GHz、2.524 GHz、2.584 GHz和2.674 GHz的干扰源，期望的信号设置为 $10\log(\text{OCBW})-139$ dBm和-74 dBm之间的最低值。
 在这两种情况下，增加干扰源的功率电平，直至达到PER阈值。
- 被测试的BLE信道：37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果：

表42. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1 Msps - 类别1, 信道37

信道	37							
频率 (MHz)	2402							
干扰信号的类型:	低	低	低	低	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz)	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-47	-47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	63.0	63.0	57.0	57.0	57.0

表43. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1 Msps - 类别1, 信道39

信道	39							
频率 (MHz)	2480							
干扰信号的类型:	低	低	低	低	高	高	高	高

表43. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1 Msps - 类别1, 信道39 (续)

信道	39							
频率 (MHz)	2480							
干扰信号的频率 (MHz) :	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
300.328 下限 (dBm)	-47	-47	-47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	63.0	63.0	57.0	57.0	57.0

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别测试, 与限值相比有57.0 dB的裕量。

3.3.2.6.2.2 接收器类别2 - 低功耗蓝牙 - 1 Msps

本节描述了接收器类别2 - 低功耗蓝牙在1 Msps时的测试结果 (参见ETSI 300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.3章)。

本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件: 连接性测试软件

测试方法:

- 所需信号的发生器 (BLE-1 Msps) : Rhode & Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器: Rhode & Schwarz SFU
- 标准: PER < 10 %
- 期望的信号设置为-64 dBm和 $10\log(\text{OCBW})-129$ dBm之间的最低值; 增加CW干扰信号, 直至达到PER 阈值。
- 被测试的信道: BLE信道37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果:

表44. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1 Msps - 类别2, 信道37

信道	信道37			
频率 (MHz)	2402			
干扰信号的类型:	低	低	高	高
干扰信号的频率 (MHz) :	2300	2380	2504	2584
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10
300.328 下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	67.0	67.0	57.0

表45. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1 Msps - 类别2, 信道39

信道	信道39			
频率 (MHz)	2480			
干扰信号的类型:	低	低	高	高
Interferer频率 (MHz)	2300	2380	2504	2584
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	10.6	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	67.0	67.6	57.0

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别2测试, 与限值相比有67.6 dB的裕量。

3.3.2.6.2.3 接收器类别1 – 低功耗蓝牙 – 2 Msps

本节描述了接收器类别1 – 低功耗蓝牙在2 Msps时的测试结果（参见ETSI 300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.2章）。

本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 所需信号的发生器（BLE-2 Msps）：Rhode & Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器：Rhode & Schwarz SFU
- 标准：PER < 10 %
- 对于设置为2.380 GHz和2.504 GHz的干扰源，期望的信号设置为 $10\log(\text{OCBW})-133$ dBm和-68 dBm之间的最低值。
对于设置为2.300 GHz、2.330 GHz、2.360 GHz、2.524 GHz、2.584 GHz和2.674 GHz的干扰源，期望的信号设置为 $10\log(\text{OCBW})-139$ dBm和-74 dBm之间的最低值。
在这两种情况下，增加干扰源的功率电平，直至达到PER阈值。
- 被测试的BLE信道：37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果：

表46. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果: BLE-2Msps (类别1)

信道：	37							
频率 (MHz)：	2402							
干扰信号的类型：	低	低	低	低	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz)：	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-47	-47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	63.0	63.0	57.0	57.0	57.0

表47. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-2Msps - 类别1

信道：	39							
频率 (MHz)：	2480							
干扰信号的类型：	低	低	低	低	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz)：	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-47	--47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	63.0	63.0	57.0	57.0	57.0

接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-2Msps - 类别1

结论：FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别1测试，与限值相比有57.0 dB的裕量。

3.3.2.6.2.4 接收器类别2 – 低功耗蓝牙 – 2 Msps

本节描述了接收器类别2 – 低功耗蓝牙在2 Msps时的测试结果（参见300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.3章）。

本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 所需信号的发生器（**BLE-2Msps**）：Rhode & Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器：Rhode & Schwarz SFU
- 标准：PER < 10 %
- 期望的信号设置为-64dBm和10log(OCBW)-129 dBm之间的最低值；增加CW干扰信号，直至达到PER阈值。
- 被测试的BLE信道：37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果：

表48. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 – 低功耗蓝牙-2 Msps，接收器类别2 – 信道37

信道	信道37			
频率 (MHz)	2402			
干扰信号的类型：	低	低	高	高
干扰信号的频率 (MHz)：	2300	2380	2504	2584
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10
300.328 下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	67.0	67.0	57.0

表49. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 – 低功耗蓝牙-2 Msps，接收器类别2 – 信道39

信道	信道39			
频率 (MHz)	2480			
干扰信号的类型：	低	低	高	高
干扰信号的频率 (MHz)：	2300	2380	2504	2584

表49. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - 低功耗蓝牙-2 Msps, 接收器类别2 - 信道39 (续)

信道	信道39			
频率 (MHz)	2480			
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	7.0	-9.5	>10
300.328 下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	64.0	-47.5	57.0

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别2测试, 与限值相比有67.0 dB的裕量。

3.3.2.6.2.5 接收器类别1 - 低功耗蓝牙- 500 Ksps (LR S=2)

本节描述了接收器类别1 - 低功耗蓝牙在500 Ksps (LR S=2) 时的测试结果 (参见300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.2章)。

本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件: 连接性测试软件

测试方法:

- 所需信号的发生器 (低功耗蓝牙 - 500 Ksps [LR S=2]) : Rhode and Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器: Rhode & Schwarz SFU
- 标准: PER < 10 %
- 对于设置为2.380 GHz和2.504 GHz的干扰源, 期望的信号设置为 $10\log(\text{OCBW})-133$ dBm和-68 dBm之间的最低值。
对于设置为2.300 GHz、2.330 GHz、2.360 GHz、2.524 GHz、2.584 GHz和2.674 GHz的干扰源, 期望的信号设置为 $10\log(\text{OCBW})-139$ dBm和-74 dBm之间的最低值。
在这两种情况下, 增加干扰源的功率电平, 直至达到PER阈值。
- 被测试的信道: 37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果:

表50. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500 Ksps (LR S=2), 类别1

信道:	37							
频率 (MHz):	2402							
干扰信号的类型:	低	低	低	低	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz):	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10

表50. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500 Ksps (LR S=2) , 类别1 (续)

信道:	37							
频率 (MHz):	2402							
300.328 下限 (dBm)	-47	-47	-47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	63.0	63.0	57.0	57.0	57.0

表51. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500 Ksps (LR S=2) - 类别1

信道:	39							
频率 (MHz):	2480							
干扰信号的类型:	低	低	低	低	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz):	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
300.328 下限 (dBm)	-47	-47	-47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	63.0	63.0	57.0	57.0	57.0

接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500 Ksps (LR S=2) - 类别1

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别2测试, 与限值相比有67.0 dB的裕量。

3.3.2.6.2.6 接收器类别2 - 低功耗蓝牙 - 500 Ksps (LR S=2)

本节描述了接收器类别2 - 低功耗蓝牙在500 Ksps (LR S=2) 的测试结果 (参见300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.3章)。本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件: 连接性测试软件

测试方法:

- 所需信号的发生器 (**BLE-500Ksps [LR S=2]**) : Rhode & Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器: Rhode & Schwarz SFU
- 标准: PER < 10 %
- 期望的信号设置为-64 dBm和10log(OCBW)-129 dBm之间的最低值; 增加CW干扰信号, 直至达到PER 阈值。
- 被测试的BLE信道: 37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果:

表52. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500 Ksps (LR S=2) - 类别2

信道:	信道37			
频率 (MHz):	2402			
干扰信号的类型:	低	低	高	高
干扰信号的频率 (MHz):	2300	2380	2504	2584
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	67.0	67.0	57.0

表53. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - 低功耗蓝牙 - 500 Ksps (LR S=2) - 类别2

信道:	信道39			
频率 (MHz):	2480			
干扰信号的类型:	低	低	高	高
干扰信号的频率 (MHz):	2300	2380	2504	2584
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	67.0	67.0	57.0

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别2测试, 与限值相比有67.0 dB的裕量。

3.3.2.6.2.7 接收器类别1 - 低功耗蓝牙 -125 Ksps (LR S=8)

本节描述了接收器类别1 - 低功耗蓝牙在125 Kbps (LR S=8) 时的测试结果 (参见300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.2章)。
本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件: 连接性测试软件

测试方法:

- 所需信号的发生器 (**低功耗蓝牙 - 125 Ksps [LR S=8]**): Rhode and Schwarz SMBV100B
- 干扰信号发生器: R&S SFU
- 标准: PER < 10 %
- 期望的信号设置为Pmin+6 dB (-82 dBm); 增加干扰信号, 直至达到PER阈值。
- 被测试的信道: 37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果:

接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125 Ksps (LR S=8)

表54. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别1

信道:	37							
频率 (MHz):	2402							
干扰信号的类型:	低	低	低	低	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz):	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
300.328 下限 (dBm)	-47	-47	-47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0

表55. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别1

信道:	39							
频率 (MHz):	2480							
干扰信号的类型:	低	低	低	低	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz):	2300	2330	2360	2380	2504	2524	2584	2674
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
300.328 下限 (dBm)	-47	-47	-47	-53	-53	-47	-47	-47
裕量 (dB)	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0

结论: FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别1测试, 与限值相比有57.0 dB的裕量。

3.3.2.6.2.8 接收器类别2 - 低功耗蓝牙 -125 Ksps (LR S=8)

本节描述了接收器类别2 - 低功耗蓝牙在125 Kbps (LR S=8) 时的测试结果 (参见300.328 2.2.2第4.3.1.12.4.3章)。

本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

烧录的软件: 连接性测试软件

测试方法:

- 所需信号的发生器 (低功耗蓝牙 -125 Ksps [LR S=8]) : Rhode and Schwarz SMBV100B

- 干扰信号发生器：R&S SFU
- 标准：PER < 10 %
- 期望的信号设置为Pmin+6 dB (-82 dBm)；增加干扰信号，直至达到PER阈值。
- 被测试的信道：37 (2.402 GHz) 和39 (2.480 GHz)

测试结果：

接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8)

表56. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别2

信道：	信道37			
频率 (MHz)：	2402			
干扰信号的类型：	低	低	高	高
干扰信号的频率 (MHz)：	2300	2380	2504	2584
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	67.0	67.0	57.0

表57. 接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别2

信道：	信道39			
频率 (MHz)：	2480			
干扰信号的类型：	低	低	高	高
干扰信号的频率 (MHz)：	2300	2380	2504	2584
最大干扰信号电平 (dBm)	>10	>10	>10	>10
300.328下限 (dBm)	-47	-57	-57	-47
裕量 (dB)	57.0	67.0	67.0	57.0

结论：FRDM-MCXW71开发板通过了接收器阻塞类别2测试，与限值相比有67.0 dB的裕量。

3.3.2.6.3 阻塞干扰信号

3.3.2.6.3.1 低功耗蓝牙 - 1 Msps

使用CW作为干扰源，以验证接收器在2400 MHz至2483.5 MHz频带之外的频率范围内的抗干扰性能表现。

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 所需信号的发生器（低功耗蓝牙-1 Msps）：Rhode and Schwarz SMBV100B
- 阻塞信号发生器：R&S SFU
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 期望的信号设置为-67 dBm；增加干扰电平，直至达到PER阈值。
- 被测试的信道：12（2426 MHz）

表58. BLE接收阻塞干扰测试结果（1 Msps）

期望的信号 2426 MHz @-67 dBm	信道12	信道12	信道12	信道12	注
	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	
干扰信号的频率 (MHz)	30-2000 (步长为10 MHz)	2003 - 2399 (步长为3 MHz)	2484 - 2997 (步长为3 MHz)	3 GHz-12.75 GHz (步长为25 MHz)	
干扰信号电平 (dBm)	-30	-35	-35	-30	
状态（干扰信号 电平）	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过10次
状态（干扰信号 电平-50 dBm）	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过3次

结论：

- FRDM-MCXW71开发板通过了1 Msps阻塞干扰测试。

3.3.2.6.3.2 低功耗蓝牙 - 2 Msps

使用CW作为干扰源，以验证接收器在2400 MHz至2483.5 MHz的频率范围之外的抗干扰性能表现。

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 所需信号的发生器（低功耗蓝牙-2 Msps）：Rhode and Schwarz SMBV100B
- 阻塞信号发生器：R&S SFU
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 期望的信号设置为-67 dBm；增加干扰电平，直至达到PER阈值。
- 被测试的信道：12（2426 MHz）

表59. BLE接收阻塞干扰测试结果（2 Msps）

期望的信号 2426 MHz @-67 dBm	信道12	信道12	信道12	信道12	注
	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	
干扰信号的频率 (MHz)	30-2000 (步长为10MHz)	2003 - 2399 (步长为3 MHz)	2484 - 2997 (步长为3 MHz)	3 GHz-12.75 GHz (步长为25 MHz)	
干扰信号电平 (dBm)	-30	-35	-35	-30	
状态（干扰信号 电平）	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过10次
状态（干扰信号 电平-50 dBm）	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过3次

结论：

- FRDM-MCXW71开发板通过了2 Msps阻塞干扰测试。

3.3.2.6.3.3 低功耗蓝牙 - 500 Ksps (LR S=2)

使用CW作为干扰源，以验证接收器在2400 MHz至2483.5 MHz的频率范围之外的抗干扰性能表现。

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 所需信号的发生器（低功耗蓝牙 - 500 ksps [LR S=2]）：Rhode and Schwarz SMBV100B
- 阻塞信号发生器：R&S SFU
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 期望的信号设置为-67 dBm；增加干扰电平，直至达到PER阈值。
- 被测的信道：12 (2426 MHz)

表60. BLE接收阻塞干扰测试结果 (500 ksps)

期望的信号 2426 MHz @-67 dBm	信道12	信道12	信道12	信道12	注
	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	
干扰信号的频率 (MHz)	30-2000 (步长为 10MHz)	2003 - 2399 (步长为 3MHz)	2484 - 2997 (步长为 3MHz)	3 GHz-12.75 GHz (步长为25 MHz)	
干扰信号电平 (dBm)	-30	-35	-35	-30	
状态 (干扰信号 电平)	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过10次
状态 (干扰信号 电平-50 dBm)	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过3次

结论：

- FRDM-MCXW71开发板通过了500 ksps阻塞干扰测试。

3.3.2.6.3.4 低功耗蓝牙 - 125 Ksps (LR S=8)

使用CW作为干扰源，以验证接收器在2400 MHz至2483.5 MHz的频率范围之外的抗干扰性能表现。

烧录的软件：连接性测试软件

测试方法：

- 所需信号的发生器（低功耗蓝牙 - 125kbps [LR S=8]）：Rhode and Schwarz SMBV100B
- 阻塞信号发生器：R&S SFU
- 标准：PER < 30.8%，1500个数据包
- 期望的信号设置为-67 dBm；增加干扰电平，直至达到PER阈值。
- 被测试的信道：12 (2426 MHz)

表61. BLE接收阻塞干扰测试结果 (125 ksps)

期望的信号 2426 MHz @-67 dBm	信道12	信道12	信道12	信道12	注
	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	2426 MHz	
干扰信号的频率 (MHz)	30-2000 (步长为10 MHz)	2003 - 2399 (步长为 3MHz)	2484 - 2997 (步长为 3MHz)	3 GHz-12.75 GHz (步长为25 MHz)	
干扰信号电平 (dBm)	-30	-35	-35	-30	
状态 (干扰信号 电平)	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过10次
状态 (干扰信号 电平-50 dBm)	通过	通过	通过	通过	
阻塞失败次数	0	0	0	0	阻塞失败次数 不能超过3次

结论：

- FRDM-MCXW71开发板通过了125kbps阻塞干扰测试。

4 IEEE 802.15.4应用

本节描述了针对IEEE 802.15.4应用进行的射频测试，包括测试设置和所执行测试的总结。

4.1 测试列表

注意：以下针对IEEE 802.15.4应用的测试是使用上一代MCXW71芯片进行的。这可能会导致与在BLE应用中使用的新一代芯片的结果有所不同。

1. 所做的测试
 - a. 发射测试
 - i. 频率精度
 - ii. 相位噪声
 - iii. 发射功率
 - iv. 发射杂散
 - v. 谐波
 - vi. EVM和偏移EVM
 - vii. 上频带边缘
 - b. 接收测试
 - i. 灵敏度
 - ii. 灵敏度浴缸曲线
 - iii. 最大输入电平
 - iv. 接收杂散
 - v. LO (本振) 泄漏
 - vi. 干扰信号 (根据802.15.4要求)
 - vii. 同道干扰
 - viii. 接收阻塞 (根据ETSI 300 328要求)

4.2 测试总结

本节总结了在MCXW71 (上一代) 模块上执行的主要测试。本文档描述了大多数测试的详细结果和设置 (见表62、表63和表64)。有关更多信息，请联系当地的恩智浦业务联系人。

表62. 发射测试 (欧洲)

测试参数	参考	限值	状态
最大发射功率	ETSI EN 300 328	20 dBm, 100 mW (辐射)	通过
Eirp发射频谱密度	ETSI EN 300 328	10 dBm/MHz	通过
发射频谱密度	802.15.4_2011	-20 dBc或-30 dBm (100 kHz, f-fc > 3.5 MHz)	通过
30 MHz - 1 GHz频段的杂散	ETSI EN 300 328	-36 dBm或 -54 dBm (取决于频率) (100 kHz BW)	通过
1 GHz - 12.5 GHz频段的杂散	ETSI EN 300 328	-30 dBm (1 MHz BW)	通过

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

表62. 发射测试 (欧洲) (续)

测试参数	参考	限值	状态
EVM	802.15.4_2011	35%	通过
发射频率容差	802.15.4_2011	+/- 40 ppm	通过
可达到的最大功率下限值	802.15.4_2011	-3 dBm	通过
相位噪声 (未扩散)	802.15.4_2003	不可用	仅供参考

表63. 接收测试 (欧洲)

测试参数	参考	限值	状态
30 MHz - 1 GHz频段的接收器辐射	ETSI EN 300 328	-57 dBm (100 kHz)	通过
1 GHz - 12.5 GHz频段的接收器辐射	ETSI EN 300 328	-47 dBm (1 MHz)	通过
接收灵敏度	802.15.4	-85 dBm	通过
邻道干扰抑制N+/-1	802.15.4_2011	0 dB	通过
隔道干扰抑制N+/-2	802.15.4_2011	30 dB	通过
接收阻塞	ETSI EN 300 328	-57 dBm/-47 dBm	通过
最大接收输入电平	802.15.4_2011	-20 dBm	通过
回波损耗 (S11)	发射模式下的回波损耗	仅供参考	
	接收模式下的回波损耗	仅供参考	

表64. 发射测试 (美国)

测试参数	参考	限值	状态
1 GHz - 12.5 GHz频段的杂散	FCC part15	-41 dBm (1 MHz BW)	通过

4.3 所做的测试

本节描述了针对IEEE 802.15.4应用所做测试的结果。这些测试包括发射测试、接收测试及其子类别。

4.3.1 发射测试

4.3.1.1 测试设置

MCXW71（上一代）的发射功率设置为**+10 dBm**。通过射频电缆将模块的RF端口连接到频谱分析仪。

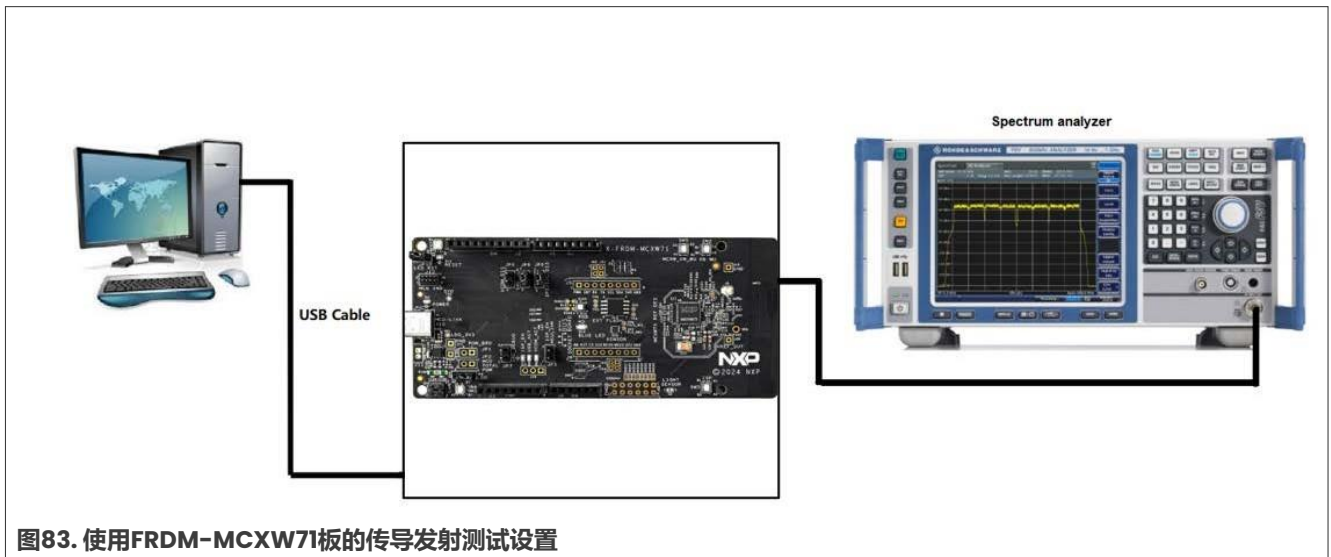


图83. 使用FRDM-MCXW71板的传导发射测试设置

4.3.1.2 频率精度

测试方法：

- 将射频设置为：
 - 发射模式，CW，连续模式，频率：信道18
- 将分析仪设置为：
 - 中心频率=2.44 GHz，扫频宽度=1 MHz，参考电平=20 dBm，RBW=10 kHz
- 用频谱分析仪的标记器测量连续波（CW）的频率。

测试结果：

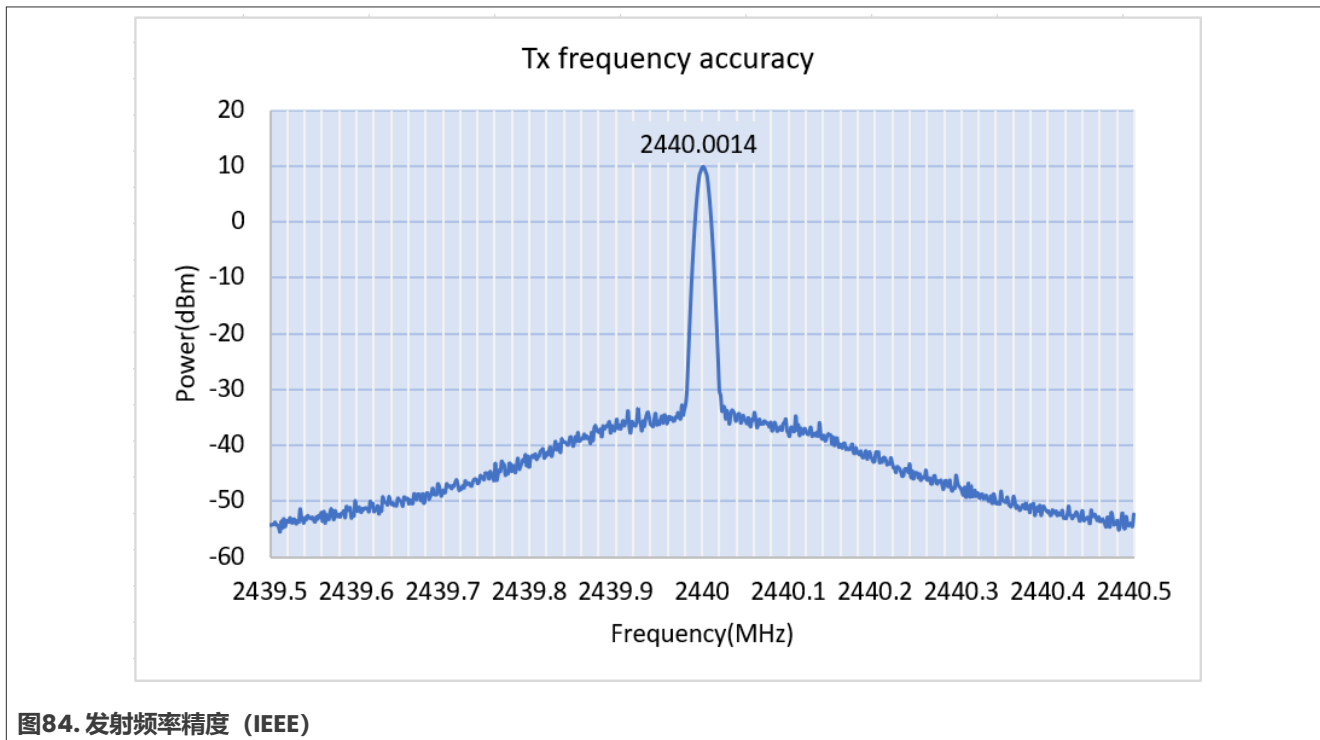


图84. 发射频率精度 (IEEE)

频率精度

- 测量频率: 2440.0014 MHz
- ppm值 = 0.57 ppm

表65. 发射频率精度 (IEEE)

结果	目标值	802.15.4限值
0.57 ppm	+/- 25 ppm	+/- 40 ppm

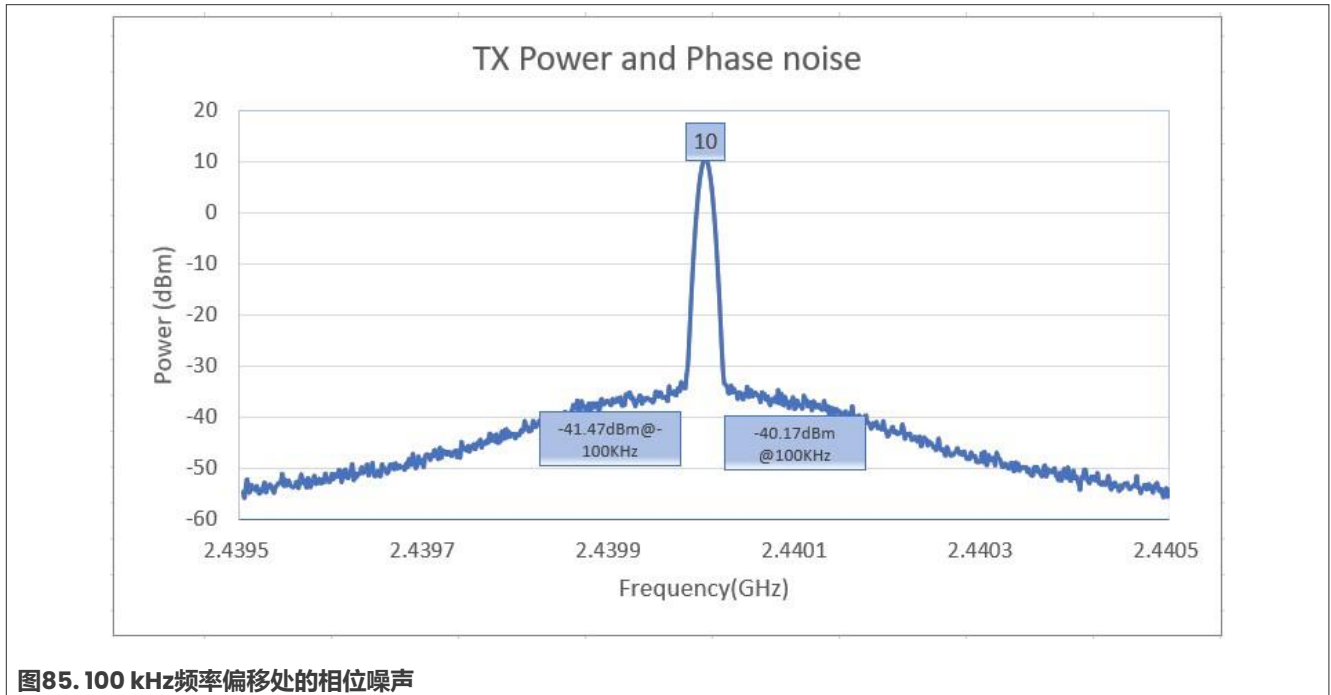
注: 频率精度取决于XTAL的型号。MCX W71 (上一代) 上使用的XTAL型号是NDK的NX2016SA EXS00A-CS11775, XtalTrim 设置为 "15"。

结论: 信道频率正确居中, 因此完全符合IEEE 802.15.4规范。

4.3.1.3 100 kHz频率偏移处的相位噪声

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, CW, 连续模式, 频率: 信道18
- 将分析仪设置为:
 - 中心频率=2.44 GHz, 扫频宽度=1 MHz, 参考电平=20 dBm
- 测量100 kHz频率偏移处的相位噪声
 - RBW=10 kHz (40 dBc)



相位噪声

测试结果:

- 标记值在10 kHz RBW内为- 41.1 dBm →
 - 标记差值=10.0 - (-41.1) = 51.1 dB
 - 100 kHz偏移处的相位噪声= -51.1-10 Log (10 kHz) = **-91.1 dBc/Hz**

注:

- 相位噪声仅供参考。

4.3.1.4 发射功率 (基频)

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, 调制, 连续模式
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=2.4 GHz, 停止频率=2.5 GHz
 - 参考电平=20 dBm, 扫描时间=100 ms, RBW=3 MHz
 - 最大保持模式
 - 检波器: 峰值
- 扫描从信道11到信道26的所有信道

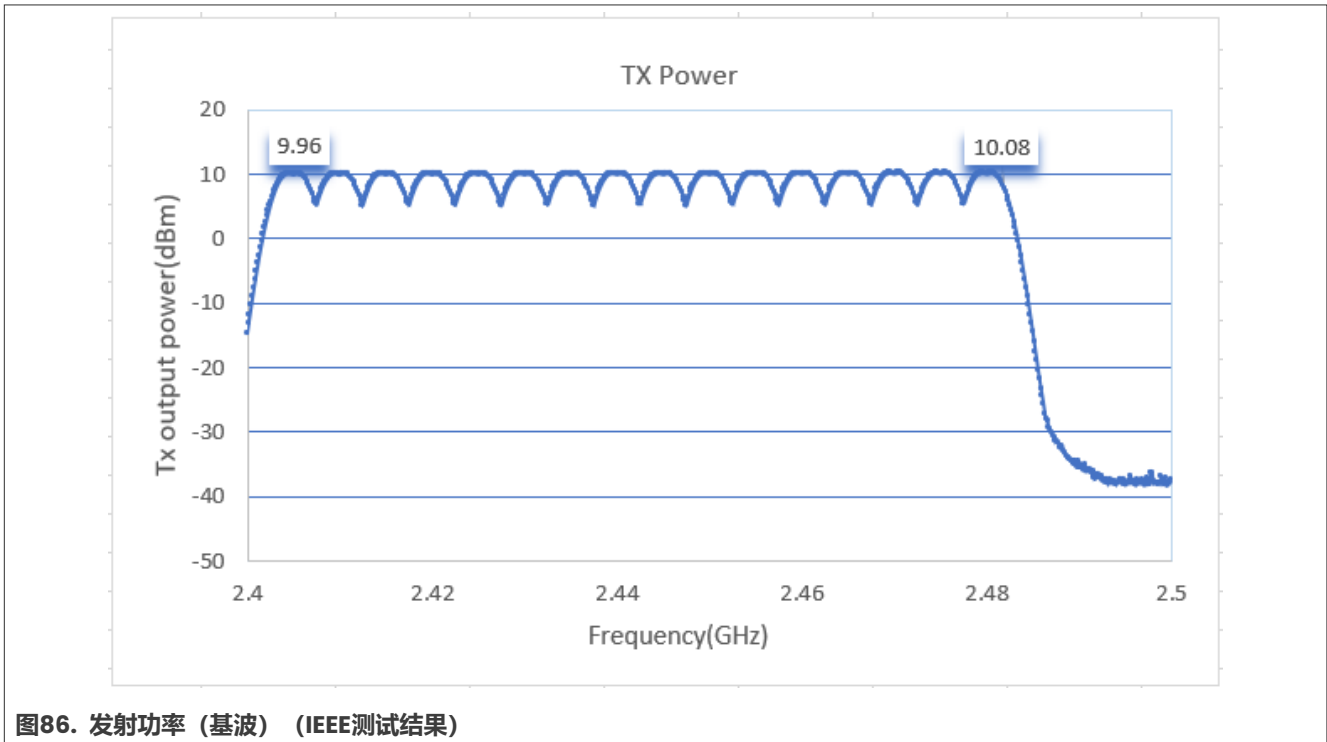


图86. 发射功率（基波）（IEEE测试结果）

最大发射功率

测试结果：

最大功率在信道26上，为**+10.08 dBm**

最小功率在信道11上，为**+9.96 dBm**

频率倾斜度为**0.1 dB**

结论：

- 功率在频率范围内是平坦的。

4.3.1.5 带内发射功率

测试方法：

- 将射频设置为：
 - 发射模式，调制，连续模式，数据速率 (1 Msps、2 Msps、500 Ksps、125 Ksps)
- 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.35 GHz，停止频率=2.5 GHz，参考电平=10 dBm，扫描时间=100 ms
 - RBW=100 KHz，视频带宽=300 KHz
 - 最大保持模式
 - 检波器=RMS
 - 扫描次数=10
- 扫描802.15.4标准的信道11、18和26

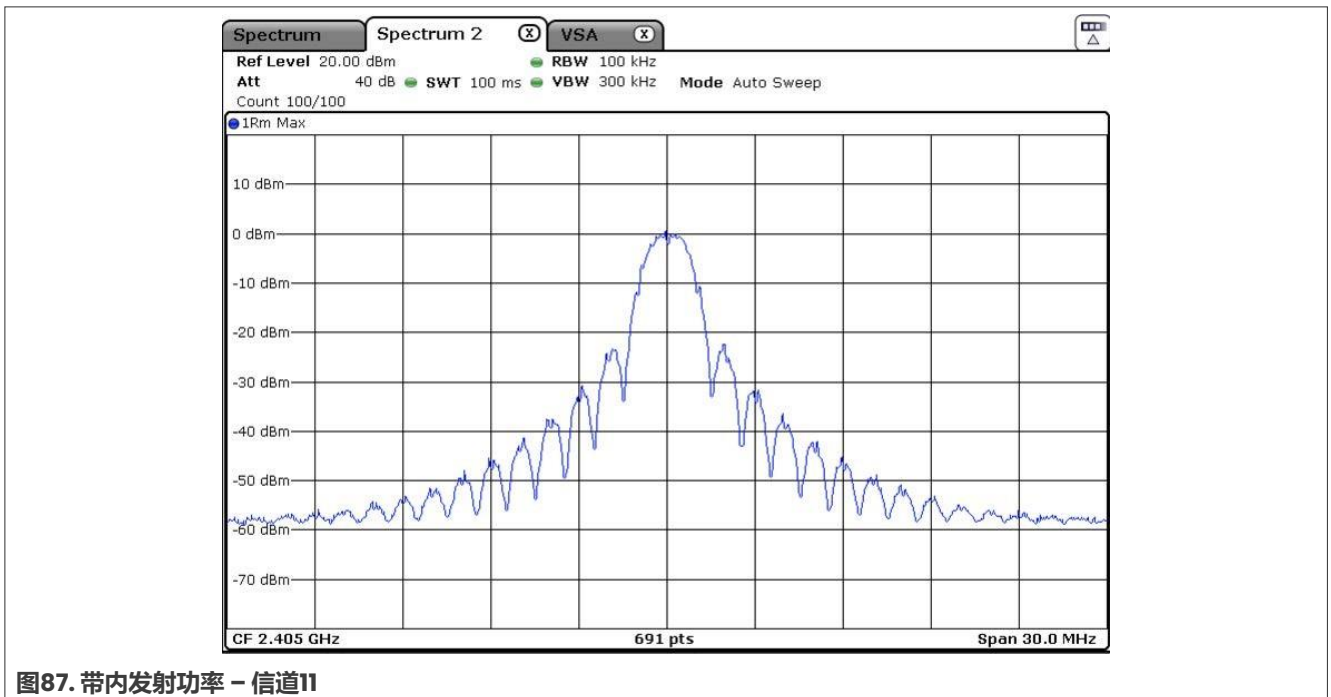


图87. 带内发射功率 - 信道11

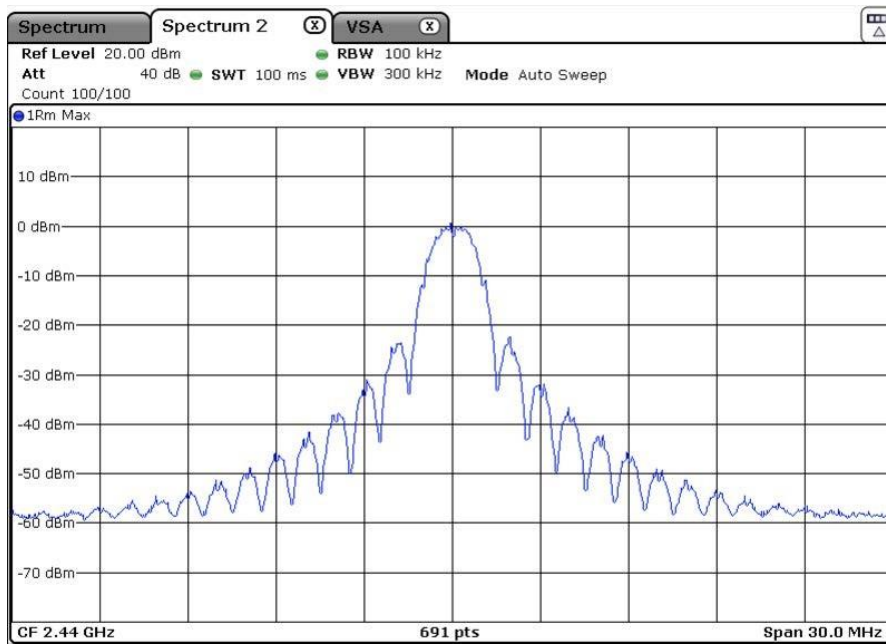


图88. 带内发射功率 – 信道18

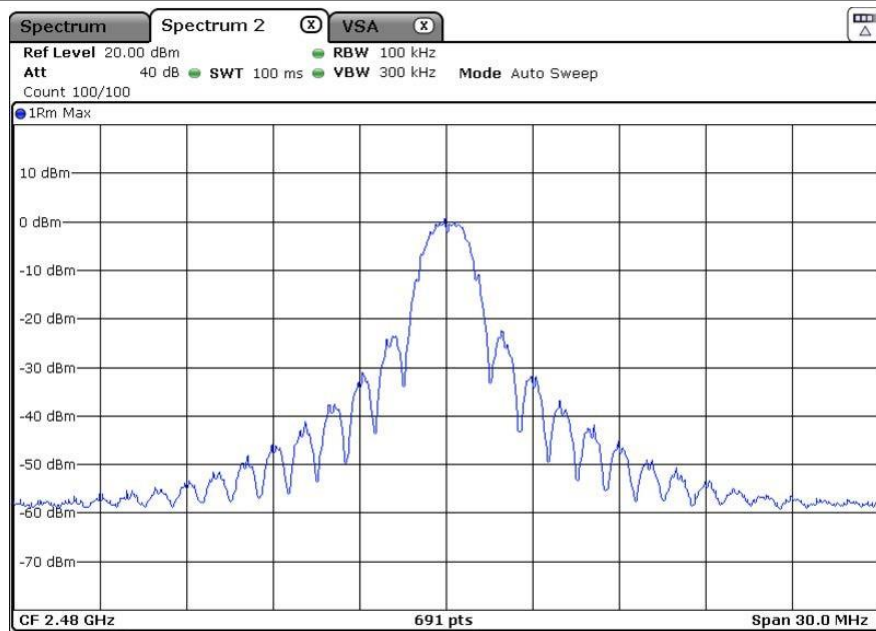


图89. 带内发射功率 – 信道26

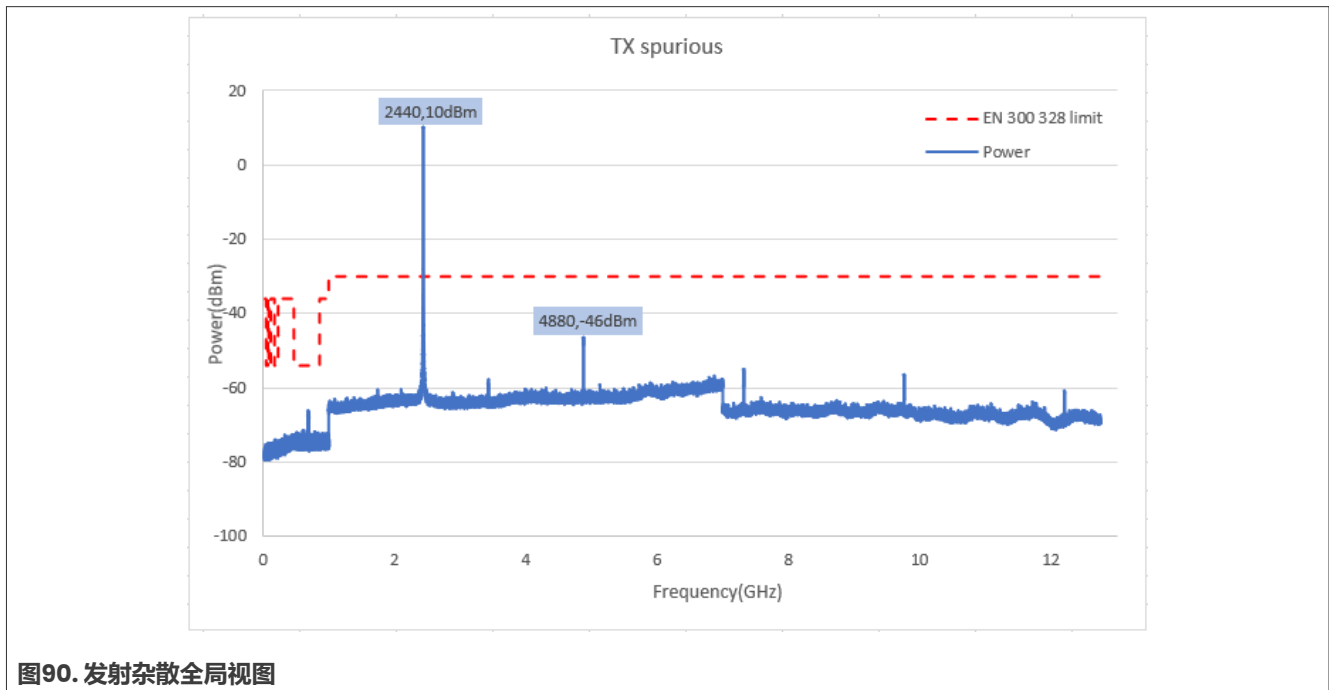
结论:

- 这些测试结果符合802.15.4标准。

4.3.1.6 发射杂散

本节描述了在ETSI和FCC测试条件下IEEE 802.15.4标准的发射杂散传输测试结果。

4.3.1.6.1 0.3 GHz至12.5 GHz的全局视图 (所需信号=信道18)



传导发射杂散

- 没有出现超过EN 300 328限值的发射杂散，观察到约16 dB的裕量。
- 以下各段将专门对谐波进行测量。

4.3.1.6.2 H2 (ETSI测试条件)

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, 调制, 连续模式
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=4.8 GHz, 停止频率=5 GHz
 - 参考电平=-20 dBm, 扫描时间=100 ms, RBW=1 MHz
- 最大保持模式
- 检波器: 峰值
- 扫描从信道11到信道26的所有信道

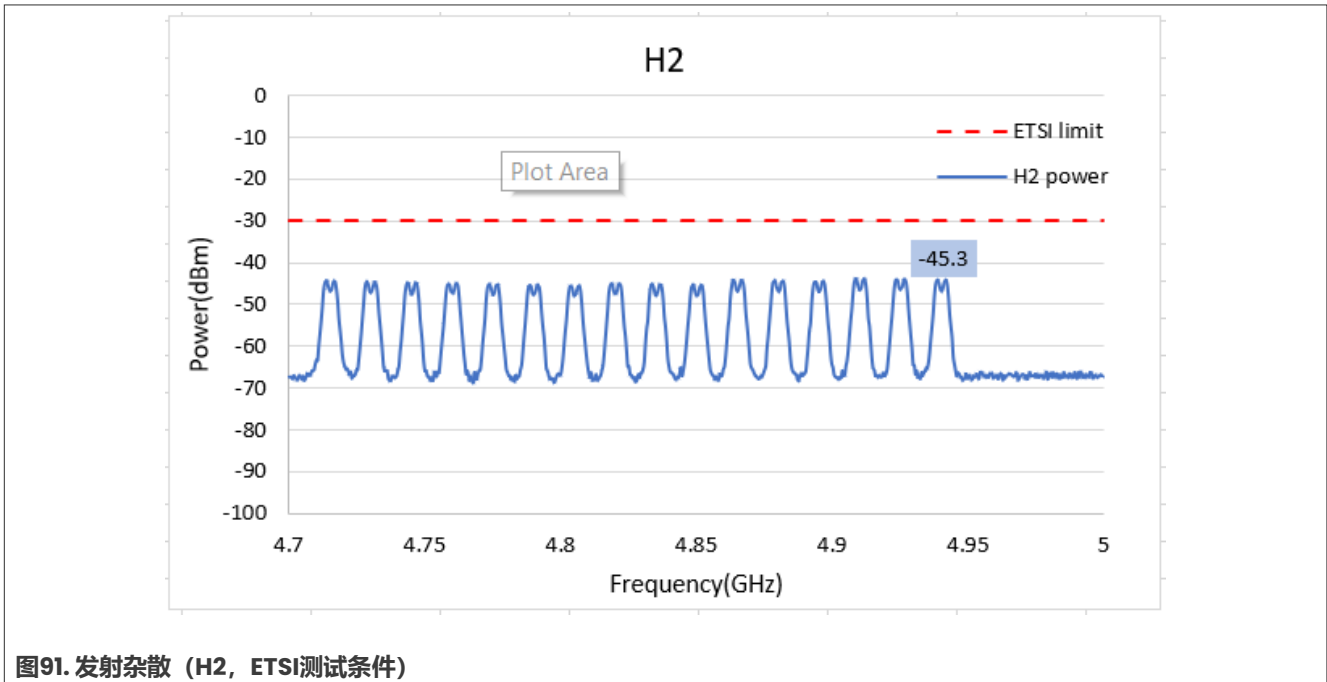


图91. 发射杂散 (H2, ETSI测试条件)

传导H2杂散

测试结果:

最大功率在信道11上, 为**-45.3 dBm**

结论:

- 与ETSI限值相比有**15.3 dB**的裕量。

4.3.1.6.3 H3 (ETSI测试条件)

测试方法与H2相似, 除了将频谱分析仪的起始/停止频率设置为7.2 GHz和7.5 GHz。

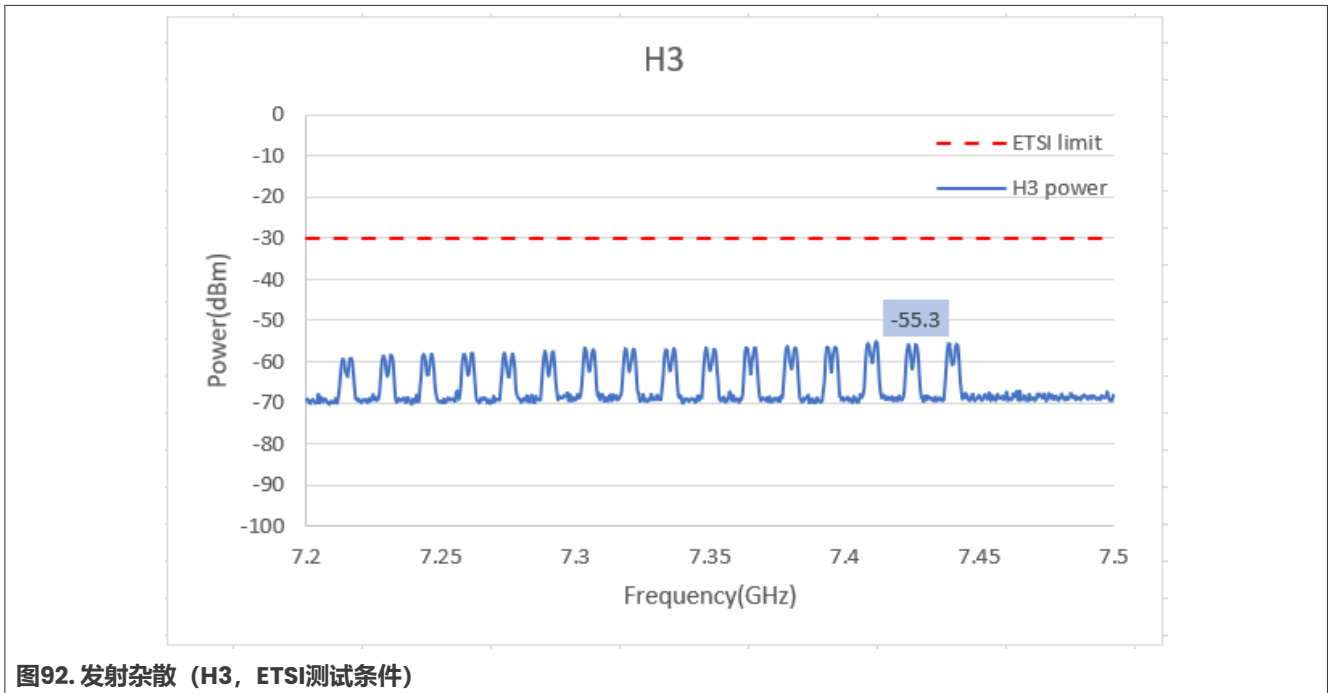


图92. 发射杂散 (H3, ETSI测试条件)

传导H3杂散

测试结果:

最大功率在信道19上, 为**-55.3 dBm**

结论:

- 与ETSI限值相比有**25.3 dB**的裕量。

4.3.1.6.4 H4 (ETSI测试条件)

测试方法与H2相似, 除了将频谱分析仪的频率范围设置为9.6 GHz至10.0 GHz。

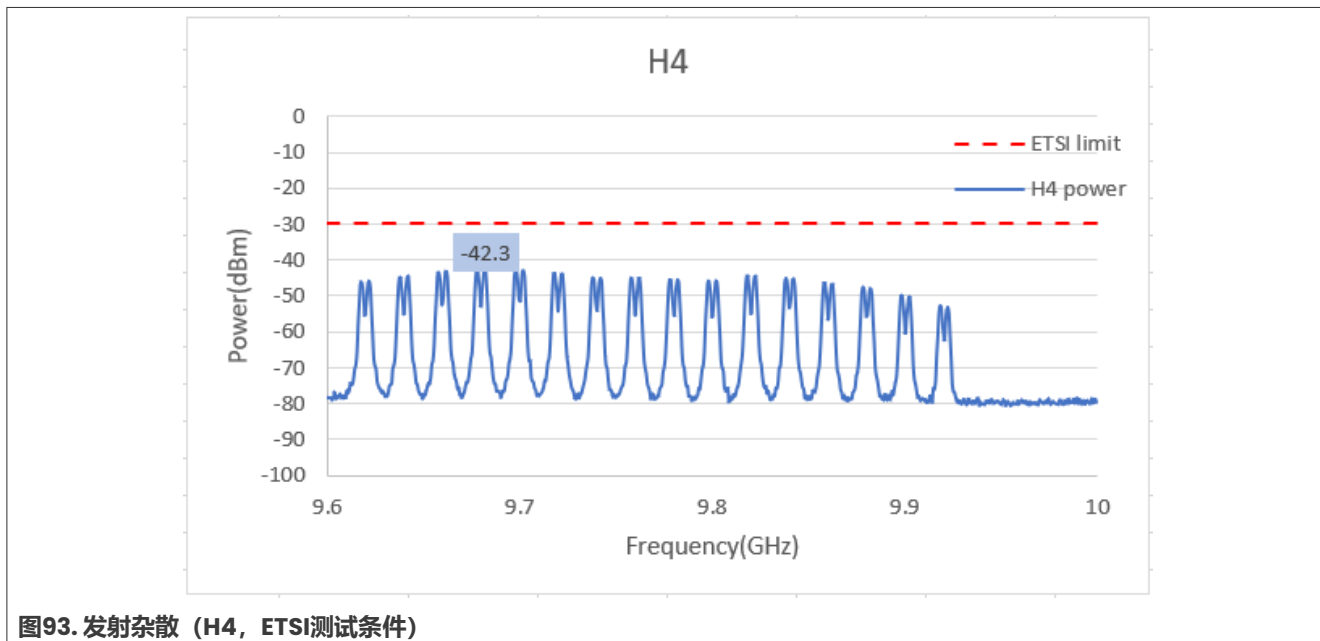


图93. 发射杂散 (H4, ETSI测试条件)

传导H4杂散

测试结果:

最大功率在信道16上, 为**-42.3 dBm**

结论:

- 与ETSI限值相比有**12.3 dB**的裕量。

4.3.1.6.5 H5 (ETSI测试条件)

测试方法与H2相似, 除了将频谱分析仪的频率范围设置为12.0 GHz至12.5 GHz。

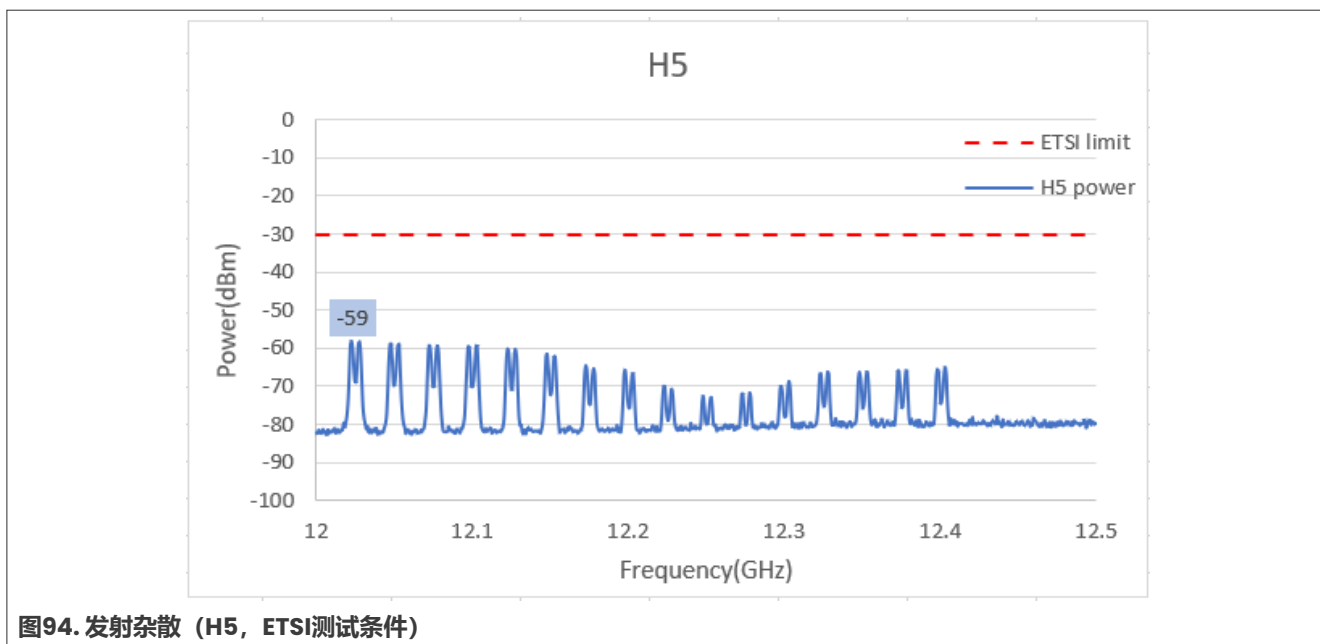


图94. 发射杂散 (H5, ETSI测试条件)

传导H5杂散

测试结果：

最大功率在信道16上，为**-59 dBm**

结论：

- 与ETSI限值相比有**29 dB**的裕量。

4.3.1.6.6 H6到H10 (ETSI测试条件)

测试方法与H2相似，除了将频谱分析仪的频率范围设置为相应的频率范围。

表66. H6到H10的传导杂散

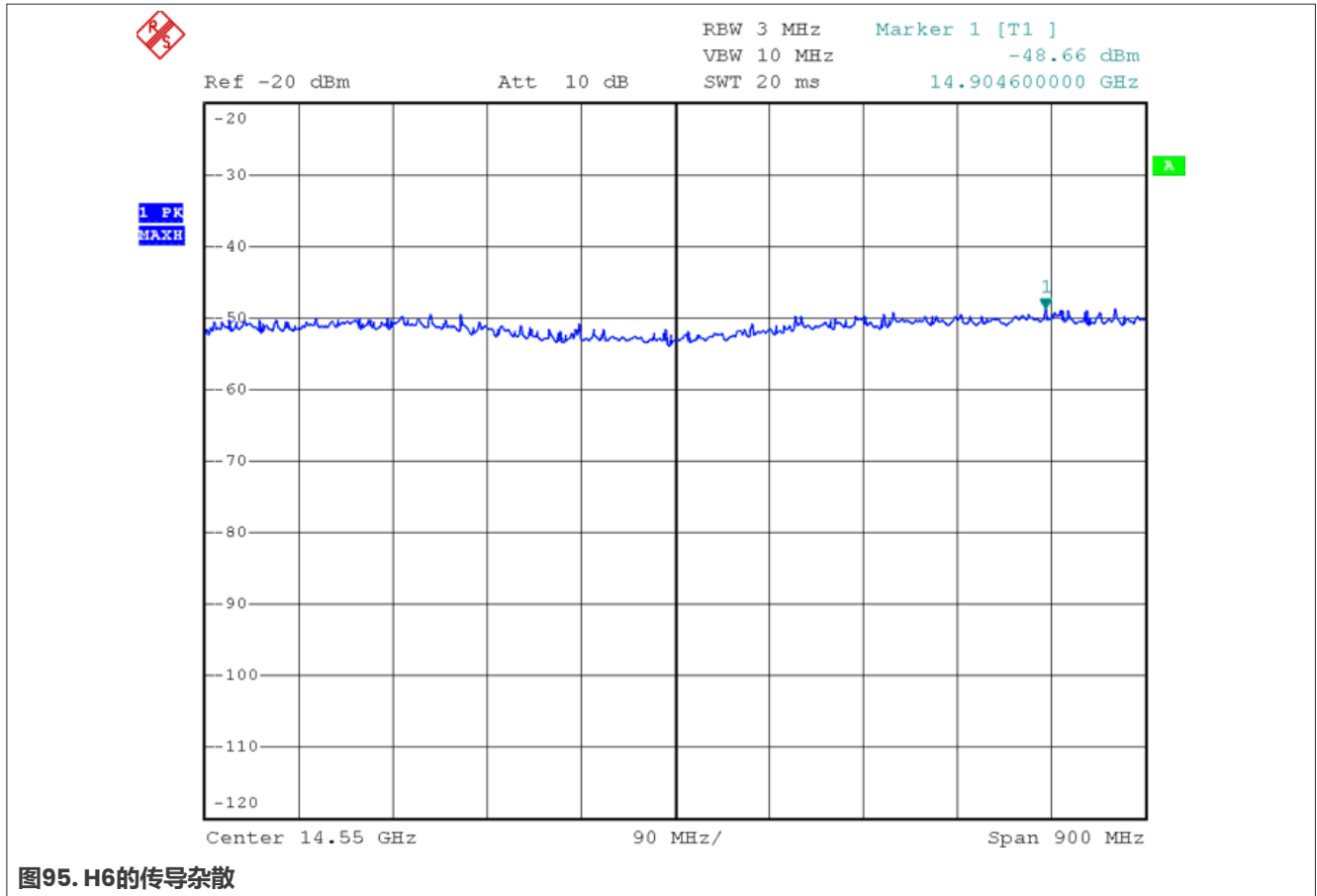
-	H6	H7	H8	H9	H10
EN限值	-30	-30	-30	-30	-30
杂散功率	-48.6	-55.6	-55.2	-48.3	-47.3
裕量	18.6	25.6	25.2	18.3	17.3

H6到H10的传导杂散

结论：

- 与ETSI限值相比有**充足**的裕量。

4.3.1.6.7 详细测试结果



FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

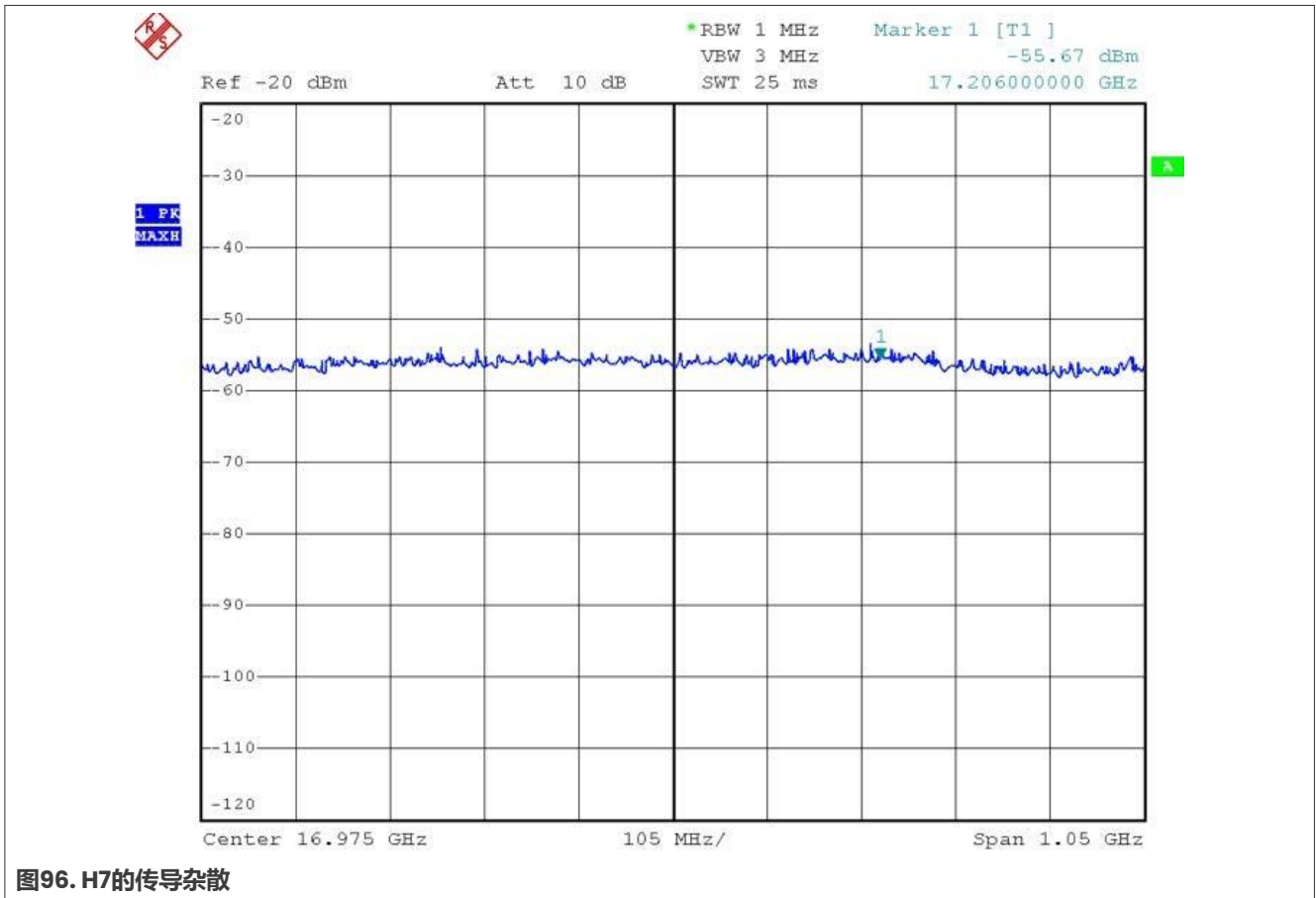


图96. H7的传导杂散

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

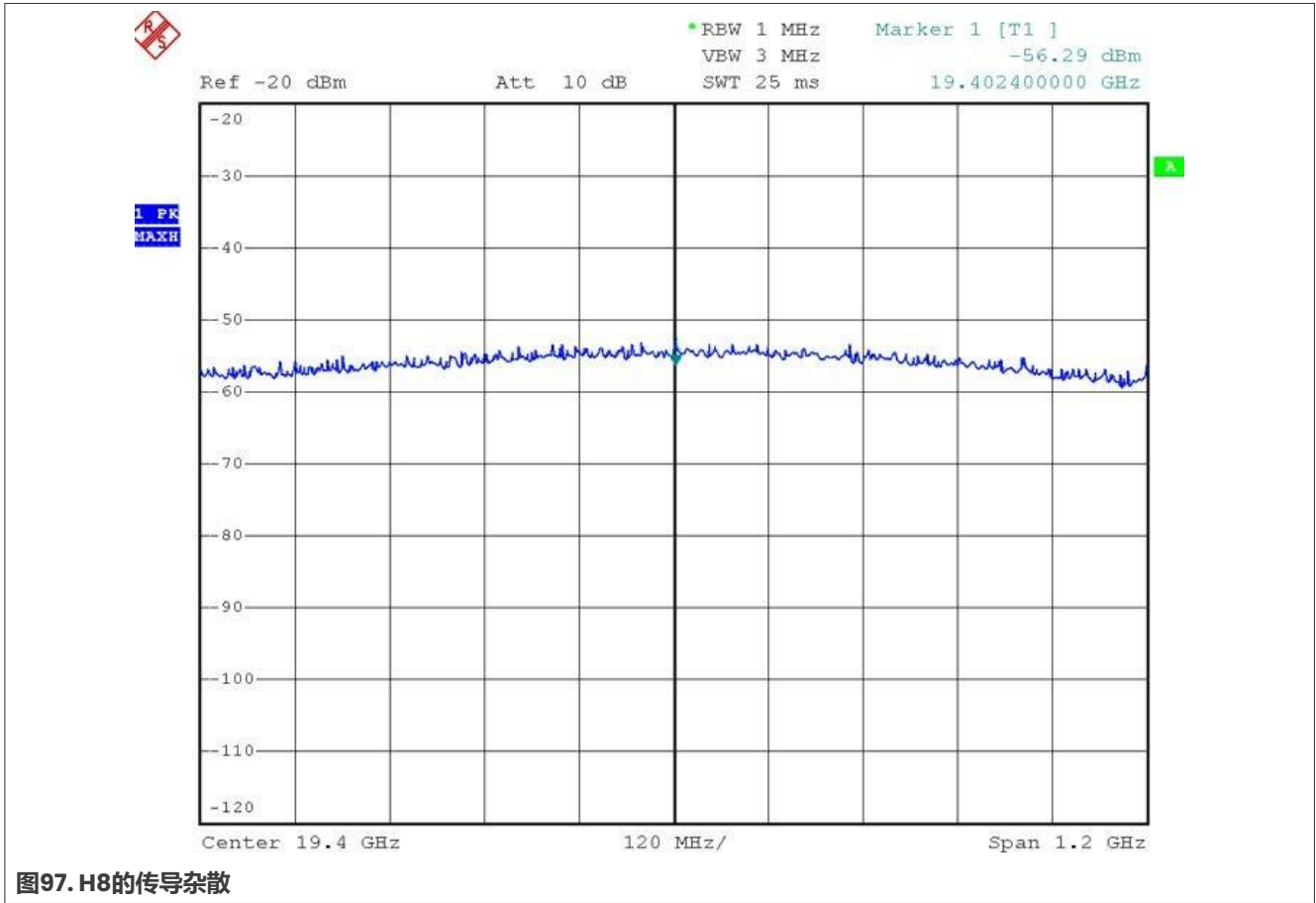


图97. H8的传导杂散

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

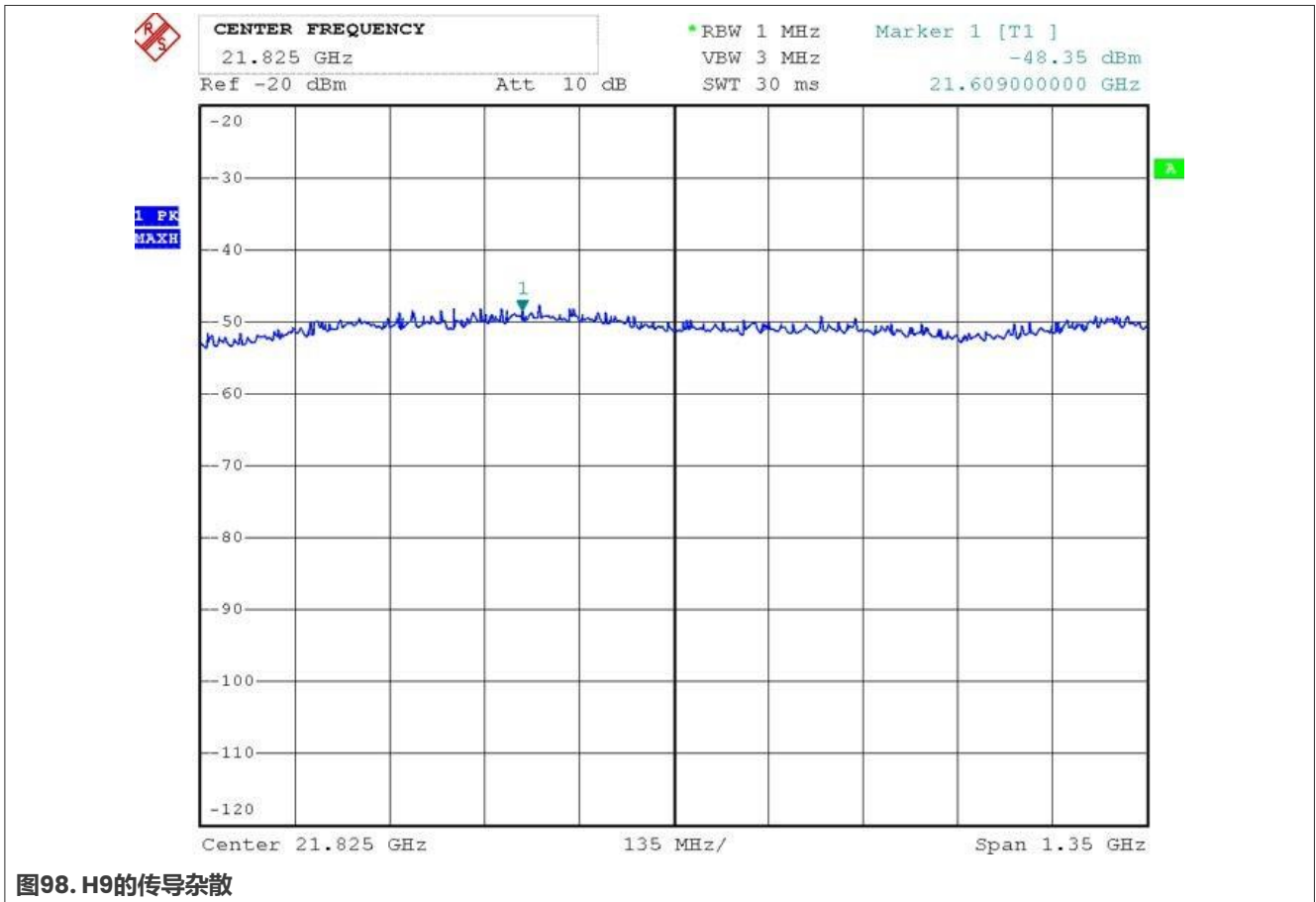


图98. H9的传导杂散

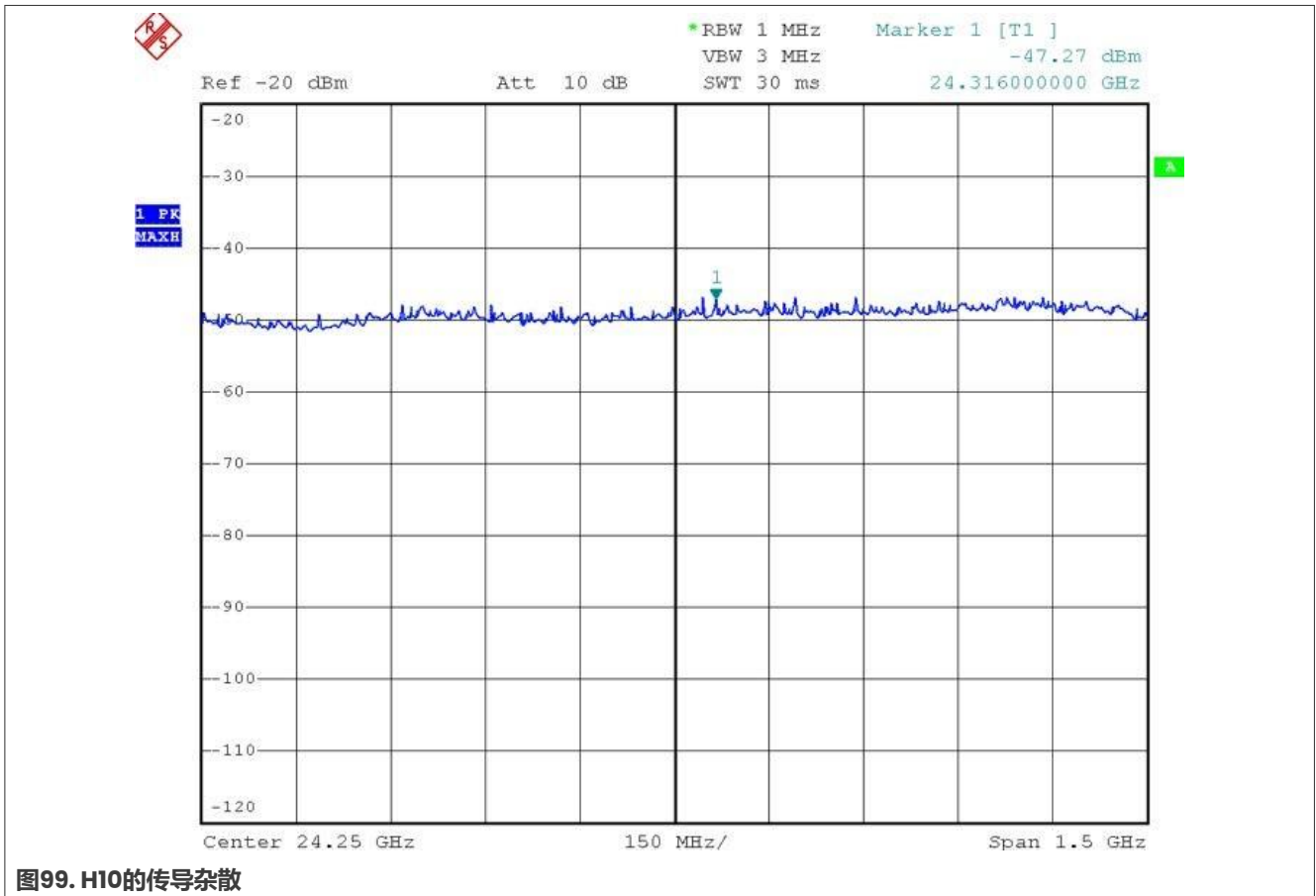


图99. H10的传导杂散

4.3.1.6.8 H2 (FCC测试条件)

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, 调制, 连续模式
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=4.8 GHz, 停止频率=5 GHz
 - 参考电平=-20 dBm, 射频衰减=扫描时间=100 ms, RBW=1 MHz
- 跟踪模式: 平均值
- 检波器: RMS
- 扫描从信道11到信道26的所有信道

测试结果:

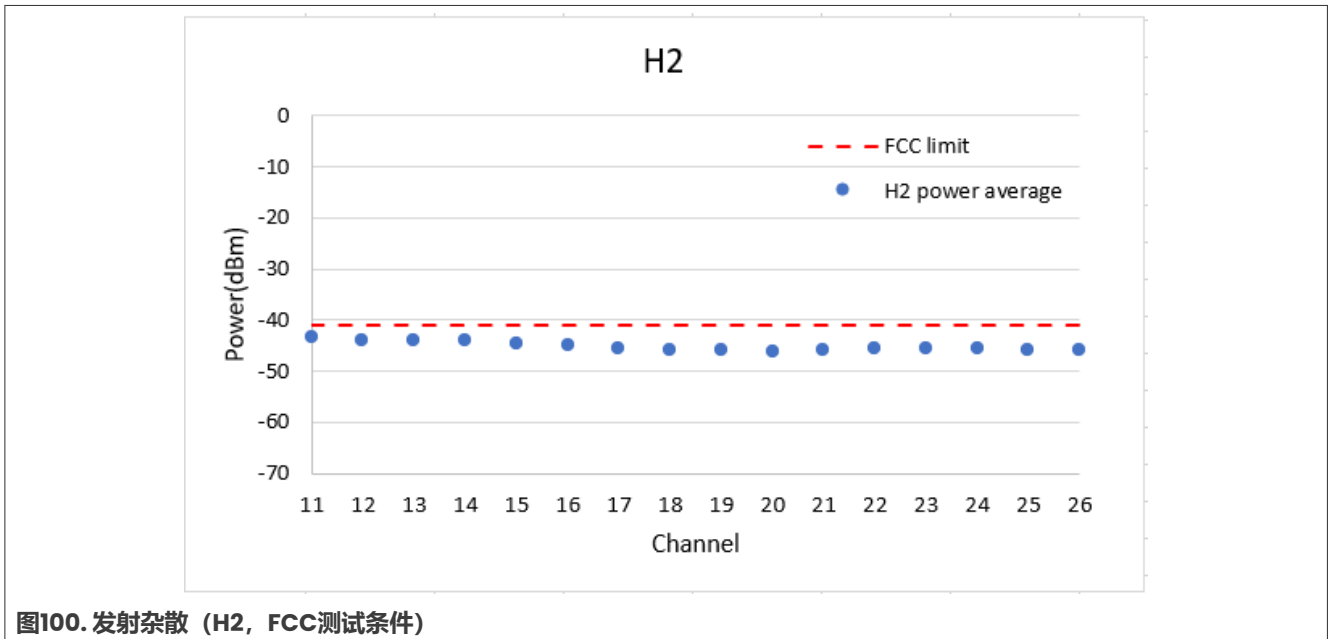


图100. 发射杂散 (H2, FCC测试条件)

H2的传导杂散

最大功率在信道11上, 为**-43.5 dBm**。

结论:

- 与FCC限值相比有**2.5 dB**的裕量。

4.3.1.6.9 H3 (FCC测试条件)

测试方法与H2相似, 除了将频谱分析仪的起始/停止频率设置为7.2 GHz和7.5 GHz。

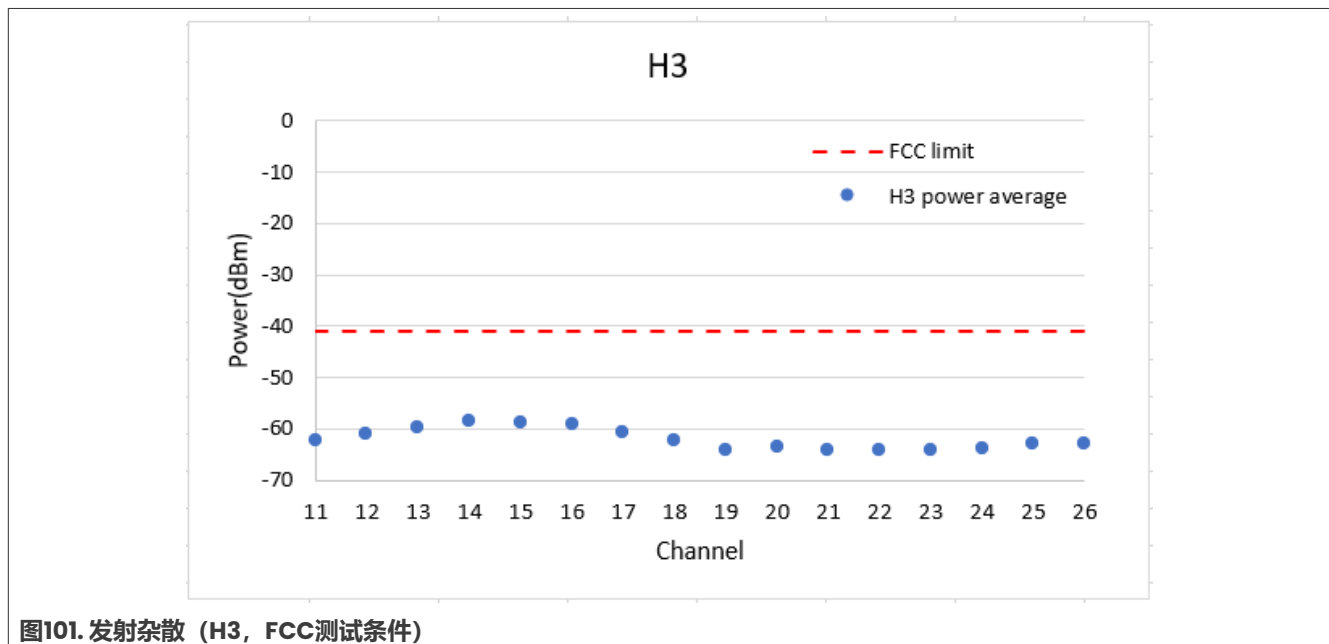


图101. 发射杂散 (H3, FCC测试条件)

H3的传导杂散

测试结果:

最大功率在信道18到26上, 为**-58 dBm**

结论:

- 与FCC限值相比有**17 dB**的裕量。

4.3.1.6.10 H4 (FCC测试条件)

测试方法与H2相似, 除了将频谱分析仪的频率范围设置为9.6 GHz至10.0 GHz。

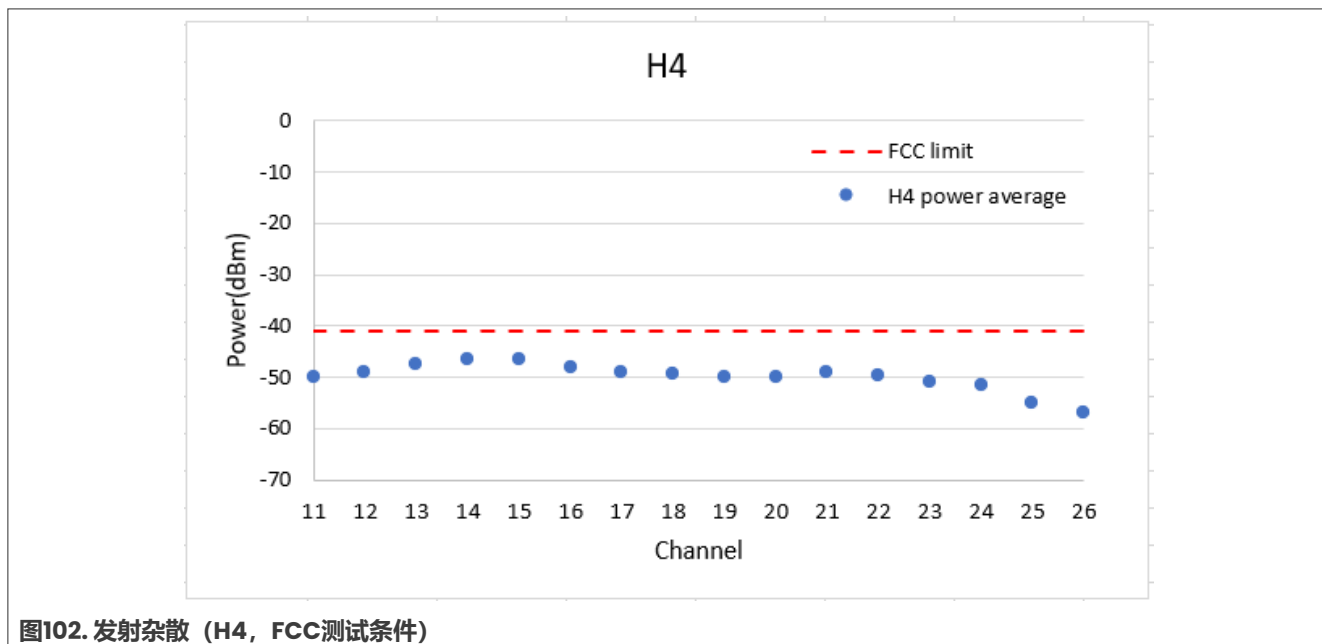


图102. 发射杂散 (H4, FCC测试条件)

H4的传导杂散

测试结果: 最大功率在信道17上, 为**-46 dBm**

结论:

- 与FCC限值相比有**5 dB**的裕量。

4.3.1.6.11 H5 (FCC测试条件)

测试方法与H2相似, 除了将频谱分析仪的频率范围设置为12 GHz至12.5 GHz。

测试结果:

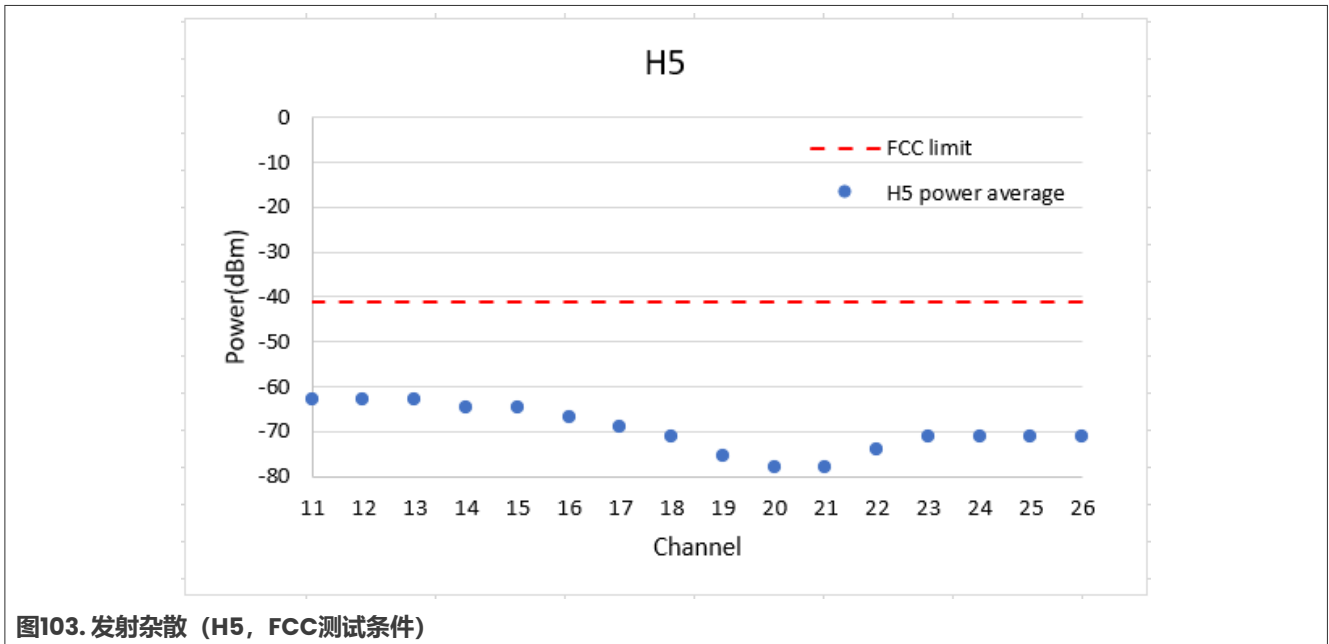


图103. 发射杂散 (H5, FCC测试条件)

H5的传导杂散

最大功率在信道17上, 为**-63 dBm**

结论:

- 与FCC限值相比有**22 dB**的裕量。

4.3.1.6.12 H6到H10 (FCC测试条件)

测试方法与H2相似, 除了将频谱分析仪的频率范围设置为相应的频率范围。

测试结果:

表67. H6到H10的传导杂散

-	H6	H7	H8	H9	H10
FCC限值	-41.5	-41.5	-41.5	-41.5	-41.5
杂散功率	-59.5	-63.2	-62.9	-57.4	-58.3
裕量	18	21.7	21.4	15.9	16.8

H6到H10的传导杂散

结论:

- 在H6、H7、H8、H9和H10频率范围, 测试结果与FCC限值相比有**较大的**裕量。

4.3.1.6.13 详细测试结果

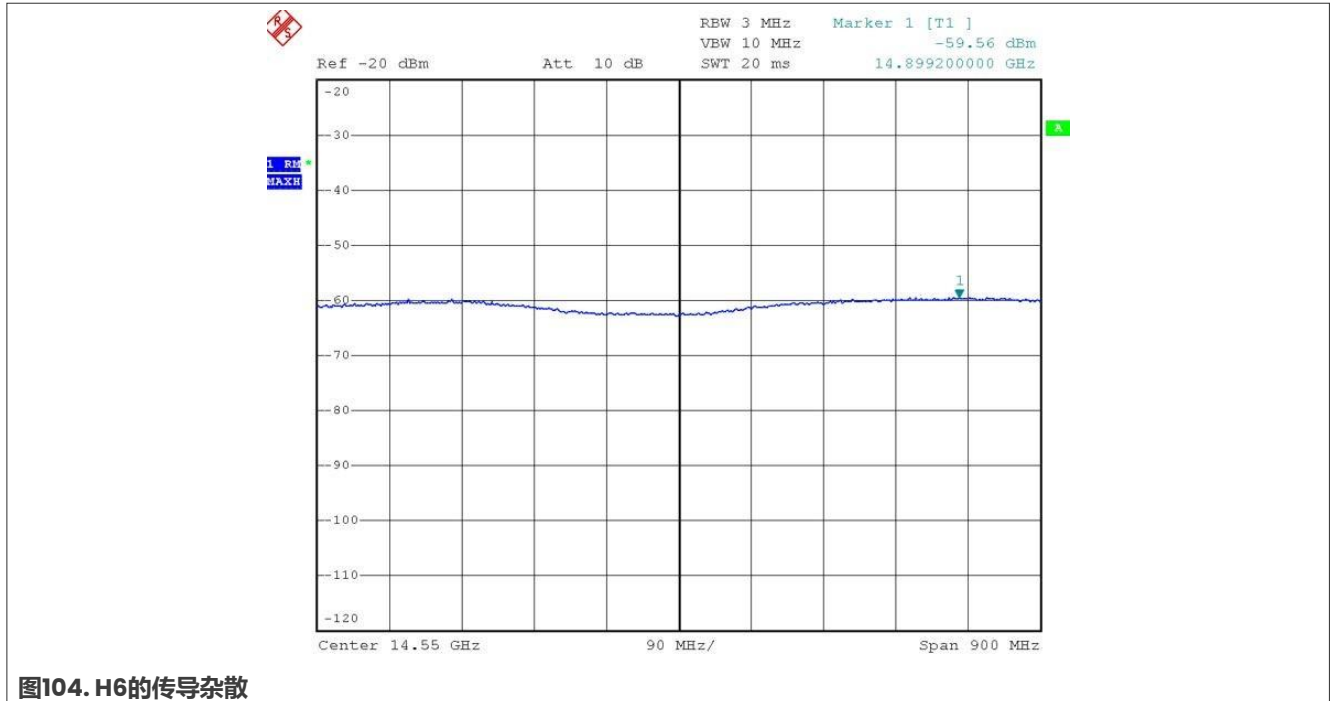


图104. H6的传导杂散

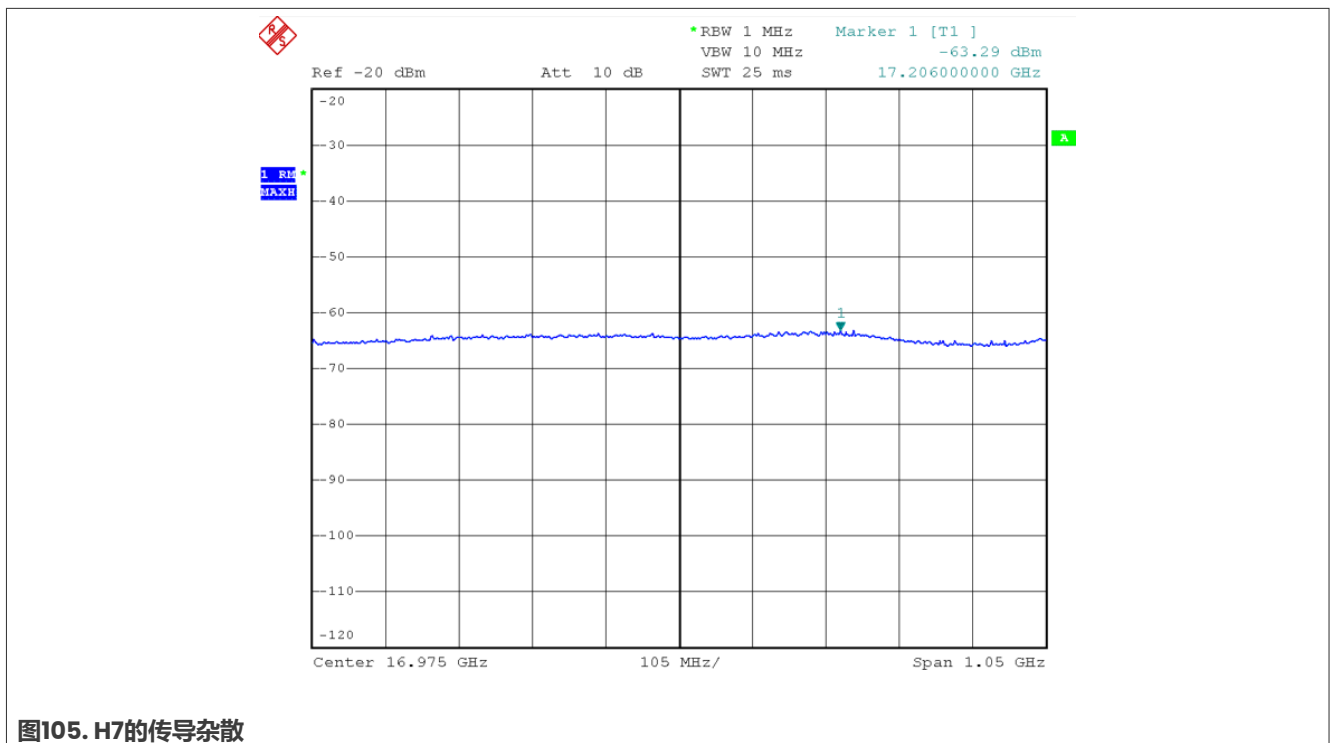


图105. H7的传导杂散

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

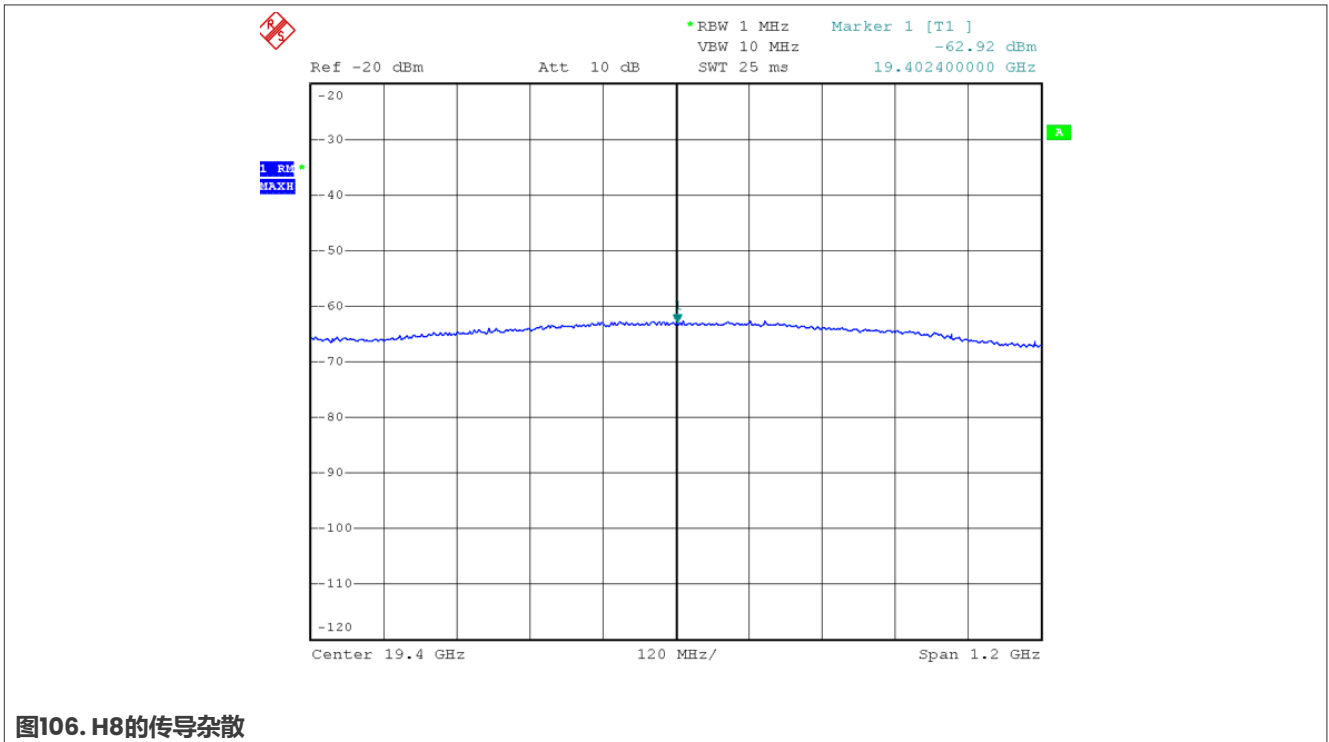


图106. H8的传导杂散

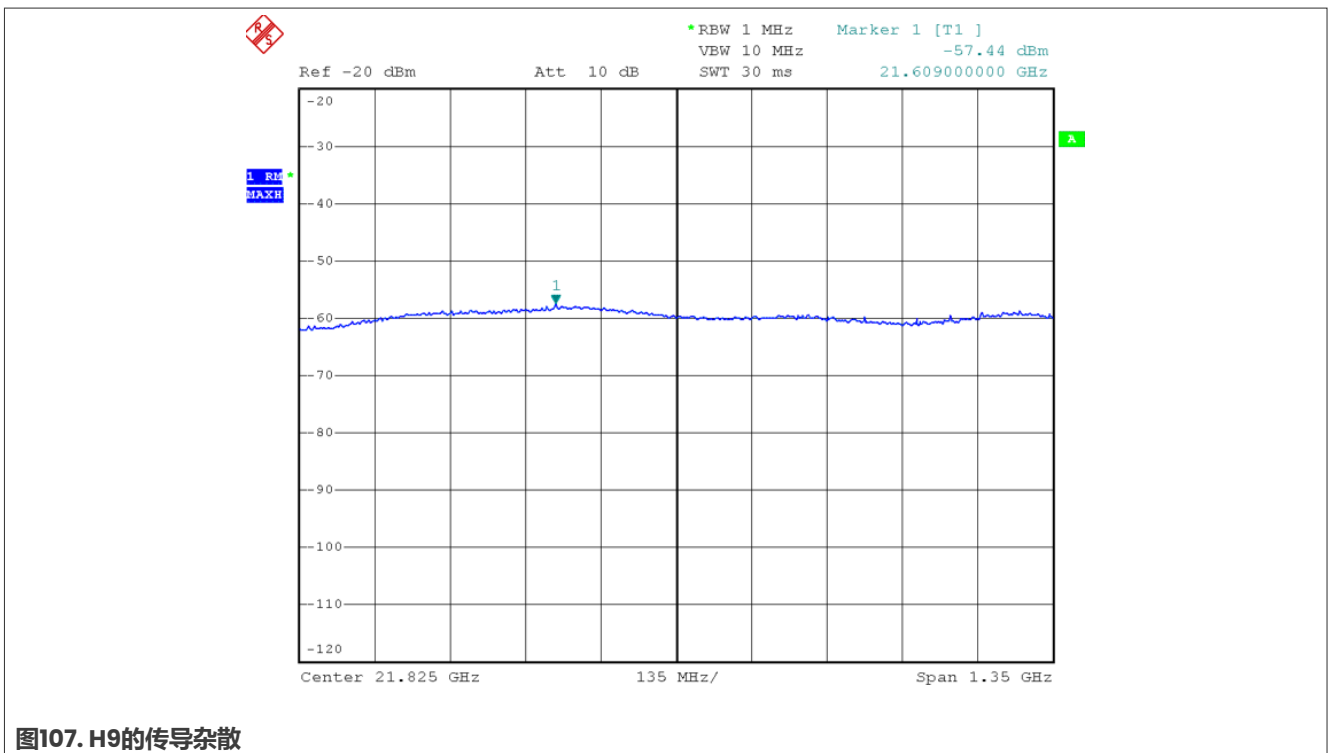


图107. H9的传导杂散

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

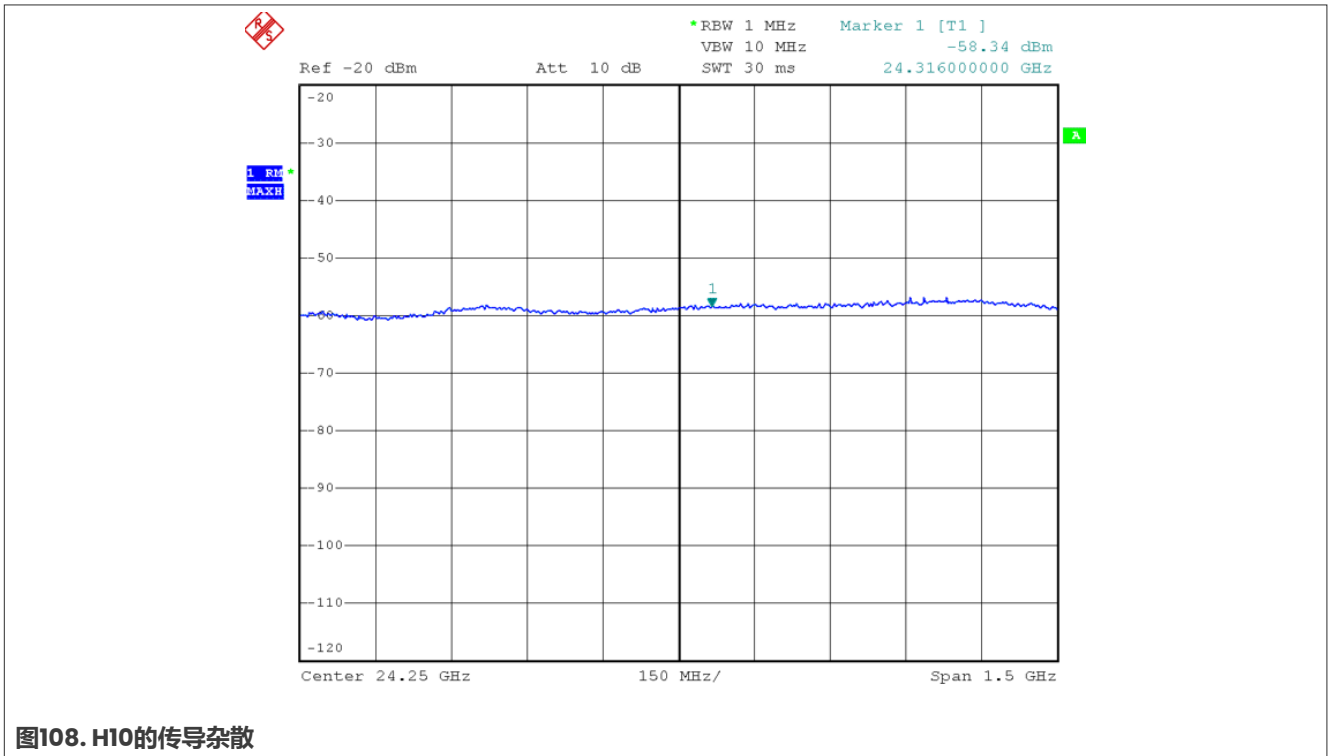


图108. H10的传导杂散

4.3.1.7 发射调制

4.3.1.7.1 EVM

测试方法

- 将模块的射频端口连接到R&S FSV频谱分析仪。使用SA的特定菜单来执行EVM测量。
- 将开发板设置为连续调制模式。
- 将发射频率设置为信道11。
- 测量偏移EVM值。
- 对每个信道重复上述测试步骤。

以下各节中的图表展示了EVM测试结果。

常规模式下的EVM

测试结果：

最大值在信道23上，为**7.0%**

结论：

- 与802.15.4限值相比有很大的裕量。

4.3.1.7.2 偏移EVM

测试方法：

- 与EVM测量方法类似

常规模式下的偏移EVM

测试结果：

最大值在信道24上，为**0.38%**

结论：

- 有很大的裕量。

4.3.1.8 下频带边缘 – 中国工信部

4.3.1.8.1 测试方法

- 将射频设置为：
 - 发射模式，调制，突发模式
- 设置信道11 (2.405 GHz)
- 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.385 GHz，停止频率=2.415 GHz，参考电平=-20 dBm，扫描时间=100 ms，扫描点：8001点
 - RBW=1 MHz，视频带宽=3 MHz，检波器=RMS MaxHold

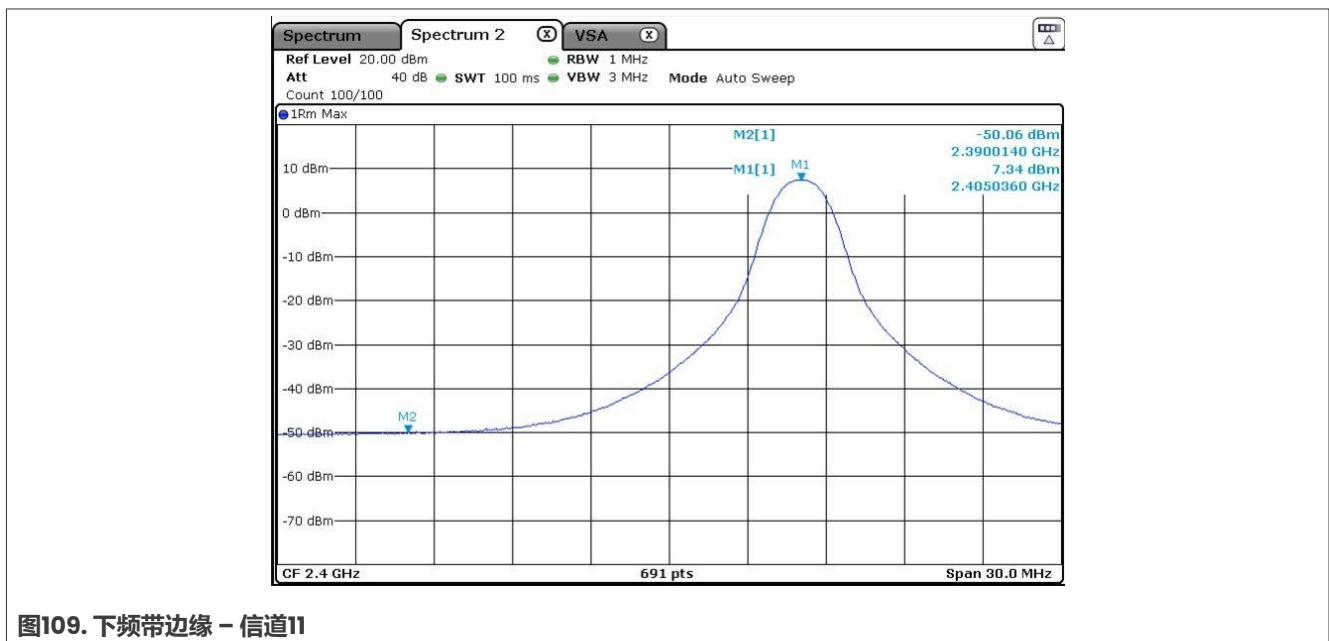


图109. 下频带边缘 – 信道11

结论：

- 下频带边缘测试通过了中国工信部的下频带边缘认证测试。
- 测试结果与中国工信部的限值（2.39 GHz以下-50 dBm）相比有较大的裕量。

4.3.1.9 上频带边缘- 中国工信部

4.3.1.9.1 测试方法

- 将射频设置为：
 - 发射模式，调制，连续模式，最大射频输出功率+10 dBm（不符合FCC要求）
- 设置信道26（2.48 GHz）
- 将功率设置为-5 dBm，针对802.15.4标准
- 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.477 GHz，停止频率=2.507 GHz
 - 参考电平=-20 dBm，扫描时间=40 ms，扫描点：8001点
 - RBW=1 MHz，视频带宽=3 MHz，检波器=RMS MaxHold

4.3.1.9.2 上频带边缘测试结果 - 中国工信部

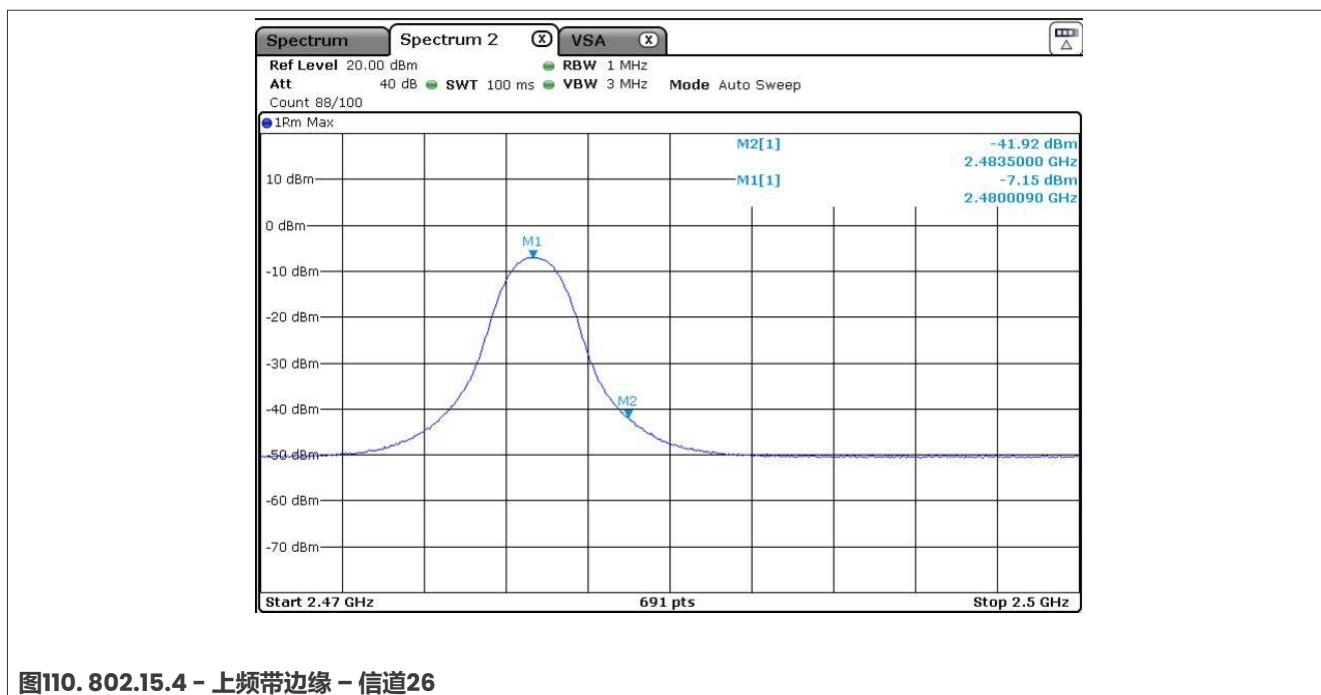


图110. 802.15.4 - 上频带边缘 - 信道26

结论：

- 上频带边缘测试通过了中国工信部的上频带边缘认证测试。
- 必须将信道26上的发射功率从+10 dBm下调至-5 dBm以确保通过测试。

4.3.1.10 上频带边缘 (FCC ANSI C63.10, 558074 D01 DTS)

4.3.1.10.1 测试方法

- 将射频设置为：
 - 发射模式，调制，连续模式，最大射频输出功率+10 dBm（不符合FCC要求）
- 设置射频输出功率+5 dBm
- 将分析仪设置为：
 - 起始频率=2.475 GHz，停止频率=2.485 GHz，参考电平=-20 dBm，扫描时间=100 ms
 - RBW=100 kHz，视频带宽=300 kHz
 - 检波器=平均值
 - 平均模式：功率
 - 扫描次数=100
- 设置信道26 (2.48 GHz)
- 跟踪模式：最大保持模式

4.3.1.10.2 结果

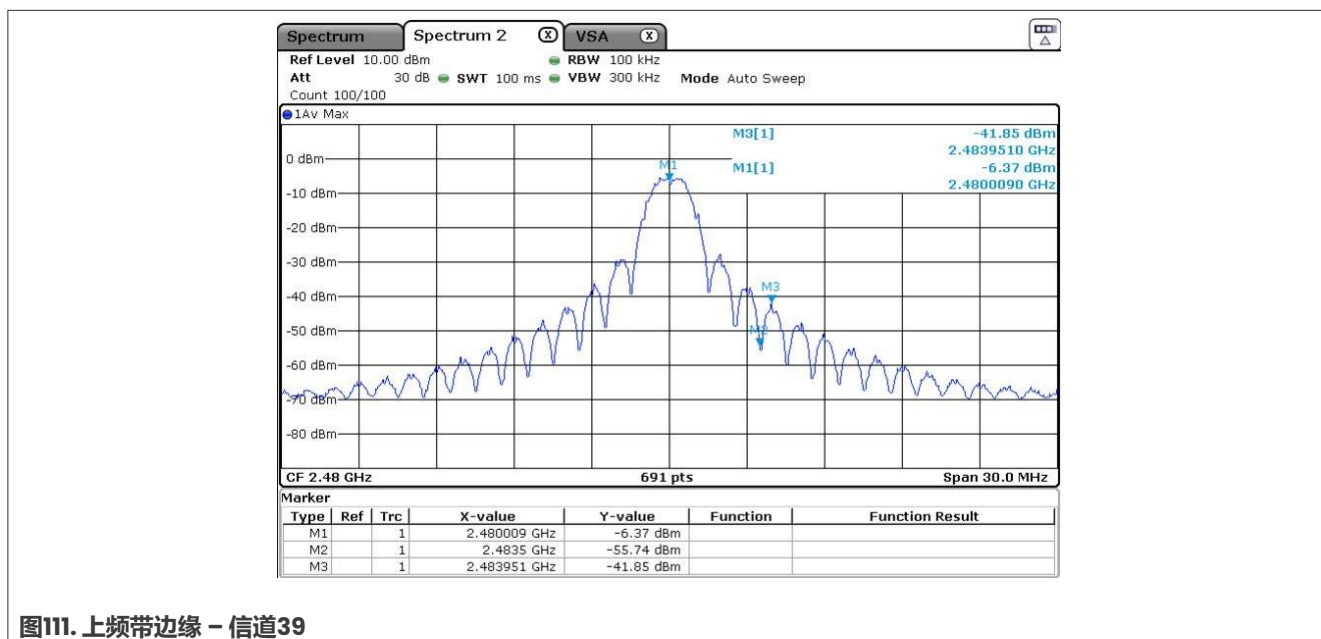


图111. 上频带边缘 - 信道39

测试结果：

表68. 测试结果：FCC限值： < -41.15 dBm

调制	发射功率 + 5 dBm
2.4835 GHz处的电平	-42 dBm

结论：

- 上频带边缘测试通过了FCC认证 (< 41.15 dBm@2.4835 GHz)。必须将信道26上的发射功率从+10 dBm下调至+5 dBm。

4.3.1.11 带外测试 (ETSI 300 328)

本节描述了带外测试的方法和结果 (参见ETSI 300 328第5.4.8.2.1章)。

测试方法:

- 将射频设置为:
 - 发射模式, 调制, 连续模式
- 设置信道0 (2.402 GHz) 和39 (2.48 GHz)
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=2.375 GHz, 停止频率=2.510 GHz, 参考电平=-20 dBm, 扫描时间=100 ms
 - RBW=1 MHz, 视频带宽=3 MHz, 检波器=RMS
 - 平均模式: 功率
 - 扫描次数=100
- 设置信道0 (2.402 GHz) 和39 (2.48 GHz)
- 跟踪模式: 最大保持模式

测试结果:

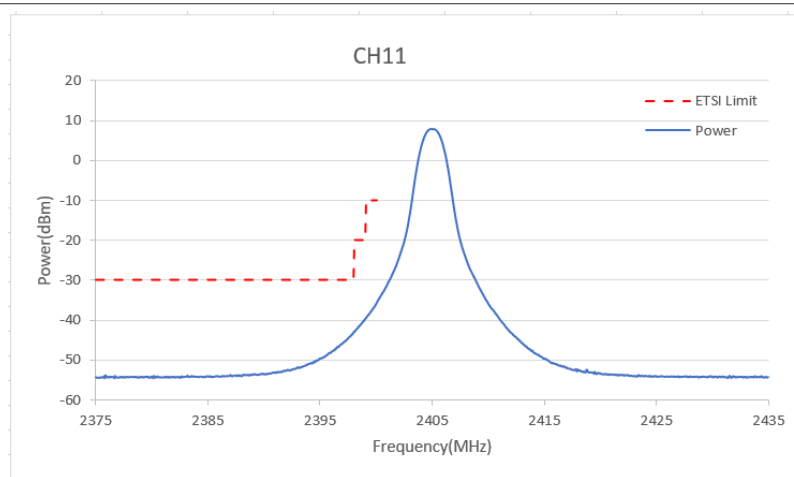


图112. 带外测试 - 信道11

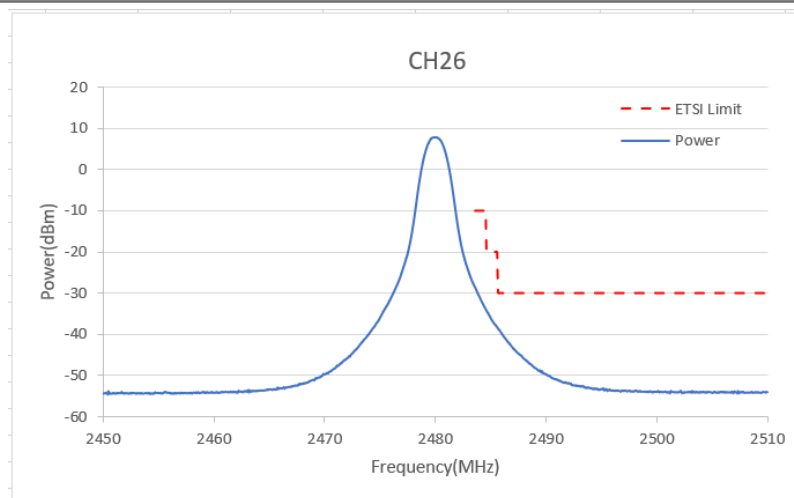


图113. 带外测试 - 信道26

结论:

- 带外测试通过了ETSI认证。

4.3.1.12 带外测试 (ARIB STD T-66)

测试方法:

- 将射频设置为: 发射模式, 调制, 连续模式
- 将分析仪设置为:
 - 起始频率=2.475 GHz, 停止频率=2.485 GHz, 参考电平=-20 dBm, 扫描时间=100 ms
 - RBW=1 MHz, 视频带宽=1 MHz
 - 检波器=峰值
 - 平均模式: 功率
 - 扫描次数=100
- 设置信道0 (2.402 GHz) 和39 (2.48 GHz)
- 跟踪模式: 最大保持模式

详细测试结果:

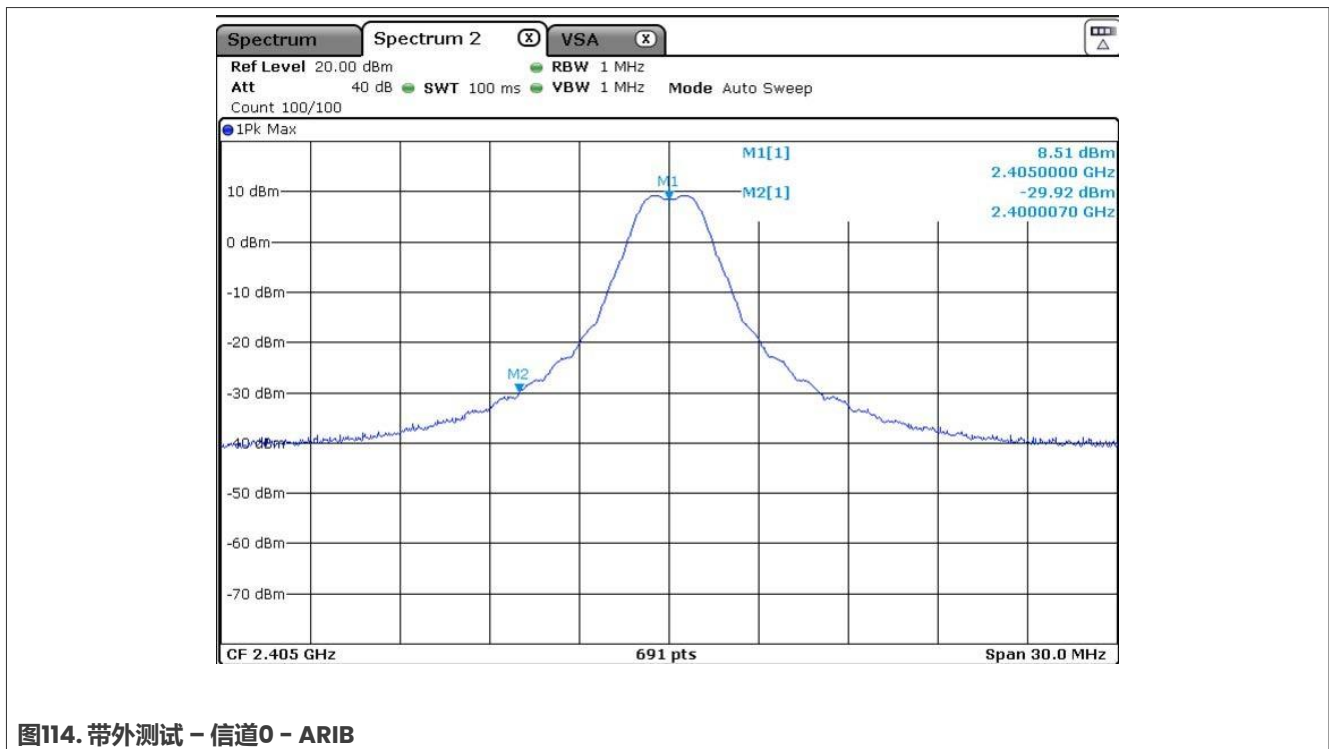


图114. 带外测试 - 信道0 - ARIB

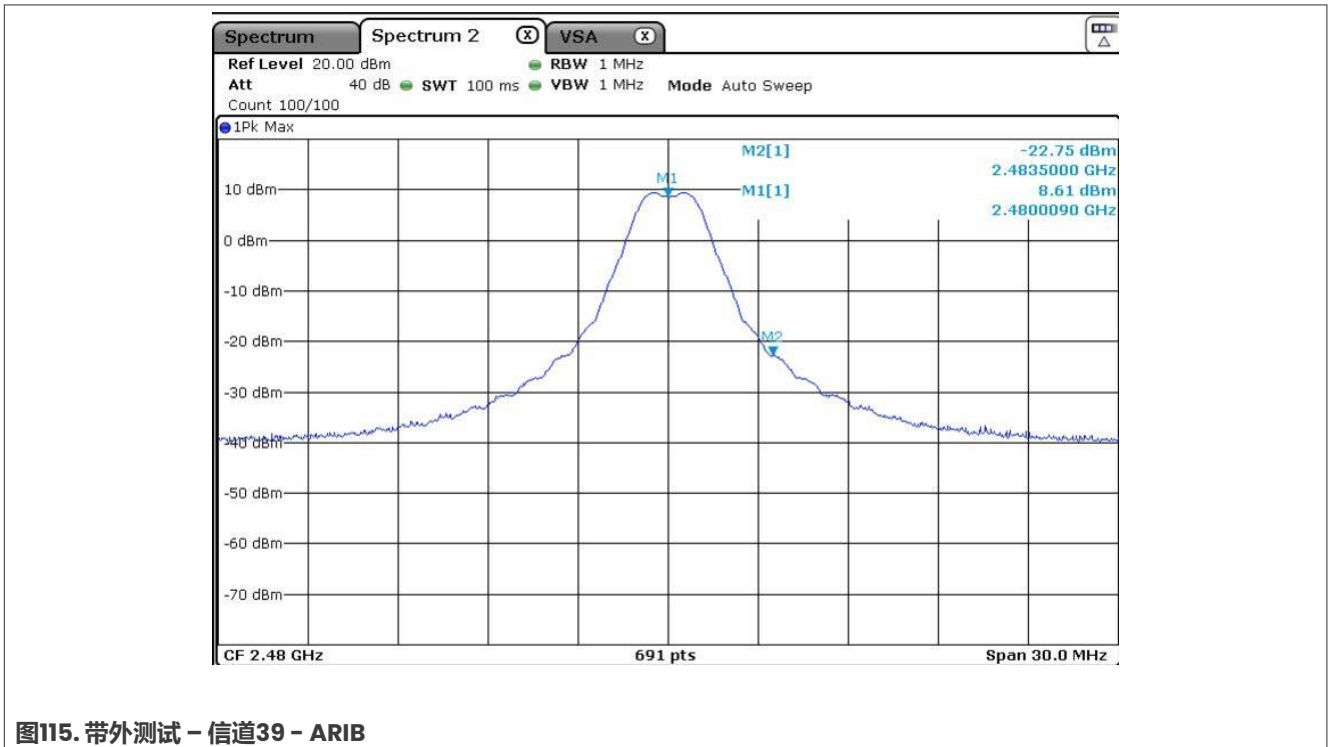


图115. 带外测试 - 信道39 - ARIB

结论:

- 带外测试通过了ARIB STD T-66认证。

4.3.2 接收测试

4.3.2.1 接收测试设置

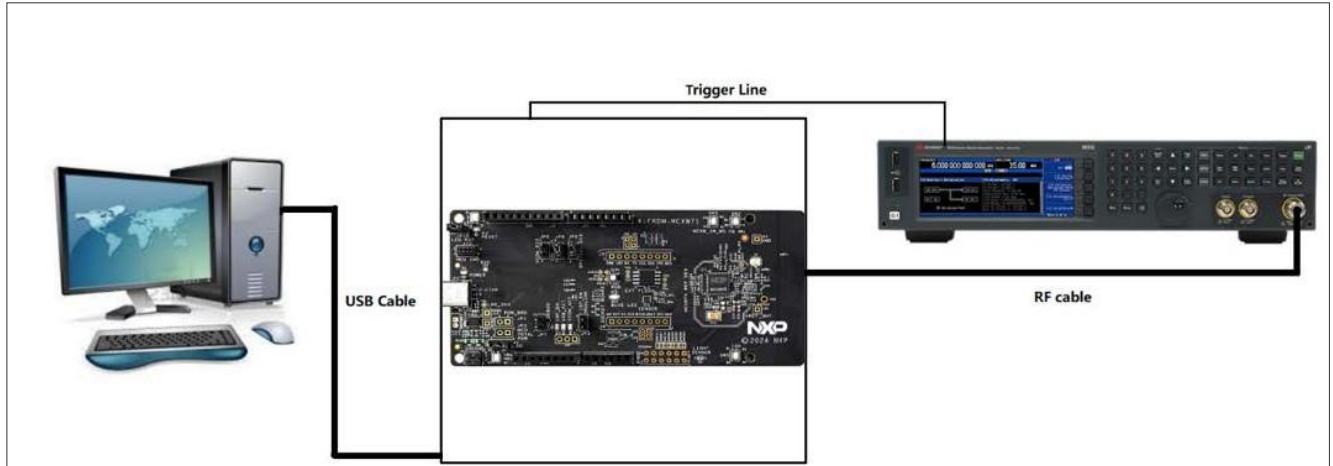


图116. 使用射频生成器和法拉第箱测试灵敏度的导通接收测试设置

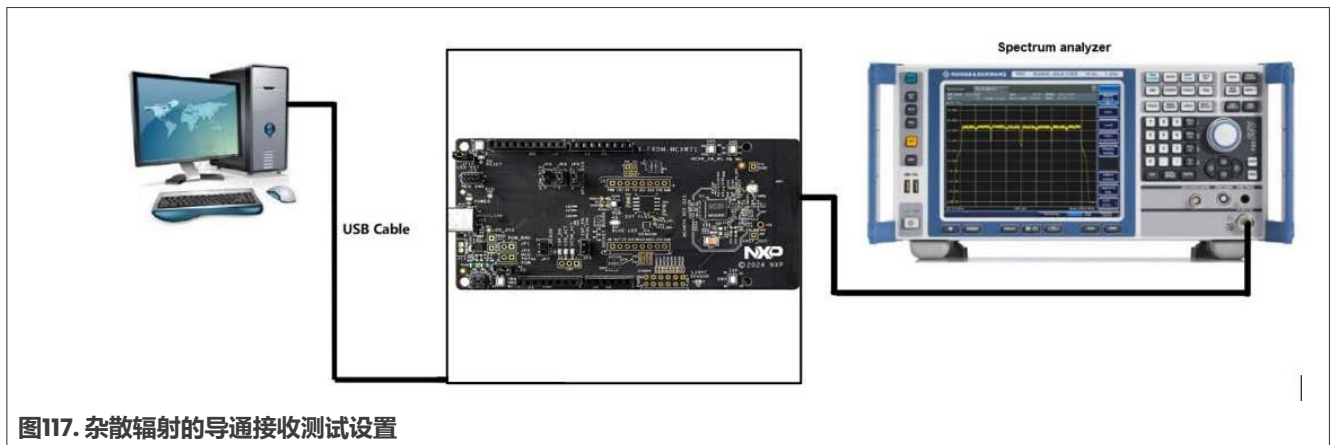


图117. 杂散辐射的导通接收测试设置

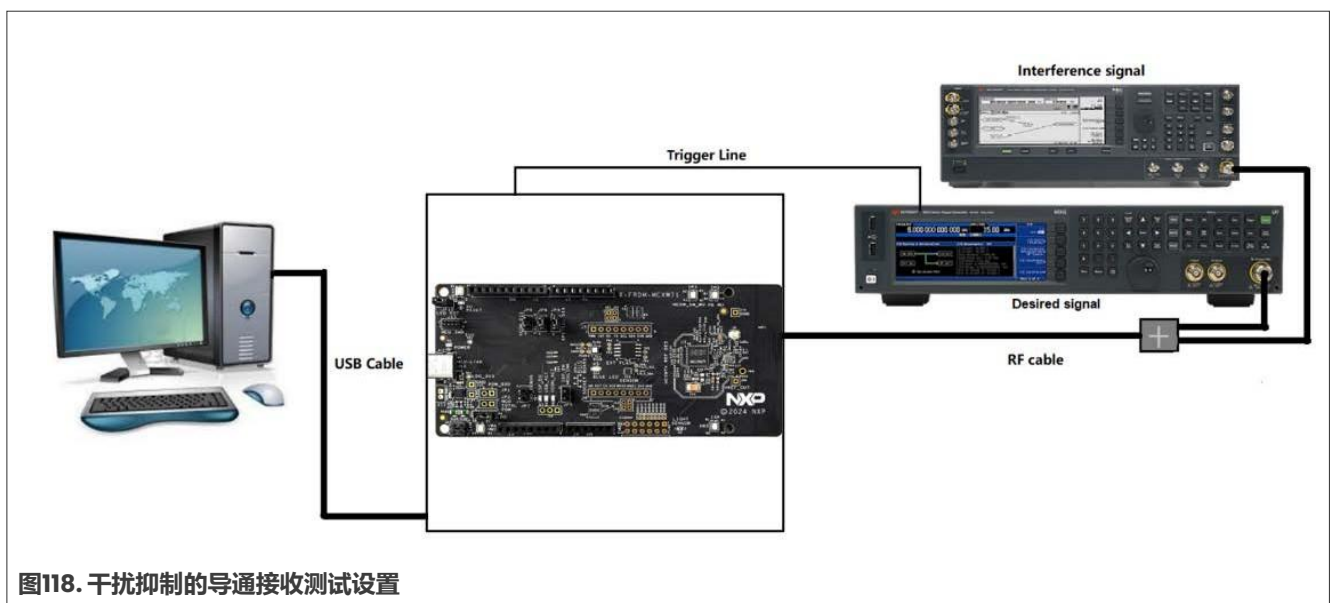


图118. 干扰抑制的导通接收测试设置

4.3.2.2 接收灵敏度 (IEEE)

测试方法:

将载波板和MCX W71-EVK (上一代) 模块放置在射频屏蔽室中以避免任何干扰。

信号发生器: Keysight N5182B

该发生器在ARB模式下使用。它生成一个由1000个20字节的数据包组成的信号模式。MCXW71 (上一代) 的DIO19连接到发生器的触发输入端。

使用Teraterm窗口来控制该模块。

- 将接收频率设置为信道11
- 将模块设置为触发数据包测试模式
- 自动建立连接并测量包错误率 (PER) 。
- 降低模块的射频输入端的发生器电平, 直到PER=1%。
- 对其他信道重复相同的操作。

测试结果:

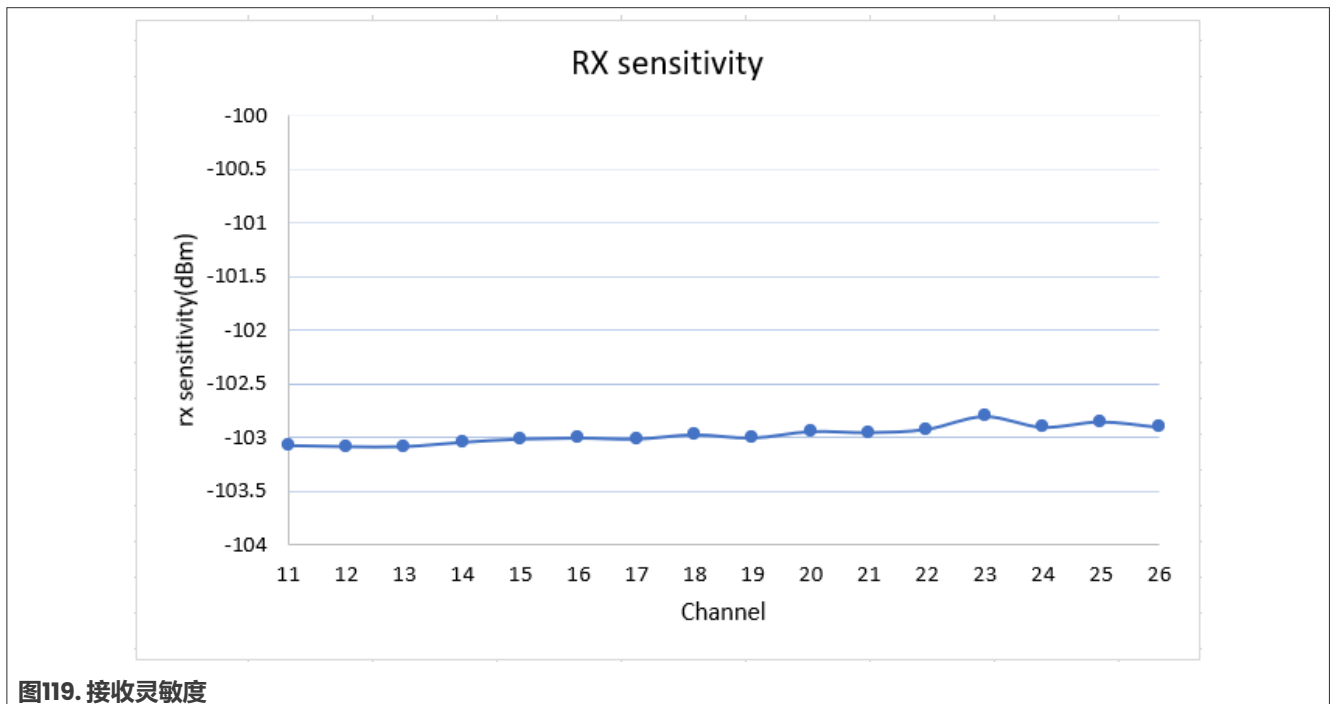


图119. 接收灵敏度

接收灵敏度

结论:

最小值在信道12上, 为**-103.1 dBm**

最大值在信道23上, 为**-102.8 dBm**

所有帧的长度均为20字节=40字节+ PHY头的12符号=52个符号

两个20字节帧之间的时间差为832 μ s=52个符号。

时间差 = SFD2 - SFD1

=帧2的[4字节前导码, 1字节SFD] + [IFS] + 帧1的[长度+PHY有效负载] = 10个符号+IFS+42个符号=
=52个符号+IFS => IFS=0

4.3.2.3 接收灵敏度浴缸曲线测试

测试方法:

将载波板和MCXW71（上一代）模块放置在射频屏蔽室内，以避免任何干扰。

信号发生器: Keysight N5182B

该发生器在ARB模式下使用。它生成一个由1000个20字节的数据包组成的信号模式。MCXW71（上一代）的DIO19连接到发生器的触发输入端。

使用Teraterm窗口来控制该模块。

- 将接收频率设置为信道11。
- 将模块设置为触发数据包测试模式。
- 自动建立连接并测量包错误率（PER）。
- 降低模块的射频输入端的发生器电平，直到PER=1%。

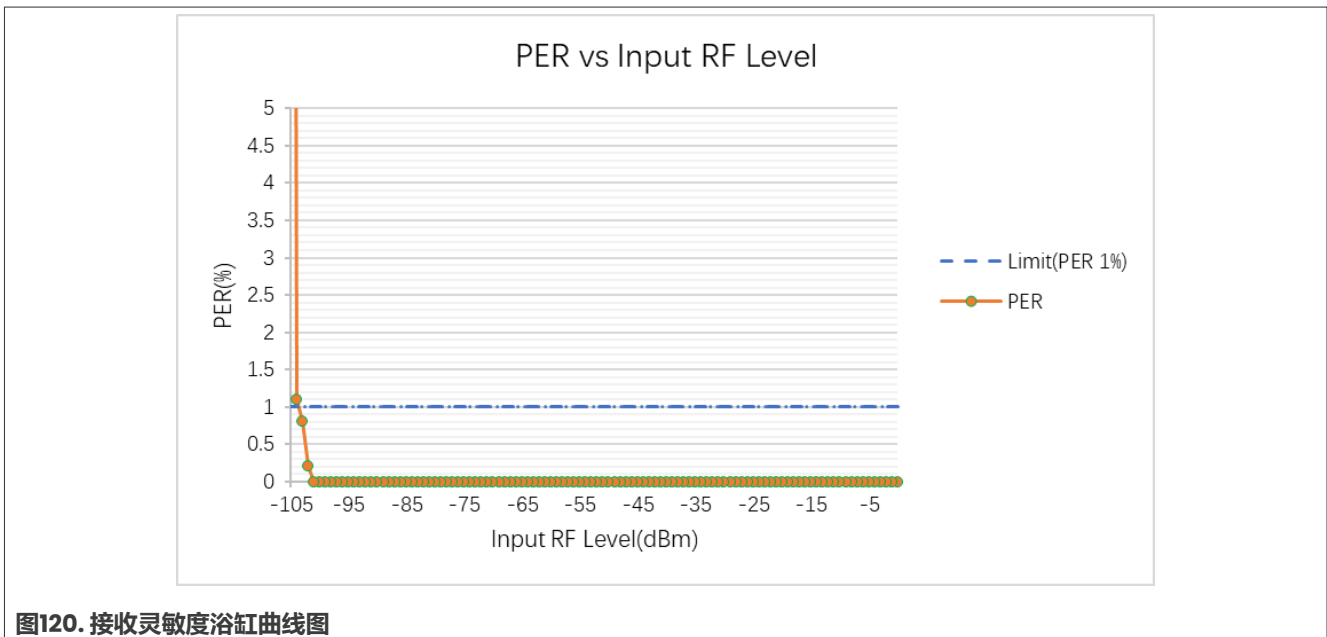


图120. 接收灵敏度浴缸曲线图

测试结果:

灵敏度浴缸曲线图

4.3.2.4 接收器最大输入电平 (IEEE)

测试方法

信号发生器: Keysight N5182B

该发生器在ARB模式下使用。它生成一个由1000个20字节的数据包组成的信号模式。MCXW71（上一代）的DIO19连接到发生器的触发输入端。

使用Teraterm窗口来控制该模块。

- 将接收频率设置为信道11。
- 将模块设置为触发数据包测试模式。
- 自动建立连接并测量包错误率 (PER)。
- 增加模块的射频输入端的发生器电平，直到PER=1%。
- 对其他信道重复相同的操作。

最大输入功率

结论

用此测试环境无法测量实际的最大输入电平。能够传递到MCXW71（上一代）的最大输入电平受信号发生器的最大输出功率的限制。

MCXW71（上一代）的最大输入电平在所有信道上均高于**20 dBm**。

4.3.2.5 接收杂散测试 (IEEE)

测试方法：

- 将射频设置为：接收模式，频率：信道18
- 将分析仪设置为：
 - 参考电平 = -20 dBm，跟踪模式 = 最大保持模式，检波器 = 最大峰值
 - 起始/停止频率：30 MHz/1 GHz，RBW = 100 kHz
 - 然后将起始/停止频率设置为：1 GHz/12.75 GHz，RBW = 1MHz

测试结果：

传导接收杂散

注：未检测到杂散。

4.3.2.6 接收器干扰抑制

4.3.2.6.1 使用标准干扰源时的邻道和隔道干扰抑制

干扰源位于邻道 (n-1和n+1) 或隔道 (n-2和n+2)，如[表69](#)所示。

本测试在每次只有一个干扰信号的情况下进行。

测试方法：

所需信号的发生器：Keysight N5182B生成器 (调制)

干扰信号发生器：Keysight E8267D (调制)

标准：PER < 1%

期望的信号设置为-82 dBm。增加干扰信号的电平，直至达到PER阈值。

被测试的信道：11、18和26 (尽管n-1、n-2对信道11而言不是系统相关的，n+、n+2对信道26而言不是系统相关的)。

测试结果：

表69. 邻道和隔道干扰抑制

-	2405				2440				2480			
-	n-2	n-1	n+1	n+2	n-2	n-1	n+1	n+2	n-2	n-1	n+1	n+2
-	2395	2400	2410	2415	2430	2435	2445	2450	2470	2475	2485	2490

表69. 邻道和隔道干扰抑制 (续)

-	2405				2440				2480			
干扰信号 (dBm)	-35	-45	-45	-36	-36	-45	-45	-35	-36	-45	-45	-36
干扰信号 (dBc)	47	37	37	46	46	37	37	47	46	37	37	46
802.15.4限值	30	0	0	30	30	0	0	30	30	0	0	30
裕量	17	37	37	16	16	37	37	17	16	37	37	16

结论: 有充足的裕量, 符合预期结果。

4.3.2.6.2 使用标准干扰源时的N-3和n+3信道干扰抑制

测试方法:

与邻道和隔道测试干扰抑制类似, 但干扰源设置为与期望的信道偏移 ± 15 MHz。

测试结果:

表70. N-/+3信道干扰抑制

-	2405		2440		2480	
-	n-3	n+3	n-3	n+3	n-3	n+3
-	2390	2420	2425	2455	2465	2495
干扰信号 (dBm)	-31	-31	-31	-31	-31	-31
干扰信号 (dBc)	51	51	51	51	51	51

结论:

测试结果与预期值相符。

4.3.2.6.3 同道干扰抑制

测试结果: [表71](#)和[表72](#)展示了接收器干扰抑制 (同道干扰抑制) 的测试结果。

表71. 同道干扰抑制

参数名称	2405	2440	2480
预期值	-82	-82	-82
干扰信号 (dBm)	-85	-86	-85
干扰信号 (dBc)	-3	-4	-3

表72. 最坏情况下的同道干扰抑制

	2405	2440	2480
预期值 (灵敏度 + 3 dB)	-100	-100	-100
干扰信号 (dBm)	-104	-104	-103
干扰信号 (dBc)	-4	-4	-3

结论:

测试结果与预期值相符。

4.3.2.7 接收器阻塞

MCX W71-EVK (上一代) 是ETSI 300 328定义的I类设备 (发射信号的电平高于10 dBm)。测试和限值的使用依据I类设备进行。干扰信号为CW (连续波) 信号。

4.3.2.7.1 测试1

[表73](#)展示了IEEE 802.15.4接收器阻塞测试1的结果。

表73. 接收器阻塞测试1

信道	11	11	26	26
期望的频率 (MHz)	2405	2405	2480	2480
干扰信号的类型	低	高	低	高
干扰信号的频率 (MHz)	2380	2504	2380	2504
干扰信号电平 (dBm)	3.7	5.8	5.5	3.3
干扰信号电平 (dBc)	72.9	75	74.7	72.5
802.15.4限值 (dBm)	-34	-34	-34	-34
裕量 (dB)	37.7	39.8	39.5	37.3

结论: 有充足的裕量。

4.3.2.7.2 测试2

[表74](#)展示了IEEE 802.15.4接收器阻塞测试2的结果。

表74. 接收器阻塞测试2

信道	11	11	11	26	26	26
期望的频率 (MHz)	2405	2405	2405	2480	2480	2480
干扰信号的类型	低	低	低	低	低	低
干扰信号的频率 (MHz)	2300	2330	2360	2300	2330	2360
干扰信号电平 (dBm)	0.2	-0.5	0.5	0	0	-0.2
干扰信号电平 (dBc)	79	78	77	79	77	78
802.15.4限值 (dBm)	-34	-34	-34	-34	-34	-34
裕量 (dB)	34.2	33.5	34.5	34	34	33.8

结论: 有充足的裕量。

4.3.2.7.3 测试3

表75展示了IEEE 802.15.4接收器阻塞测试3的结果。

表75. 接收器阻塞测试3

信道	11	11	11	11	11	11	26	26	26	26	26	26
期望的频率 (MHz)	2405	2405	2405	2405	2405	2405	2480	2480	2480	2480	2480	2480
干扰信号的类型	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高
干扰信号的频率 (MHz)	2524	2554	2584	2614	2644	2674	2524	2554	2584	2614	2644	2674
干扰信号电平 (dBm)	0.3	0.3	0.7	1	0.8	1	-0.7	0	0.1	0.5	0.6	0.6
干扰信号电平 (dBc)	77	77	78	78	78	78	76	77	77	77	77	77
802.15.4 限值 (dBm)	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34
裕量 (dB)	34.3	34.3	34.7	35	34.8	35	33.3	34	34.1	34.5	34.5	34.6

结论: 有充足的裕量。

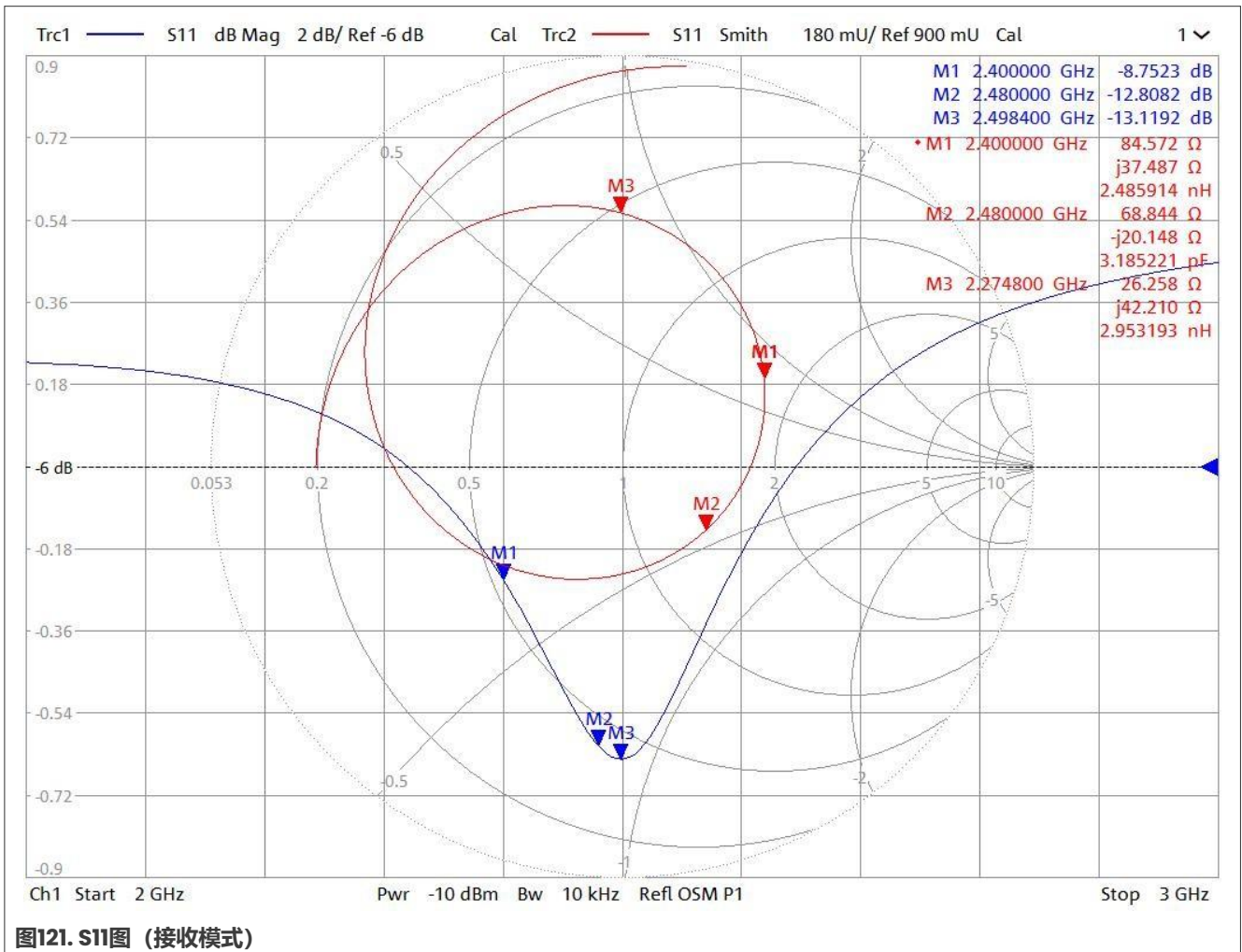
5 回波损耗

本节描述了接收和发射模式下的回波损耗以及射频线插入损耗。

5.1 接收模式

在接收模式下，通过将MCXW71（上一代）的LNA增益设置为最大值来执行回波损耗的测量。

使用的硬件：MCX W71-EVK（上一代）



测试结果：

- 回波损耗：-12.8 dB (2.48 GHz) < S11 < -8.7 dB (2.4 GHz)

没有适用于回波损耗的规范。

结论：

- 回波损耗 (S11) 低于-8 dB

5.2 发射模式

在发射模式下，通过将MCXW71（上一代）的射频输出功率设置为最小值来执行回波损耗的测量。

使用的硬件：MCX W71-EVK（上一代）

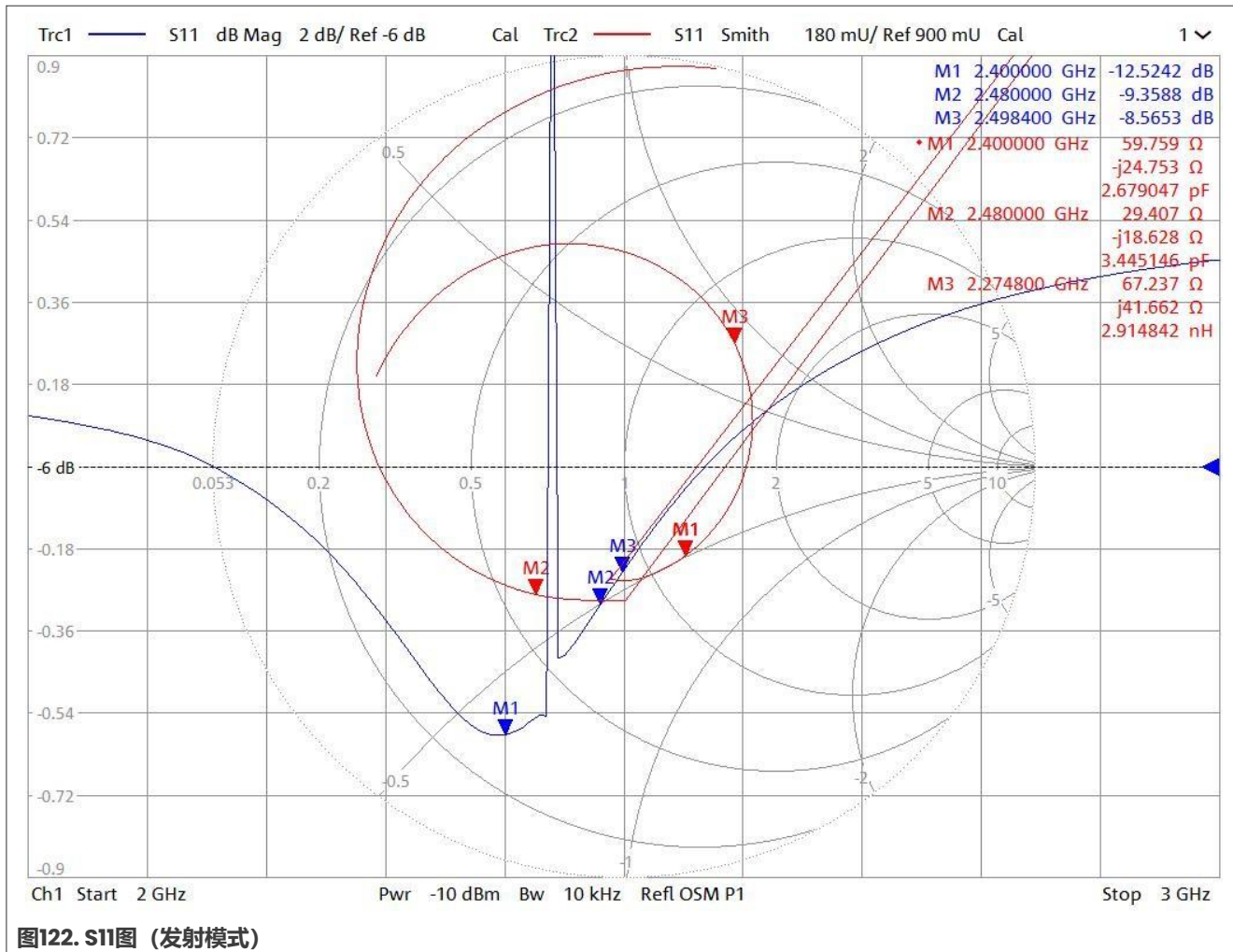


图122. S11图（发射模式）

测试结果：

- 回波损耗： -12.5 dBm (2.4 GHz) < S11 < -9.3 dB (2.48 GHz)

没有适用于回波损耗的规范。

结论：

- 回波损耗 (S11) 低于-9 dB。

5.3 射频线插入损耗

要提取射频线插入损耗，需要割开电路板并在ANT_2P4GHZ引脚上焊接SMA以隔离射频线。移除默认的匹配元件并用0 Ω电阻替换。

This measure **does not represent only RF line insertion losses** but:
Global losses = insertion losses + Mismatch losses

图123. 射频线插入损耗的测量

$$\text{插入损耗} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} \times |S_{12}|^2$$

使用此公式来计算插入损耗和失配损耗。

$$\text{失配损耗} = -10 \times \log(1 - \Gamma^2)$$

$$\Gamma = 10^{-15.3/20} = 0.171791$$

$$\text{失配损耗} = -10 \log(1 - 0.171791^2) = -0.13 \text{ dB}$$

$$\text{插入损耗} = \text{全局损耗} - \text{失配损耗}$$

$$\text{插入损耗} = -0.38 - (-0.13)$$

插入损耗 = -0.25 dB

除了射频线插入损耗外，我们还必须加上估计为0.1 dB的SMD插入损耗。

6 结论

除了证明RED、FCC、低功耗蓝牙5.0和802.15.4合规性外，本文档中描述的射频测试还证实了MCXW71无线MCU具有良好的性能。

7 附录A

本节描述了执行本应用笔记中描述的测试所需使用的连接性测试工具设置。

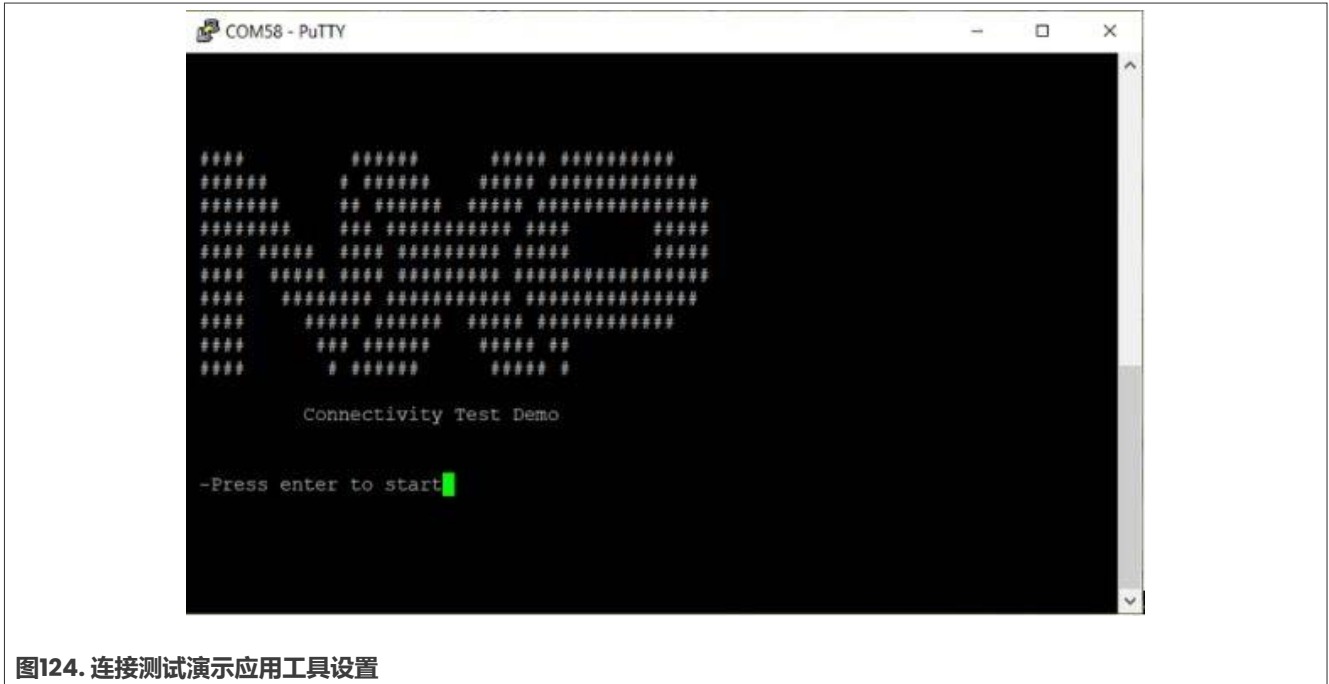


图124. 连接测试演示应用工具设置

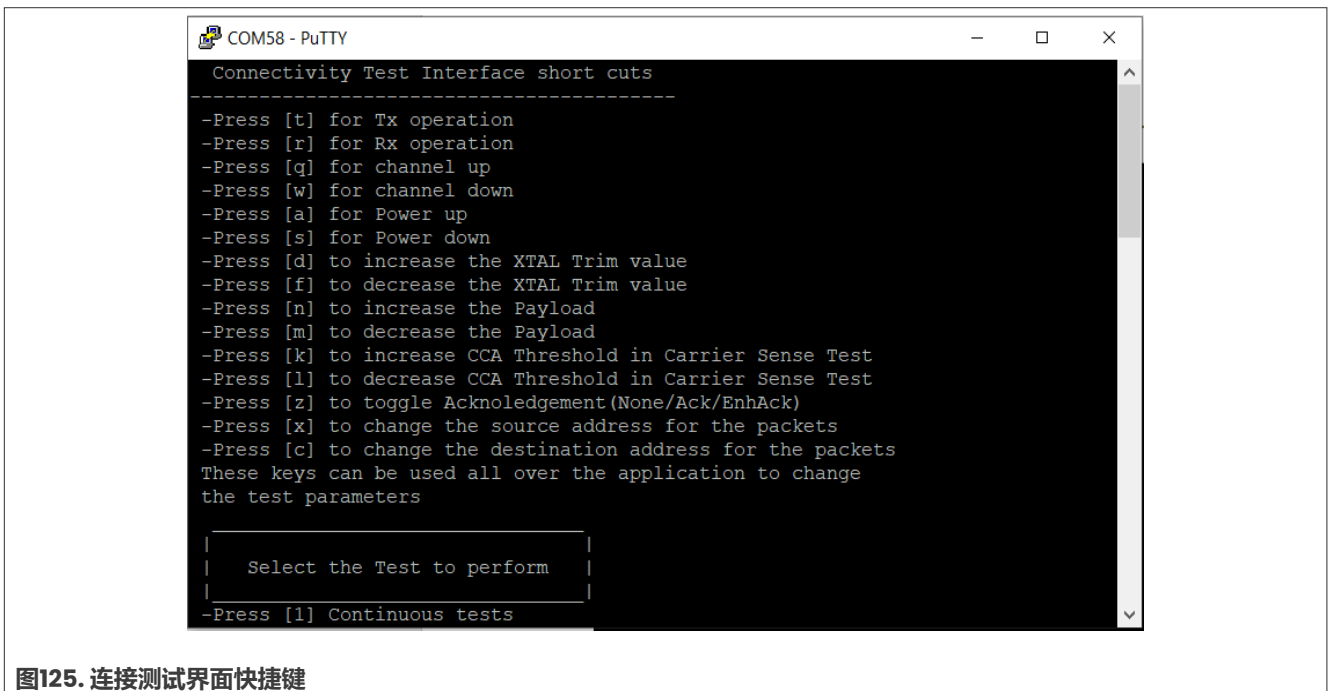


图125. 连接测试界面快捷键

表76列出了连接性测试工具应用程序中可用菜单的键选择，用于执行左列中描述的测试。

表76. 发射模式下的测试

章节链接 §	连接性测试工具应用中的CMET选择键
频率精度	1) 4)
第4.3.1.3节	1) 4)
发射功率 (基频)	1) 3) 2) +/-
发射杂散	1) 3) 2)
发射调制	1) 3) 2)
EVM	1) 3) 2)
偏移EVM	1) 4)
上频带边缘	1) 3) ch26
发射回波损耗	1) 3) 2)

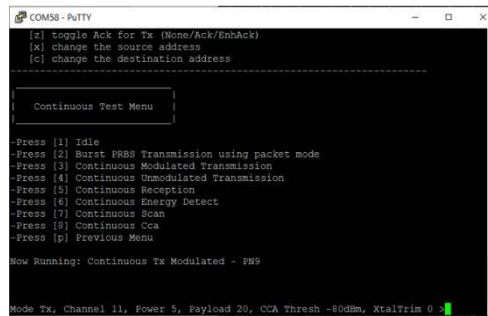


图126. 连续测试菜单

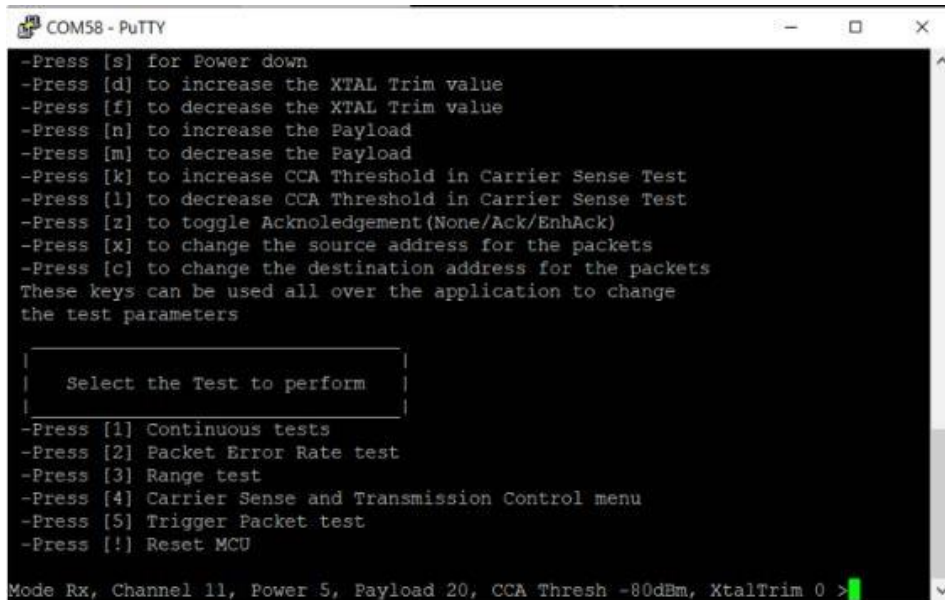


图127. 测试选择

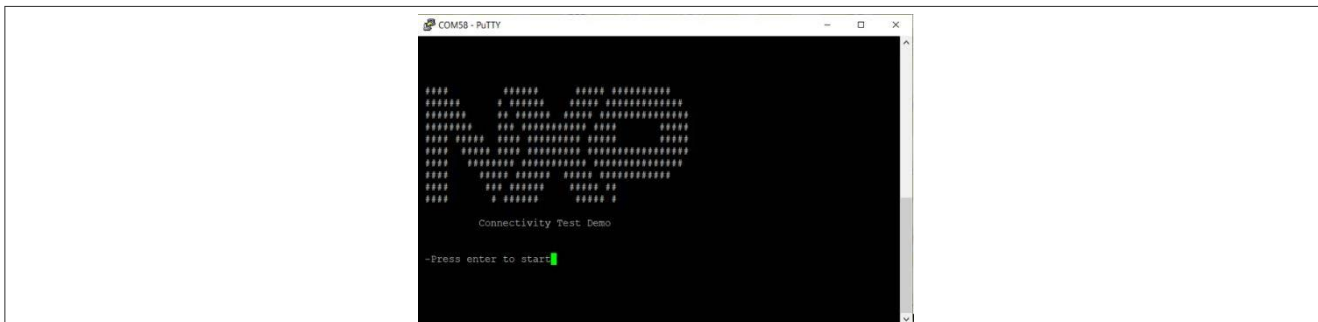


图128. 启动应用程序

对于PER测试:

表77. PER测试

章节 ¶§	CMET选择
灵敏度	5)bar)+/-
灵敏度PER浴缸曲线	5)bar)
接收器最大输入电平	5)bar)+/-
接收杂散	5)bar)
接收干扰抑制	5)bar)+/-
接收阻塞	5)bar)+/-
接收回波损耗	

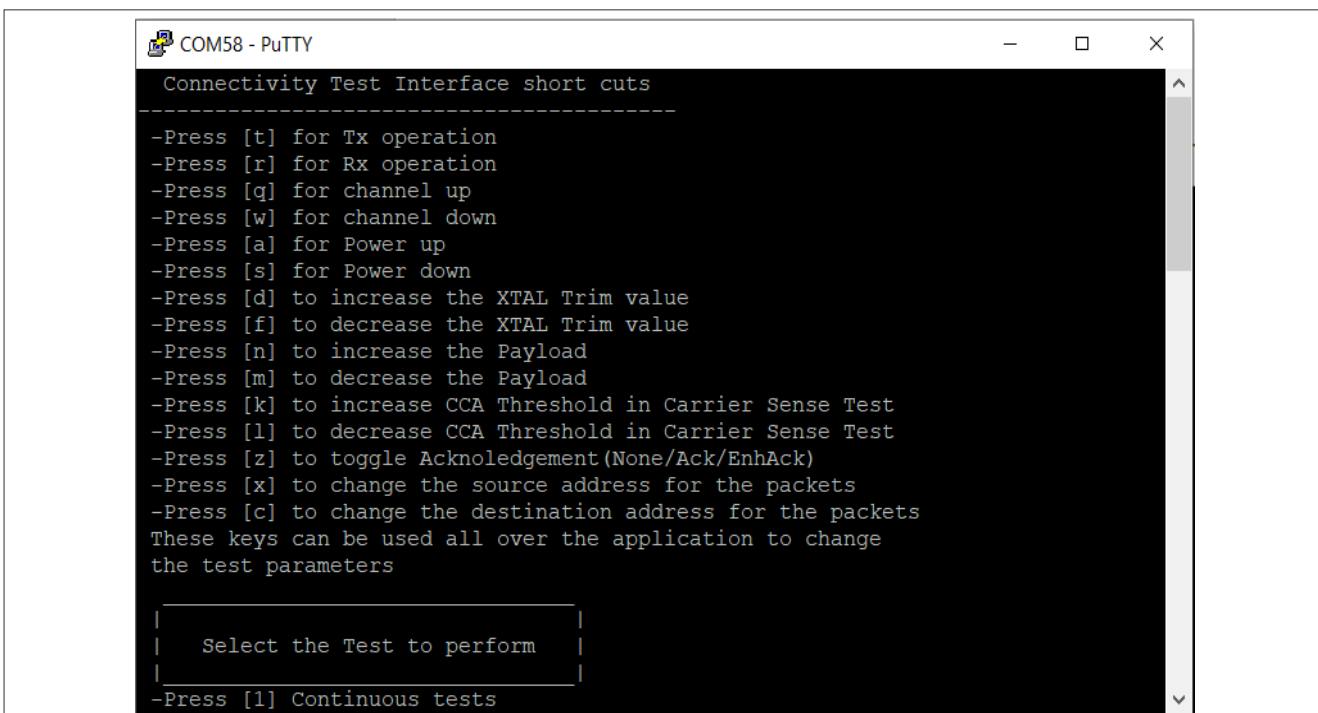


图129. 连接测试界面快捷方式

一个信号发生器向MCXW71 (上一代) 芯片发送数据包。然后, 统计MCXW71 (上一代) 芯片在大约6秒内接收到的数据包数量, 计算并显示“接收的数据包”与“发送的数据包”的比率。

测试完成

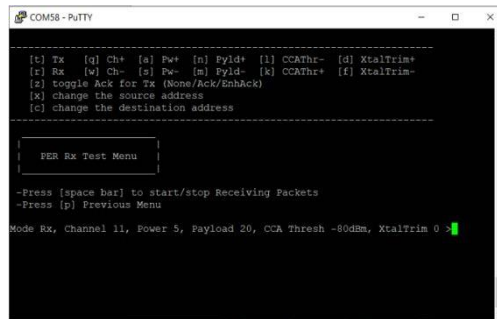


图130. 接收PER测试菜单

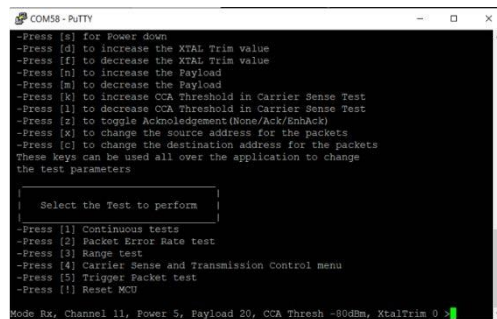


图131. 接收PER测试选择

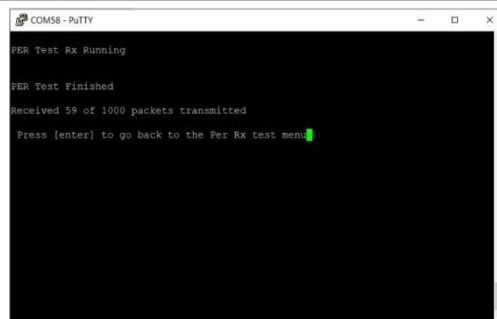


图132. 接收PER测试运行中

8 参考文献

恩智浦网站上提供的参考文献

- 有关低功耗蓝牙和802.15.4射频参数的更多信息，请参阅《FRDM-MCXW71数据手册》。
- 有关FRDM-MCXW71开发板的更多信息，请参阅《UMI2063, FRDM-MCXW71开发板用户手册》。另请访问 [FRDM-MCXW71](#) 网页。
- 原理图和设计文件可从以下网址下载：
- <https://www.nxp.com.cn/design/design-center/development-boards-and-designs/general-purpose-mcus/frdm-development-board-for-mcx-w71x-wireless-mcus:FRDM-MCXW71>

更多参考文献

1. **FCC**: 47 CFR Part 15C
2. **RED**: 2016年6月生效的欧洲无线设备指令
3. **R&TTE**: 无线电和电信终端设备指令 (R&TTED) (1999/5/EC) 于2016年6月废止
4. **ETSI EN 300 328 v2.2.2**: 欧洲电信标准-无线电设备和系统 (RES) 宽带数据传输系统, 在2.4 GHz ISM频段中运行并使用扩频调制技术的数据传输设备的技术特性和测试条件
5. **IEEE 802.15.4**: IEEE信息技术标准-系统间的电信和信息交换-局域网和城域网-特定要求-第15.4部分: 低速无线个人局域网 (LR-WPAN) 的无线介质访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范
6. **RF-PHY TS 4.2.0/5.0**: 蓝牙测试规范。该文档定义了对低功耗蓝牙射频PHY的实现进行认证测试的测试结构和流程。
7. **FCC Part 15**: 根据FCC第15部分操作需满足两个条件。首先, 设备不得造成有害的干扰。其次, 设备必须能耐受所接收到的任何干扰, 包括可能导致运行异常的干扰。因此, 在操作第15部分设备时没有服务质量保证。

9 修订历史

[表78](#)总结了对本文档的修订情况。

表78. 文档修订历史

文档编号	发布日期	说明
AN14374 v.1.0	2024年9月16日	首次公开发布

Legal information

Definitions

Draft — A draft status on a document indicates that the content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included in a draft version of a document and shall have no liability for the consequences of use of such information.

Disclaimers

Limited warranty and liability — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. NXP Semiconductors takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of NXP Semiconductors.

In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of NXP Semiconductors.

Right to make changes — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Suitability for use — NXP Semiconductors products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure or malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. NXP Semiconductors and its suppliers accept no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

Applications — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

Terms and conditions of commercial sale — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <https://www.nxp.com.cn/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

Export control — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

Suitability for use in non-automotive qualified products — Unless this document expressly states that this specific NXP Semiconductors product is automotive qualified, the product is not suitable for automotive use. It is neither qualified nor tested in accordance with automotive testing or application requirements. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of non-automotive qualified products in automotive equipment or applications.

In the event that customer uses the product for design-in and use in automotive applications to automotive specifications and standards, customer (a) shall use the product without NXP Semiconductors' warranty of the product for such automotive applications, use and specifications, and (b) whenever customer uses the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' specifications such use shall be solely at customer's own risk, and (c) customer fully indemnifies NXP Semiconductors for any liability, damages or failed product claims resulting from customer design and use of the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' standard warranty and NXP Semiconductors' product specifications.

HTML publications — An HTML version, if available, of this document is provided as a courtesy. Definitive information is contained in the applicable document in PDF format. If there is a discrepancy between the HTML document and the PDF document, the PDF document has priority.

Translations — A non-English (translated) version of a document, including the legal information in that document, is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

Security — Customer understands that all NXP products may be subject to unidentified vulnerabilities or may support established security standards or specifications with known limitations. Customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycles to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products. Customer's responsibility also extends to other open and/or proprietary technologies supported by NXP products for use in customer's applications. NXP accepts no liability for any vulnerability. Customer should regularly check security updates from NXP and follow up appropriately. Customer shall select products with security features that best meet rules, regulations, and standards of the intended application and make the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP.

NXP has a Product Security Incident Response Team (PSIRT) (reachable at PSIRT@nxp.com) that manages the investigation, reporting, and solution release to security vulnerabilities of NXP products.

NXP B.V. — NXP B.V. is not an operating company and it does not distribute or sell products.

Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names, and trademarks are the property of their respective owners.

NXP — wordmark and logo are trademarks of NXP B.V.

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro, μ Vision, Versatile — are trademarks and/or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved.

Bluetooth — the Bluetooth wordmark and logos are registered trademarks owned by Bluetooth SIG, Inc. and any use of such marks by NXP Semiconductors is under license.

表目录

表1.	适用于欧洲的发射测试	5	表36.	500Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道1的测试结果	83
表2.	适用于欧洲的接收测试	6	表37.	500Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道17的测试结果	83
表3.	适用于美国的发射测试	7	表38.	500Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道35的测试结果	84
表4.	适用于中国的发射测试	7	表39.	125Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道1的测试结果	87
表5.	适用于日本的发射测试	7	表40.	125Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道17的测试结果	88
表6.	频率精度测试结果	10	表41.	125Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道35的测试结果	89
表7.	1Msps时BLE信道37 (2.402GHz) 的带内发射功率测试结果	15	表42.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1Msps - 类别1, 信道37	93
表8.	2Msps时BLE信道37 (2.402GHz) 的带内发射功率测试结果	15	表43.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1Msps - 类别1, 信道39	93
表9.	500Ksps时BLE信道37 (2.402GHz) 的带内发射功率测试结果	15	表44.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1Msps - 类别2, 信道37	94
表10.	125Ksps时BLE信道37 (2.402GHz) 的带内发射功率测试结果	15	表45.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-1Msps - 类别2, 信道39	95
表11.	1Msps时BLE信道17 (2.440GHz) 的带内发射功率测试结果	16	表46.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果: BLE-2Msps (类别1)	96
表12.	2Msps时BLE信道17 (2.440GHz) 的带内发射功率测试结果	16	表47.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-2Msps - 类别1	96
表13.	500Ksps时BLE信道17 (2.440GHz) 的带内发射功率测试结果	17	表48.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - 低功耗蓝牙 - 2Msps, 接收器类别2 - 信道37	97
表14.	125Ksps时BLE信道17 (2.440GHz) 的带内发射功率测试结果	17	表49.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - 低功耗蓝牙 - 2Msps, 接收器类别2 - 信道39	97
表15.	1Msps时BLE信道39 (2.480GHz) 的带内发射功率测试结果	18	表50.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500Ksps (LR S=2), 类别1	98
表16.	2Msps时BLE信道39 (2.480GHz) 的带内发射功率测试结果	18	表51.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500Ksps (LR S=2) - 类别1	99
表17.	500Ksps时BLE信道39 (2.480GHz) 的带内发射功率测试结果	18	表52.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-500Ksps (LR S=2) - 类别2	100
表18.	125Ksps时BLE信道39 (2.480GHz) 的带内发射功率测试结果	18	表53.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - 低功耗蓝牙 - 500 Ksps (LR S=2), 类别2	100
表19.	上频带边缘 (FCC ANSI) - 信道39	43	表54.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别1	101
表20.	1Msps时低功耗蓝牙的最大发射输出功率	51	表55.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别1	101
表21.	1Msps时的调制特性测试结果	54	表56.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别2	102
表22.	2Msps时的调制特性测试结果	55	表57.	接收器带外阻塞干扰抑制性能测试结果 - BLE-125Ksps (LR S=8) - 类别2	102
表23.	LE编码模式 (S8) 下的调制特性测试结果	55	表58.	BLE接收阻塞干扰测试结果 (1Msps)	103
表24.	1Msps时的载波频率偏移和漂移测试结果	56	表59.	BLE接收阻塞干扰测试结果 (2Msps)	104
表25.	2Msps时的载波频率偏移和漂移测试结果	57	表60.	BLE接收阻塞干扰测试结果 (500ksps)	105
表26.	500ksps, LR (S=2) 时的载波频率偏移和漂移测试结果	57	表61.	BLE接收阻塞干扰测试结果 (125ksps)	106
表27.	125ksps, LR (S=8) 时的载波频率偏移和漂移测试结果	58	表62.	发射测试 (欧洲)	107
表28.	最大输入功率 - 1Msps	71	表63.	接收测试 (欧洲)	108
表29.	最大输入功率 - 2Msps	71	表64.	发射测试 (美国)	108
表30.	1Msps时信道1的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果	73	表65.	发射频率精度 (IEEE)	110
表31.	1Msps时信道17的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果	73	表66.	H6到H10的传导杂散	119
表32.	1Msps时信道35的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果	74			
表33.	2Msps时低功耗蓝牙信道1的测试结果	77			
表34.	2Msps时低功耗蓝牙信道17的测试结果	78			
表35.	2Msps时低功耗蓝牙信道35的测试结果	79			

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

表67.	H6到H10的传导杂散	127	表73.	接收器阻塞测试1	143
表68.	测试结果: FCC限值: < -41.15dBm	134	表74.	接收器阻塞测试2	143
表69.	邻道和隔道干扰抑制	141	表75.	接收器阻塞测试3	144
表70.	N-/+3信道干扰抑制	142	表76.	发射模式下的测试	150
表71.	同道干扰抑制	142	表77.	PER测试	151
表72.	最坏情况下的同道干扰抑制	142	表78.	文档修订历史	154

图目录

图1.	FRDM-MCXW71框图.....	2	图44.	ARIB标准下信道37在125Ksps时的带外测试结果.....	48
图2.	FRDM-MCXW71板顶视图.....	2	图45.	ARIB标准下信道39在1Msps时的带外测试结果... ..	49
图3.	发射测试的测试设置.....	8	图46.	ARIB标准下信道39在2Msps时的带外测试结果... ..	49
图4.	具体的所作发射测试的设置.....	8	图47.	ARIB标准下信道39在500Ksps时的带外测试结果.....	50
图5.	频率精度.....	9	图48.	ARIB标准下信道39在125Ksps时的带外测试结果.....	50
图6.	传导相位噪声.....	11	图49.	低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道2.....	51
图7.	发射功率.....	13	图50.	低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道17, 1Msps... ..	52
图8.	带内发射功率 - BLE信道37 (2.402GHz)	14	图51.	低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道35.....	52
图9.	带内发射功率 - BLE信道17 (2.440GHz)	16	图52.	低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道2, 2Msps... ..	53
图10.	带内发射功率 - BLE信道39 (2.480GHz)	17	图53.	低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道17, 2Msps... ..	53
图11.	低功耗蓝牙 - 传导发射杂散 (1GHz到30GHz) ..	19	图54.	低功耗蓝牙的发射输出频谱, 信道35, 2Msps... ..	54
图12.	低功耗蓝牙 - 放大 - 传导发射杂散 (1GHz到30GHz)	20	图55.	BLE的接收测试设置.....	59
图13.	低功耗蓝牙 - 传导H2杂散测试结果.....	21	图56.	针对干扰抑制所做的接收测试设置.....	60
图14.	低功耗蓝牙 - 传导H3杂散测试结果.....	22	图57.	针对杂散辐射所做的接收测试设置.....	60
图15.	低功耗蓝牙 - 传导H4杂散测试结果.....	23	图58.	使用射频生成器和法拉第箱测试灵敏度的导通接收测试设置.....	61
图16.	低功耗蓝牙 - 传导H5杂散测试结果.....	24	图59.	杂散辐射的导通接收测试设置.....	61
图17.	低功耗蓝牙 - 传导H6杂散测试结果.....	25	图60.	干扰抑制的导通接收测试设置.....	61
图18.	低功耗蓝牙 - 传导H7杂散测试结果.....	26	图61.	使用ARB生成器的灵敏度测试.....	62
图19.	低功耗蓝牙 - 传导H8杂散测试结果.....	27	图62.	接收灵敏度测试结果 - 1Mbps.....	63
图20.	低功耗蓝牙 - 传导H9杂散测试结果.....	28	图63.	灵敏度浴缸曲线测试结果 - 1Msps.....	64
图21.	低功耗蓝牙 - 传导H10杂散测试结果.....	29	图64.	灵敏度测试结果 - 2Msps.....	65
图22.	低功耗蓝牙 - 传导H2 FCC杂散测试结果.....	30	图65.	灵敏度浴缸曲线测试结果 - 2Mbps.....	66
图23.	低功耗蓝牙 - 传导H3 FCC杂散测试结果.....	31	图66.	灵敏度测试结果 - LR (S=2).....	67
图24.	低功耗蓝牙 - 传导H4 FCC杂散测试结果.....	32	图67.	灵敏度浴缸曲线测试结果 - 500ksps.....	68
图25.	低功耗蓝牙 - 传导H5 FCC杂散测试结果.....	33	图68.	灵敏度测试结果 - LR (S=8).....	69
图26.	低功耗蓝牙 - 传导H6 FCC杂散测试结果.....	34	图69.	灵敏度浴缸曲线测试结果 - 125kpbs.....	70
图27.	低功耗蓝牙 - 传导H7FCC杂散测试结果.....	35	图70.	3低功耗蓝牙 - 传导接收杂散测试结果, 0MHz - 12.5GHz.....	72
图28.	低功耗蓝牙 - 传导H8 FCC杂散测试结果.....	36	图71.	信道1的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	75
图29.	低功耗蓝牙 - 传导H9 FCC杂散测试结果.....	37	图72.	信道17的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	76
图30.	低功耗蓝牙 - 传导H10 FCC杂散测试结果.....	38	图73.	信道35的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	77
图31.	下频段边缘 - 信道0.....	39	图74.	2Msps时低功耗蓝牙信道1的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	80
图32.	中国工信部的上频段边缘测试结果 - 信道39... ..	40	图75.	2Msps时低功耗蓝牙信道17的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	81
图33.	上频段边缘 (FCC ANSI) (1Msps)	41	图76.	2Msps时低功耗蓝牙信道35的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	82
图34.	上频段边缘 (FCC ANSI) (2Msps).....	42			
图35.	上频段边缘 (FCC ANSI) (500Ksps)	42			
图36.	上频段边缘 (FCC ANSI) (125Ksps)	43			
图37.	带外 (ETSI 300) 测试 - 信道39 (1Msps)	44			
图38.	带外 (ETSI 300) 测试 - 信道39 (2Msps)	45			
图39.	带外 (ETSI 300) 测试 - 信道39 (500Ksps) .	45			
图40.	带外 (ETSI 300) 测试 - 信道39 (125Ksps) .	46			
图41.	ARIB标准下信道37在1Msps时的带外测试结果... ..	47			
图42.	ARIB标准下信道37在2Msps时的带外测试结果... ..	47			
图43.	ARIB标准下信道37在500Ksps时的带外测试结果.....	48			

FRDM-MCXW71用于低功耗蓝牙和IEEE 802.15.4应用的射频系统评估报告

图77.	500Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道1的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	85	图102.	发射杂散 (H4, FCC测试条件)	126
图78.	500Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道17的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	86	图103.	发射杂散 (H5, FCC测试条件)	127
图79.	500Ksps (LR S=2) 时低功耗蓝牙信道35的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	87	图104.	H6的传导杂散.....	128
图80.	125Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道1的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	90	图105.	H7的传导杂散.....	128
图81.	125Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道17的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	91	图106.	H8的传导杂散.....	129
图82.	125Ksps (LR S=8) 时低功耗蓝牙信道35的邻道、隔道和同道干扰抑制性能测试结果.....	92	图107.	H9的传导杂散.....	129
图83.	使用FRDM-MCXW71板的传导发射测试设置	109	图108.	H10的传导杂散.....	130
图84.	发射频率精度 (IEEE)	110	图109.	下频段边缘 - 信道11.....	132
图85.	100kHz频率偏移处的相位噪声.....	111	图110.	802.15.4 - 上频段边缘 - 信道26.....	133
图86.	发射功率 (基波) (IEEE测试结果)	112	图111.	上频段边缘 - 信道39.....	134
图87.	带内发射功率 - 信道11.....	113	图112.	带外测试 - 信道11.....	135
图88.	带内发射功率 - 信道18.....	114	图113.	带外测试 - 信道26.....	135
图89.	带内发射功率 - 信道26.....	114	图114.	带外测试 - 信道0 - ARIB.....	136
图90.	发射杂散全局视图.....	115	图115.	带外测试 - 信道39 - ARIB.....	137
图91.	发射杂散 (H2, ETSI测试条件)	116	图116.	使用射频生成器和法拉第箱测试灵敏度的导通接收测试设置.....	138
图92.	发射杂散 (H3, ETSI测试条件)	117	图117.	杂散辐射的导通接收测试设置.....	138
图93.	发射杂散 (H4, ETSI测试条件)	118	图118.	干扰抑制的导通接收测试设置.....	138
图94.	发射杂散 (H5, ETSI测试条件)	118	图119.	接收灵敏度.....	139
图95.	H6的传导杂散.....	120	图120.	接收灵敏度浴缸曲线图.....	140
图96.	H7的传导杂散.....	121	图121.	S11图 (接收模式)	145
图97.	H8的传导杂散.....	122	图122.	S11图 (发射模式)	146
图98.	H9的传导杂散.....	123	图123.	射频线插入损耗的测量.....	147
图99.	H10的传导杂散.....	124	图124.	连接测试演示应用工具设置.....	149
图100.	发射杂散 (H2, FCC测试条件)	125	图125.	连接测试界面快捷键.....	149
图101.	发射杂散 (H3, FCC测试条件)	125	图126.	连续测试菜单.....	150
			图127.	测试选择.....	150
			图128.	启动应用程序.....	151
			图129.	连接测试界面快捷方式.....	151
			图130.	接收PER测试菜单.....	152
			图131.	接收PER测试选择.....	152
			图132.	接收PER测试运行中.....	152

目录

1	介绍	2	4.3.2	接收测试	137
2	先决条件	3	4.3.2.1	接收测试设置	138
2.1	软件	3	4.3.2.2	接收灵敏度 (IEEE)	139
2.2	用于低功耗蓝牙 (BLE) 测量的设备清单	3	4.3.2.3	接收灵敏度浴缸曲线测试	140
3	低功耗蓝牙应用	4	4.3.2.4	接收器最大输入电平 (IEEE)	140
3.1	测试列表	4	4.3.2.5	接收杂散测试 (IEEE)	141
3.2	测试总结	5	4.3.2.6	接收器干扰抑制	141
3.3	所做的测试	8	4.3.2.7	接收器阻塞	143
3.3.1	发射 (Tx) 测试	8	5	回波损耗	145
3.3.1.1	测试设置	8	5.1	接收模式	145
3.3.1.2	频率精度	9	5.2	发射模式	146
3.3.1.3	相位噪声	11	5.3	射频线插入损耗	147
3.3.1.4	发射功率 (基频)	12	6	结论	148
3.3.1.5	带内发射功率	14	7	附录A	149
3.3.1.6	发射杂散	18	8	参考文献	153
3.3.1.7	下频带边缘 - 中国工信部	38	9	修订历史	154
3.3.1.8	上频带边缘 - 中国工信部	40		法律声明	155
3.3.1.9	上频带边缘 (FCC ANSIC63.10, 558074 D01 DTS)	41			
3.3.1.10	带外测试 (ETSI 300, 328第5.4.8.2.1章)	44			
3.3.1.11	带外测试 (ARIB STD T-66)	46			
3.3.1.12	最大发射输出功率	50			
3.3.1.13	低功耗蓝牙的发射输出频谱	51			
3.3.1.14	调制特性	54			
3.3.1.15	载波频率偏移和漂移	56			
3.3.2	接收 (Rx) 测试	59			
3.3.2.1	测试设置	59			
3.3.2.2	接收测试设置	61			
3.3.2.3	灵敏度	62			
3.3.2.4	接收器最大输入电平	71			
3.3.2.5	接收杂散 (低功耗蓝牙)	71			
3.3.2.6	蓝牙干扰抑制测试结果	72			
4	IEEE 802.15.4应用	107			
4.1	测试列表	107			
4.2	测试总结	107			
4.3	所做的测试	109			
4.3.1	发射测试	109			
4.3.1.1	测试设置	109			
4.3.1.2	频率精度	109			
4.3.1.3	100 kHz频率偏移处的相位噪声	110			
4.3.1.4	发射功率 (基频)	111			
4.3.1.5	带内发射功率	113			
4.3.1.6	发射杂散	115			
4.3.1.7	发射调制	131			
4.3.1.8	下频带边缘 - 中国工信部	132			
4.3.1.9	上频带边缘 - 中国工信部	133			
4.3.1.10	上频带边缘 (FCC ANSIC63.10, 558074 D01 DTS)	134			
4.3.1.11	带外测试 (ETSI 300 328)	135			
4.3.1.12	带外测试 (ARIB STD T-66)	136			

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.

© 2024 NXP B.V.

All rights reserved.

For more information, please visit: <https://www.nxp.com.cn>

[Document feedback](#)

Date of release: 16 September 2024

Document identifier: AN14374