WS63V100 产线工装

用户指南

文档版本 05

发布日期 2024-10-30

前言

概述

本文档介绍了 WS63V100 产品单板生产测试方案,包括软件加载、eFuse 数据加载、测试项目和测试方法等内容。测试方法主要介绍与信号强度密切相关部分。

读者对象

本文档主要适用于以下工程师:

- 软件开发工程师
- 软件测试工程师
- 技术支持工程师

符号约定

在本文中可能出现下列标志,它们所代表的含义如下。

符号	说明
▲ 危险	表示如不避免则将会导致死亡或严重伤害的具有高等级风险的危害。
<u></u> 警告	表示如不避免则可能导致死亡或严重伤害的具有中等级风险的危害。
<u></u> 注意	表示如不避免则可能导致轻微或中度伤害的具有低等级风险的危害。

2024-10-30 i

符号	说明
须知	用于传递设备或环境安全警示信息。如不避免则可能会导致设备 损坏、数据丢失、设备性能降低或其它不可预知的结果。 "须知"不涉及人身伤害。
□ 说明	对正文中重点信息的补充说明。 "说明"不是安全警示信息,不涉及人身、设备及环境伤害信息。

修改记录

文档版本	发布日期	修改说明
05	2024-10-30	• 更新 "2.2.2 测试步骤" 小节内容。
		更新 "2.2.5 测试步骤 (雷达) "小节 内容。
		• 更新 "2.3 测试命令" 小节内容。
04	2024-07-01	 更新 "2.2.2 测试步骤"、 "2.2.4 产测测试流程图(雷达)"和 "2.2.5 测试步骤(雷达)"小节内容。
		• 更新 "2.3 测试命令"小节内容。
		• 更新 "2.4 测试命令(雷达)" 小节内容。
		• 更新 "3.1 WiFi TX/RX 测试指标参考" 小节内容。
		• 更新 "3.2 BLE TX/RX 测试指标参考" 小节内容。
		• 更新 "3.3 SLE TX/RX 测试指标参考" 小节内容。
		● 更新 "4 WLAN Facility 与固件版本"小 节内容。
03	2024-05-07	• 更新 "2.2 产测测试流程" 小节内容。
		• 更新 "2.3 测试命令"小节内容。

2024-10-30 ii

文档版本	发布日期	修改说明
		• 更新 "3.2 BLE TX/RX 测试指标参考" 小节内容。
		• 更新 "3.3 SLE TX/RX 测试指标参考" 小节内容。
02	2024-04-19	更新 "2.4 测试命令(雷达)" 小节内容。更新 "4 WLAN Facility 与固件版本"小节内容。
01	2024-04-10	第一次正式版本发布。 • 更新 "2.2.2 测试步骤"小节内容。 • 更新 "4 WLAN Facility 与固件版本"小节内容。
00B04	2024-03-29	新增"4 WLAN Facility 与固件版本"小节内容。
00B03	2024-03-14	更新"2.3 测试命令"小节内容。
00B02	2024-02-22	更新 "1 测试软件准备" 小节内容。更新 "2.3 测试命令" 小节内容。更新 "2.4 测试命令(雷达)" 小节内容。
00B01	2024-01-15	第一次临时版本发布。

2024-10-30 iii

目 录

前言	i
1 测试软件准备	1
2 单板测试方案	7
2.1 测试装备说明	7
2.2 产测测试流程	8
2.2.1 产测测试流程图	8
2.2.2 测试步骤	9
2.2.3 eFuse 写入	19
2.2.4 产测测试流程图(雷达)	21
2.2.5 测试步骤 (雷达)	22
2.2.6 切换产测 bin 到业务 bin	28
2.3 测试命令	29
2.4 测试命令(雷达)	54
2.5 常发固定速率表	55
3 TX/RX 测试参考	57
3.1 WiFi TX/RX 测试指标参考	57
3.2 BLE TX/RX 测试指标参考	59
3.3 SLE TX/RX 测试指标参考	60
4 WLAN Facility 与固件版本	63

1

测试软件准备

准备烧写工具 "BurnTool" 通过 BurnTool 工具烧写镜像。具体步骤如下:

步骤 1 烧录镜像准备:

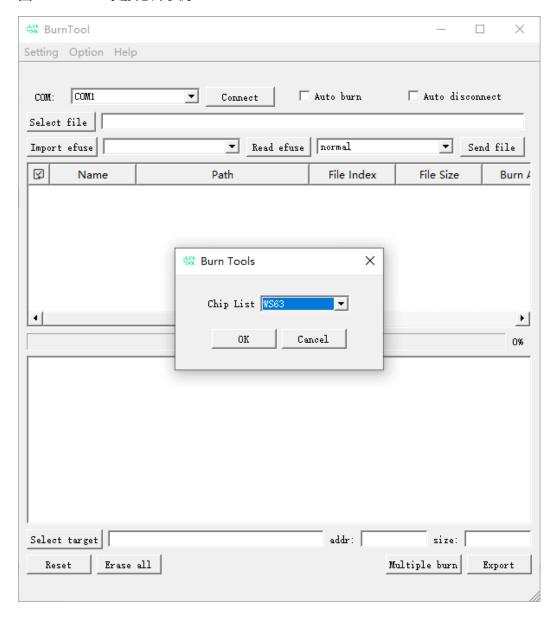
在 sdk 中编译出镜像包,编译命令如下

./build.py -c ws63-liteos-app -def=PACKET_MFG_BIN

烧写镜像路径为: output\ws63\fwpkg\ws63-liteos-app\ws63-liteos-app_all.fwpkg 烧录完成重启默认进入产测镜像。

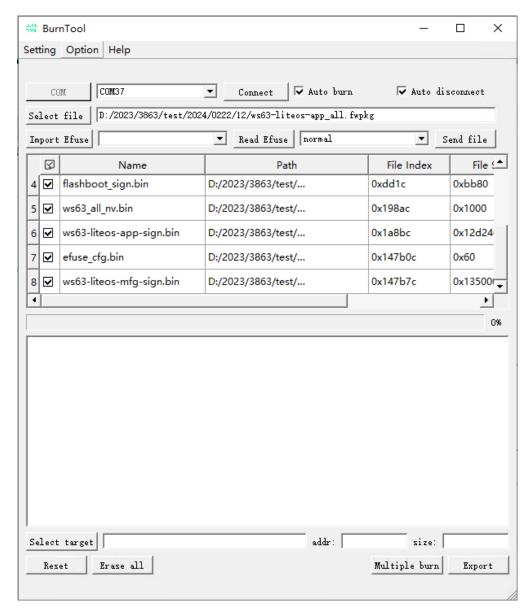
步骤 2 在 BurnTool 界面中,单击 "Option" 按钮,选择 "Change chip",从 "Chip List" 下拉菜单中选择 "WS63",并单击 "OK" 即可,如图 1-1 所示。

图1-1 BurnTool 更换芯片示例



步骤 3 在 BurnTool 界面中,单击 "COM" 按钮选择 PC 机串口(串口选择,请参考开发板使用指南);单击 "Select file"按钮,选择各产品编译生成的固件包(ws63-liteos-app_all.fwpkg),并单击 "OK",如图 1-2 所示。

图1-2 烧录文件选择示例



步骤 4 勾选 "Auto burn" 以及 "Auto disconnect" 选项;

选择 "Setting" → "Settings",配置串口参数,默认配置如图 1-3 所示, baud 配置为 1000000。

山 说明

Force Read Time: 定时读取的时间,以毫秒为单位。勾选时为定时读取串口,不勾选时为事件触发读取串口。适用于不勾选该选项无法正常烧录的场景。

用户指南 1 测试软件准备

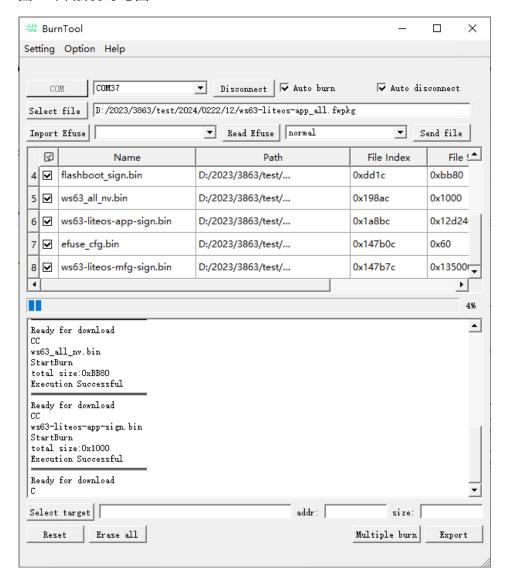
图1-3 串口设置示例



选择目标串口号并单击 "Connect" 按钮 (单击后 "Connect" 变为 "Disconnect"), 复位单板。自动烧录效果如图 1-4 所示。

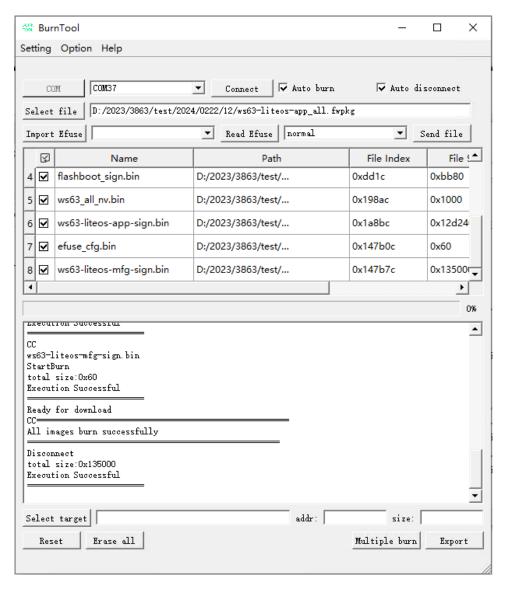
用户指南 1 测试软件准备

图1-4 自动烧录示意图



等待传输完成后结束烧写,烧写完成会出现 "All images burn successfully"。烧写完成效果如图 1-5 所示。

图1-5 烧写完成示意图



山 说明

在速率不理想的外部状态下,若多次出现烧写镜像失败的情况,请拷贝产线镜像至串口连接电脑中进行烧写

----结束

2 单板测试方案

- 2.1 测试装备说明
- 2.2 产测测试流程
- 2.3 测试命令
- 2.4 测试命令(雷达)
- 2.5 常发固定速率表

2.1 测试装备说明

测试分为产线性能测试和出厂功能测试。两个测试环节的测试系统关键设备相同(设备说明如表 2-1 所示)。

表2-1 测试系统关键设备说明

设备名称	说明
PC 机	控制测试流程的主体。通过以太网连接 Wi-Fi 综测仪,通过串口与测试夹具进行连接,运行 PC 端测试软件,以实现整体工装测试的功能。
扫描枪	每个 DUT 都有一个独立的 MAC 地址,通过扫描 DUT 上的唯一 MAC 地址,实现对 DUT 的编址功能(此为获取 MAC 地址码方法中的一种,还可通过从模组工厂的数据库获取唯一的 Mac 地址。获取的 MAC 地址,将写入模组芯片的 eFuse)。
测试板(底板+测试夹	承载电源,为 DUT 供电。通过串口分别连接 DUT 与

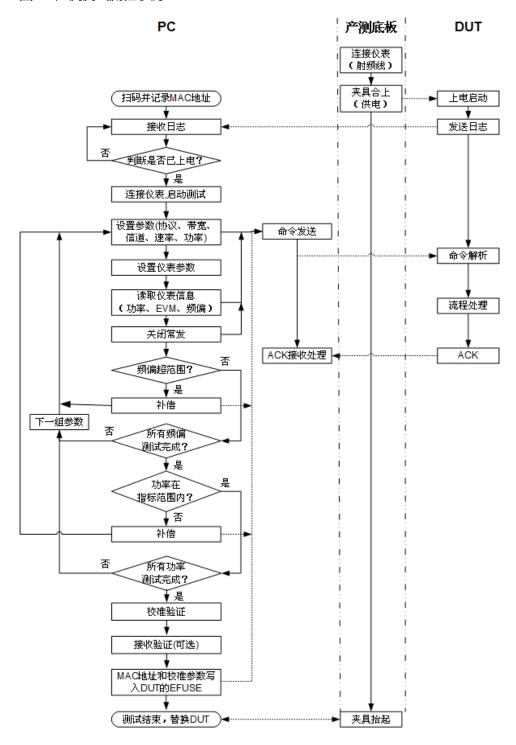
设备名称	说明
具)	PC,射频线连接 DUT。
DUT (被测设备)	被测设备,通过夹具接入工装,完成各项指标测试。
综测仪	对 DUT 进行 Wi-Fi 和 BT 的非信令测试(功率测试、频偏测试)。

2.2 产测测试流程

2.2.1 产测测试流程图

工装测试流程实现示例如图 2-1 所示。

图2-1 产测测试流程示例



2.2.2 测试步骤

步骤 1 PC 扫描 DUT 上的 MAC 地址。并录入产测软件系统,后面将该 mac 地址写入 eFuse中。

步骤 2 PC 通过网线连接 itest 综测仪,将模组放入夹具并上电。

步骤 3 PC 接收 DUT 的日志并判断是否已经上电。如果检测已上电完成,进行下一步。

步骤 4 进入命令行,开始测试。

1. 读取 DIEID, 命令如下:

AT+DIEID

2. 初始化 Wi-Fi, 命令如下:

AT+STARTSTA

□ 说明

使用 wifi 相关测试命令前,均要在启动 sta 之后可以正常使用,即需要执行"AT+STARTSTA"此命令。

步骤 5 在步骤 4 的基础上,进行频偏校准。

1. 设置协议、信道、带宽、速率等参数的常发,参考"2.3-测试命令"。以 11n 为例,命令如下:

AT+ALTX=2 // 2: 固定速率常发

AT+TRC=0 // 0: 固定速率, 1: 自动速率

AT+SETRATE=36 // 设置固定速率

AT+CCPRIV=wlan0,mode,11n2g20 // 设置协议模式

AT+CCPRIV=wlan0,freq,7 // 设置信道

AT+CCPRIV=wlan0,al tx ccpriv,1,2,1500

- 2. 产测软件设置对应仪表相关参数,读取频偏信息并记录。
- 3. 进行粗调频偏调整,首先产测软件校验读取的频偏信息,如果频偏超出粗调精度范围,则调整粗调校正码值,不同的校正码值对应不同的频率,校正码值越小,输出频率越大;校正码值越大,输出频率越小,使用二分法调整校正码值。粗调精度在±10ppm 范围以内,或者校正码值达到边界(0或15),进行下一步。
 - 调整校正码值命令:

AT+COARSE=<value>

- 参数说明:

value: 粗调寄存器设置范围 0~15, value 已默认配置为 8。例如:如果常发输出频率大于设定信道的中心频率,应配置 value 为 11(8 与 15 的中间值),并再次检测常发输出频率,如果常发输出频率仍大于设定信道的中心频率,应配置 value 值为 13 (11 与 15 的中间值),以此类推。如果调整到 15 或 0 仍达不到精度要求,继续细调。

4. 进行细调频偏调整,首先校验频偏,如果频偏超出细调精度范围,调整细调校正码值,不同的校正码值对应不同的频率,同样校正码值越小,输出频率越大;校正码值越大,输出频率越小,使用二分法调整校正码值。细调精度在±5ppm 范围以内,频偏校准完成。

- 调整频偏命令:

AT+FINE=<value>

- 参数说明:

value:细调寄存器值,参数范围 0~127, value 默认配置为 60。如果调整到 127 或 0 仍达不到精度要求,则为坏片。

5. 获取芯片温度。

AT+TEMP

6. 频偏校准完毕后,执行关闭常发,命令格式如下:

AT+ALTX=0

步骤 6 在步骤 5 的基础上,进行 Wi-Fi 功率校准。

1. 将放大系数与 3 个待测协议(速率)(11b(1M)、11g 20M(6M)、11n 40M(MCS0)) 高低功率偏移值置为默认值(默认值由芯片 SDK 出厂预置)命令如下:

AT+FACTOR=0

AT+HIGHCURVE=0

AT+LOWCURVE=0

2. 选取两个目标功率点,建议高功率取 20dBm, 低功率取 13dBm, 可以根据实际 使用的功率范围做调整,将这两个目标功率点下发到驱动,命令如下:

AT+TARPOWER=200,130

- 参数说明:param1,param2:目标功率。

- 参数范围: [100,230], 单位 0.1dBm。

□ 说明

此命令需要和下面操作6成对进行操作,切换协议模式需要再次下发该命令。

3. 配置常发参数,参考"2.3测试命令"在开启常发时配置目标功率<tpc_code>, 以 11n 协议为例,信道选取 7 信道,命令如下:

AT+ALTX=0 // 如果没有关闭常发,先关闭常发

AT+ALTX=2 // 2: 固定速率常发

AT+TRC=0 // 0: 固定速率, 1: 自动速率

AT+SETRATE=36 // 参数说明见"表2-3",例如:36表示11n,20MHz频宽,mcs4

AT+CCPRIV=wlan0,mode,11n2g20

AT+CCPRIV=wlan0,freq,7

AT+CCPRIV=wlan0,al tx ccpriv,1,2,1500,6

参数说明:

TPC code,与配置功率的对应关系为:(23dBm-配置功率)×2。

11b 的档位计算为: 11b 的档位= (23dBm-配置功率) ×2+74。例如 20dBm,应配置 value 为 6, 11b 为 80, 13dBm 应配置 value 为 20, 11b 为 94。

□ 说明

开启常发后需要等待 mfg pdet power saved 字样打印出现,代表成功。

- 4. 获取记录实际测试的功率,差值如果超过[-4,+4]dBm 则异常退出,在[-4,+4]dBm 以内,进行下一步。
- 5. 重复执行操作 3~操作 4(常发配置协议相同,信道相同,配置另一个点位 (13dbm)的目标功率,测试完两个功率点位)。
- 6. 测试完成先关闭常发,然后将测量出的两个实际功率值下发给驱动,命令如下:

AT+ALTX=0

AT+CALIPOWER=<param1>,<param2>

- 参数说明:

param1, param2: 2个实测功率分别从 tester 读取到实际功率输出。

- 参数范围: 0~300, 单位 0.1dBm。
- 7. 重复执行步骤 6 的操作 2~操作 6,分别设置三个协议(11b、11g 20M、11n 40M)的实际功率给驱动(每个协议,均需单独执行操作 2~操作 6),测试不同的协议前,需要先关闭常发,然后再通过常发命令进行修改:

AT+ALTX=0

8. 下发命令获取高低功率补偿值并记录。

AT+HIGHCURVE?

AT+LOWCURVE?

这里记录 2条输出的 18 个值。

步骤 7 Wi-Fi 功率和频偏校准验证。

1. 设置高低功率补偿值,值来源于步骤 6 中的操作 8 (为防止测试过程中功率曲线被修改)

AT+HIGHCURVE=1,<v1>...,<v9>

AT+LOWCURVE=1,<v1>...,<v9>

2. 功率校验默认为高低功率点分别选取,进行功率校验,校验3条曲线,协议(速率)选取11b(11M),11ax20M(mcs9),11n40M(mcs7),建议高功率取18dBm,低功率取12dBm。也可以根据自己的需求,校验需要的功率点位。

3. 发送如下常发命令,以 11n 协议为例,验证功率输出和频率输出是否满足规格。 命令使用请参见"2.3 测试命令"小节。

AT+ALTX=0 // 如果没有关闭常发,先关闭常发

AT+ALTX=2 // 2: 固定速率常发

AT+TRC=0 // 0: 固定速率, 1: 自动速率

AT+SETRATE=36 // 参数说明见"表2-3", 例如: 36表示11n, 20MHz频宽, mcs4

AT+CCPRIV=wlan0,mode,11n2g20 // 设置协议模式

AT+CCPRIV=wlan0,freq,7 // 设置信道

AT+CCPRIV=wlan0,al_tx_ccpriv,1,2,1500,6 // 6: TPC code

- 参数说明如下:

TPC code,与配置功率的对应关系为:(23dBm-配置功率)×2。

11b 的档位计算为: 11b 的档位= (23dBm-配置功率) ×2 +74。如果不满足±1.5dB 规格,则提示错误,退出产测流程。

4. 验证不同的协议前,需要先关闭常发,然后再通过操作 2 中的命令修改其中的协议模式以及 tpc_code 参数。

AT+ALTX=0

5. 全部协议验证完毕后,执行关闭常发,命令如下:

AT+ALTX=0

步骤 8 Wi-Fi RSSI 校准。

□ 说明

如果不是首次进行 rssi 校准,则需要首先将各个信道(3、7、11)的补偿值恢复为 0,命令如下: AT+RSSICOMP=<信道>,0

1. 设置指定协议、信道、带宽、天线等参数的常收,协议选取 11n, 20M, mcs0, 信道分别选取 3、7、11 命令如下,以 11n2g20M, 3 信道为例:

AT+ALRX=1,0,20,7,0 // AT+ALRX=<flag>,<协议模式>,<带宽>,<freq>,<mac帧过滤>

- 2. 设置仪表以-50dBm 信号强度发射,配置相关参数、频点、功率、波形文件等信息。
- 3. 读取 RSSI 信息。如果 RSSI 功率偏移在±2dBm 范围内继续执行操作 5, 否则调用 RSSI 功率偏移命令到指标范围内。

读取 RSSI 功率命令:

AT+RXINFO

注意: 获取 RSSI 功率单位为 1dbm。

- RSSI功率偏移命令:

AT+RSSICOMP=<channel>,<offset>

- 参数说明如下:

■ channel: 信道号,, 范围: 1~14。

■ offset: rssi 偏移值,最大范围: [-15, +15], 1 格代表 1dB。

注意:

- o channel 需要和当前常收命令配置的参数一致。
- value 为综测仪发包信号强度与命令读出数据差值的累加值。

例如:发包信号强度为-50dBm,第一次命令读出-55,则命令需写入 value 为 5,第二次读出-53,则命令需写入 8 (5+3)。

4. 获取 RSSI 偏移数据是否与配置相同,如果相同,记录 channel 和 value。

AT+GETRSSICOMP=<channel>

- 参数说明如下:

channel:信道号,1~14。

5. 测试不同的频段/信道前,需要先关闭常收,通过如下命令修改信道参数:

AT+ALRX=0

AT+ALRX=<flag>,<协议模式>,<带宽>,<freq>,<mac帧过滤> // 具体测试命令请参见 "2.3 测试命令"。

6. 测试完成,关闭常收

AT+ALRX=0

7. 校验 RSSI 偏移调整结果,使用 set 命令,选取任意信道,设置其 rssi 偏移值。推荐校验协议信道:11ax 20M、11n 40M。

AT+RSSICOMP=<信道>,<偏移>

注: 14 个信道分为 3 组, 1~4 信道设置的 rssi 偏移值使用 3 信道校准时得到的偏移值, 5~9 信道设置的 rssi 偏移值使用 7 信道校准时得到的偏移值, 10~13(14)信道获取的 rssi 偏移值使用 11 信道校准时得到的偏移值。

8. 验证不同的信道前,需要先关闭常收,然后再通过如下命令修改其中的<freq>等参数,验证 RSSI 功率是否满足[-3,+3]dBm 规格,如果不满足规格,则提示错误,退出产测流程,以 11n2g20M 为例。

AT+ALRX=0

AT+ALRX=1,0,20,7,0 // AT+ALRX=<flag>,<协议模式>,<带宽>,<freq>,<mac帧过滤>

9. 信道验证完毕后,执行关闭常收,命令如下:

AT+ALRX=0

步骤 9 Wi-Fi Rx 性能测试。

1. 分别切换 11b、11g、11n40M 和 11ax 协议模式,在每个模式下抽测 3、7、11 信道的信号质量,速率选取最高速率:先执行芯片常收命令,以设置 11ax2g20M 协议,7 信道的常收为例,命令格式:

AT+ALRX=0

AT+ALRX=1,0,20,7,0

具体测试命令请参见"2.3测试命令"小节中的"常收命令"命令说明。

2. 控制产测仪表,依次减小发包信号强度,在指定信道发送上述协议的报文 n1 个,然后执行如下接收统计命令,获取 Wi-Fi 芯片实际接收的报文 n2 个。n2/n1 满足规格,则算通过。收包查询示例:

AT+RXINFO

3. 所有信道测试完毕后,执行关闭常收,命令如下:

AT+ALRX=0

步骤 10 雷达测试 (可选, ws63E 芯片带有雷达)。

测试步骤参见 2.2.5 测试步骤 (雷达) 章节。

步骤 11 BLE/SLE 开始测试。

1. 下发使能 BLE 命令

AT+BLEENABLE

2. 注册 BLE 回调

AT+BLEFACCALLBACK

步骤 12 在步骤 10 基础上,进行频偏校准(当进行了步骤 5,则跳过本步骤)。

1. 下发常发命令,设置为 2442M 频点、255 包长度、PRBS9 包类型、1M phy。 AT+BLETX=20,255,0,1

具体参数请参见"2.3 测试命令"小节中的 BLE 常发命令。

2. PC 装备从仪表端读取频偏值,然后根据频偏测试情况,决定是否下发调整晶振负载电容的指令。频偏上偏时,增大电容值,频偏下偏时,减少电容值。当频偏在[-

10ppm, 10ppm]范围以外时,使用二分法调用频偏粗调命令进行频率调整。当频偏值达到[-10ppm, 10ppm]以内,或者粗调值到达边界(0或 15),则开始细调。

3. 粗调后,继续从仪表端读取频偏值,当频偏在[-5ppm,5ppm]范围以外时,使用二分法调用频偏细调命令进行频率调整。当达到[-5ppm,5ppm]以内,停止调整,校准成功;当细调值达到边界值(0或127),而频偏仍然没达到[-5ppm,5ppm]以内,则判定校准失败。频偏电容设置命令如下:

AT+XOTRIM=<coarse>,<fine>

参数说明如下:

- coarse: 频偏粗调值, 取值范围: 0~15。

- fine: 频偏细调值, 取值范围: 0~127。

参数请参见"2.3 测试命令"小节中的频偏校准命令。

4. 校准步骤完成后,执行关闭常发,命令如下:

AT+BLETRXEND

5. 读取芯片温度,命令如下:

AT+READTEMP

步骤 13 在步骤 10 的基础上,开始 BLE/SLE 功率校准。

□ 说明

此处功率校只支持校准 1 个信道,不支持校准多个信道,要求在 2442MHz 频点常发进行校准。 BLE/SLE 功率档位有 8 个,分别为 0~7 档,对应发送功率为: -6dBm、-2dBm、2dBm、6dBm、10dBm、14dBm、16dBm、20dBm。通过 NV 可以配置最高档位:

- NV 配置为 4、5、6、7 其中之一时,上电启动按 20dBm 进行校准,GFSK 调制的 8 个功率档位的发送功率分别为: -6dBm、-2dBm、2dBm、6dBm、10dBm、14dBm、16dBm、20dBm。QPSK/8PSK 调制的各档位功率比 GFSK 调制低 6dB;
- NV 配置为 0、1、2、3 其中之一时,上电启动按 6dBm 进行校准,GFSK 调制的 8 个功率 档位的发送功率分别为: -6dBm、-2dBm、2dBm、6dBm、6dBm、6dBm、6dBm、6dBm。 QPSK/8PSK 调制的各档位功率与 GFSK 调制相同;

产线校准时,目标功率设置值必须与 NV 档位对应的功率值一致,否则将校准失败,且:

- 产线校准功率档位为3(6dBm)或7(20dBm),则该档位目标功率一致性在±1.5dB;
- 产线校准功率档位不为 3 (6dBm) 或 7 (20dBm),则目标功率一致性在±1.5dB以上; 产线校准后,客户定制 NV 功率档位与产线校准时的功率档位匹配关系:
- 产线功率校准档位为 3 (6dBm) 时:
- 客户定制目标功率 10/14/16/20dBm,则不使用产线校准补偿值,只做上电校准,,目标功率 精度不保证;
- 客户定制目标功率 6dBm,则使用产线校准补偿值,做上电校准,目标功率精度在±1.5dB;

- 客户定制目标功率-6/-2/2dBm,则使用产线校准补偿值,做上电校准,目标功率精度在±2dB。
- 产线功率校准档位为 7 (20dBm) 时:
- 客户定制目标功率 10/14/16dBm,则使用产线校准补偿值,做上电校准,,目标功率精度在± 2dB:
- 客户定制目标功率 20dBm,则使用产线校准补偿值,做上电校准,目标功率精度在±1.5dB;
- 客户定制目标功率-6/-2/2/6dBm,则不使用产线校准补偿值,做上电校准,目标功率精度不保证。
- 1. 根据 NV 设定的目标功率下发命令

AT+PWRCALI=<target_pwr>,<target_pwr>

参数说明:

- · target pwr: 目标功率,单位 0.1dBm,务必与固件 NV 设置的目标功率一致。
- 2. 下发功率校准命令,消除温度影响。

AT+PWRCALI

- 3. 下发常发命令,设置为 2442M 频点、255 包长度、PRBS9 包类型、1M phy。 AT+BLETX=20,255,0,1
- 4. 仪表读取功率值,实测功率与设定功率差值在[-1,+1]dBm 内,则免校准;否则将目标功率和实测功率下发,计算补偿值,命令如下:

AT+PWRCALI=<target_pwr>,<msr_pwr>

参数说明:

- target pwr: 目标功率,单位 0.1dBm,取值范围 0~300。
- msr pwr: 实测功率,单位 0.1dBm,取值范围 0~300。

参数请参见"2.3测试命令"小节中的下发实测功率命令。

5. 关闭常发,命令如下:

AT+BLETRXEND

6. 读取放大系数和补偿值,命令如下(可选):

AT+PWRCALI?

7. 应用功率校准补偿值,命令如下:

AT+PWRCALI

8. 开启 BLE 常发,验证功率校准补偿结果,命令如下:

AT+BLETX=20.255.0.1

参数请参见"2.3 测试命令"小节中的 BLE 常发命令。

9. 仪器读取功率,验证是否达到目标,关闭 BLE 常发,命令如下:

AT+BLETRXEND

步骤 14 在步骤 10 的基础上, 进行 BLE 常发测试。

1. 下发 BLE 软复位命令:

AT+BLERST

2. 下发 BLE 常发命令, 命令格式如下:

AT+BLETX=<channel>,<data_len>,<payload_type>,<phy>

参数请参见"2.3 测试命令"小节中的 BLE 常发命令。

3. 测试完成后,执行关闭发送,命令如下:

AT+BLETRXEND

步骤 15 在步骤 10 的基础上,进行 BLE 常收测试。

1. 下发 BLE 软复位命令:

AT+BLERST

2. 下发 BLE 常收命令格式如下:

AT+BLERX=<chnl>,<phy>,<modulation>

参数请参见"2.3 测试命令"小节中的 BLE 常收命令。

- 3. 仪器以测试点功率发送,通过产测软件在串口获取收包数并计算 per, per 小于 30.8%,则通过测试。
- 4. 测试完成后, 执行关闭常收, 命令如下:

AT+BLETRXEND

步骤 16 开始 SLE 测试,设置 SLE 测试的前置条件。

1. 下发使能 SLE 命令。

AT+SLEENABLE

2. 注册 SLE 回调

AT+SLEFACCALLBACK

步骤 17 在步骤 15 的基础上,开始 SLE 常发测试。

1. 下发 SLE 软复位命令:

AT+SLERST

2. 下发 SLE 常发命令,命令格式如下:

AT+SLETX=<channel>,<tx_power>,<data_len>,<payload_type>,<phy>,<format>,<rate>,<pilot_ratio>,<polar>,<interval>

参数请参见"2.3 测试命令"小节中的 SLE 常发命令。

3. 测试完成后,执行关闭发送,命令如下: AT+SLETRXEND

步骤 18 在步骤 15 的基础上,开始 SLE 常收测试。

1. 下发 SLE 软复位命令:

AT+SLERST

2. 下发 SLE 常收命令, 命令格式如下:

AT+SLERX=<channel>,<phy>,<format>,<pilot ratio>,<interval>

参数请参见"2.3 测试命令"小节中的 SLE 常收命令。

3. 测试完成后,执行关闭发送,命令如下:

AT+SLETRXEND

步骤 19 校准参数写入 eFuse 方式请参见 "2.2.3 eFuse 写入"小节。

步骤 20 测试完成,下电,更换模组。

----结束

2.2.3 eFuse 写入

产测自动化程序可以通过下面命令将校准数据(温度,MAC 地址,频率偏移,功率偏移)写入 eFuse,写入之前需完成上面校准操作,且单板未断电。

须知

WS63 校准数据只有 3 次写入机会。MAC 地址有 4 次写入到 eFuse 的机会, SLE MAC 有 1 次写入到 eFuse 的机会。

1. 频率校正码值写入 eFuse 的命令如下:

AT+EFUSEXOTRIM

说明: 频率校正码值和功率参数缺省会自动写入,参数值来源于内部寄存器。

2. 温度信息写入 eFuse 的命令如下:

AT+EFUSETEMP=temp

3. 功率信息写入 eFuse 的命令如下:

AT+EFUSEPOWER

说明: 功率需写入 8 个参数,命令不需要添加参数,功率偏移参数缺省会自动写入。

4. RSSI 校准信息写入 eFuse 的命令如下:

AT+EFUSERSSI=<values1>,<values2>,<value3>

参数说明如下:

- <value1~3>: RSSI 偏移值,范围-15~+15,单位 1dBm
- 5. BLE/SLE eFuse 命令
 - a. 频偏 eFuse 写入 (WiFi 产线校准未做频偏时使用)。

AT+XOEFUSE

b. 温度 eFuse 写入 (WiFi 产线校准未做频偏时使用)。

AT+TEMPEFUSE=<temp>

参数说明:

■ temp: 温度,单位°C,取值范围-40~120。

参数请参见 "2.3 测试命令" 小节中的温度写 eFuse 命令。

□ 说明

若 wifi 进行频偏校准,并写了频偏和温度 efuse,则 BLE/SLE 不写。

c. 将 BLE/SLE 功率校准补偿值写入 eFuse。

AT+PWRCALIEFUSE

□ 说明

BLE/SLE 功率校准补偿值在计算时,bit0 作为标志位,计算所得结果与 0xFFFE 进行与运算,根据 efuse 写入次数判断 bit0 是否写 1。因此在回读校验时,bit0 不作为比较范围,需将 efuse 回读值和比较值同时与 0xFFFE 进行与运算后再进行比较。

6. WiFi MAC 地址信息写入 eFuse 的命令示例如下:

AT+EFUSEMAC=<mac>,0

注意:写 wifi 的四组 mac,最多四次,以最后一次生效,WiFi 以及 BLE MAC 规则请参考"2.3 测试命令"小节对应命令解析。

7. SLE MAC 地址写入 eFuse 的命令示例如下:

AT+EFUSEMAC=<mac>,2

注意:写 SLE MAC 地址,只有一组。

8. 所有校准数据写入 eFuse 后,该模组校准结束之前,写产测标志位,命令如下: AT+MFGFLAG

2.2.4 产测测试流程图(雷达)

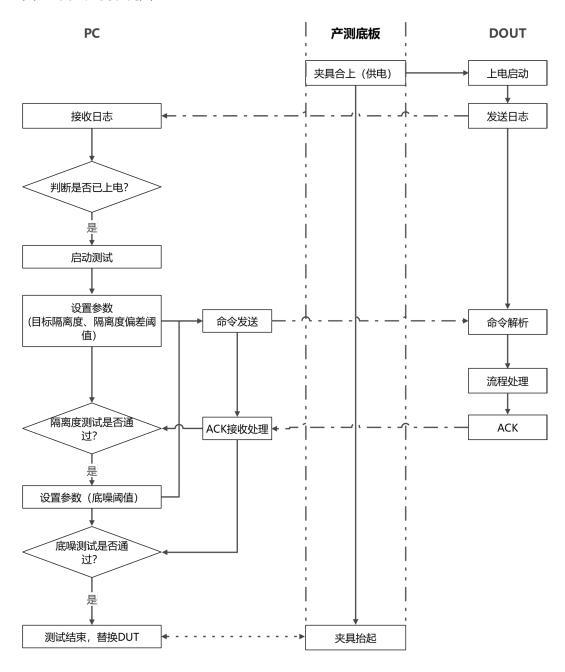
🗀 说明

WS63E 芯片支持雷达,WS63 芯片不支持雷达。

使用 WS63E 芯片且需要用到雷达功能的模组需要进行该雷达产测,在产测流程中执行雷达产测命令。

雷达测试流程实现示例如图 2-2 所示。

图2-2 雷达产测示例图



2.2.5 测试步骤 (雷达)

□说明

- 1. 雷达产测支持最多 2 个模组在屏蔽箱内同时测试, 但要求不同模组的间距 >30cm。
- 2. 雷达产测依赖于 WIFI 产测的部分结果,故**雷达产测必须放在 WIFI 产测之后进行。**

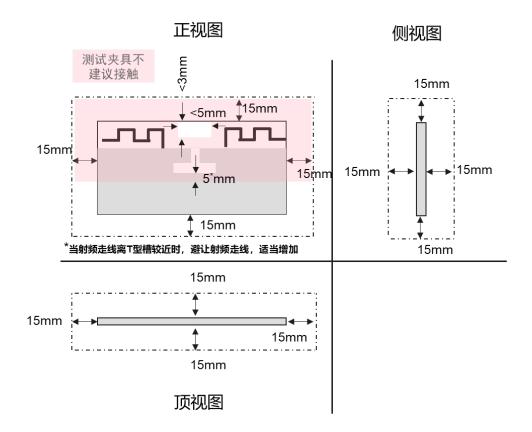
雷达天线设计区分板载天线和外置天线两种方案,其中外接天线方案又包括模组产测 和整机产测两个部分,以下内容分别予以说明。

1. 板载天线方案

须知

- 1. 使用板载天线方案的模组,整机组装产线建议进行隔离度的抽检,整机产测步骤参考 2-外置天线方案内容。
- 2. 雷达产测环境必须满足模组天线净空要求:模组天线前后左右各至少 15mm 净空, 且测试夹具不建议接触下图红色区域。示意图如图 2-3 所示。
- 3. 产测时屏蔽箱内不建议有除箱体本身以外的其他铁、铝合金等材质,可能会对雷达隔离度产生严重影响。

图2-3 雷达天线净空要求



步骤 1 雷达产测参数获取

方法一: 手动测试。在大批量测试之前,需要完全参考正式雷达产测环境,在屏蔽箱内手动对 30~50 块单板进行隔离度和底噪的测试,获取目标隔离度值 target_iso、隔离度偏差阈值 iso_win 和底噪阈值 noise_thres。这 3 个参数将作为判断后续大规模雷达产测是否合格的标准,测试步骤参考步骤 4~步骤 7。

1. 隔离度手动测试。

- a. 手动进行隔离度产测,发送 AT+RADARTESTISO=<target_iso>,<iso_win>时,AT 命令的参数可先按照默认值 target_iso=20,iso_win=5 进行配置。手动测试时不用关注反映该次隔离度产测成功与否的 ACK 信息。
- b. 读取记录串口打印的隔离度均值 ISO_MEAN 和隔离度偏差值 ISO_BIAS, 串口打印格式如下:

[RADAR MFG]: ISO MEAN: 数值, ISO BAIS: 数值。

- c. 复位,替换单板,开始下一次手动测试。
- d. 目标隔离度值 target iso、隔离度偏差阈值 iso win 计算方式:

target iso: 所有手动测试记录的 ISO MEAN 的均值。

iso_win: 所有手动测试记录的 ISO_MEAN 最大值 - ISO_MEAN 最小值 +ISO_BAIS 最大值。

□ 说明

雷达隔离度上报结果应符合天线设计预期,典型值为 20≤ISO≤32, 手动测试得到的隔离度指标与该范围差异不应该过大。

2. 底噪手动测试

- a. 手动进行底噪测试,发送 AT+RADARTESTNOISE=<noise_thres>时,AT 命令的参数可先按照默认值 noise_thres=20 进行配置。手动测试时不用关注反映该次底噪产测成功与否的 ACK 信息。
- b. 读取记录串口打印的底噪极值,串口打印格式如下: [RADAR MFG]:MAX NOISE0:数值, MAX NOISE1:数值。
- c. 复位,替换单板,开始下一次手动测试。
- d. 目标底噪阈值参数计算方式:

noise thres: 所有手动测试记录的 MAX NOISE0 的均值+20。

方法二:金机标准法。使用此前批次已经验证通过的模组,对当前批次产测环境进行 检测校准,判断测试环境是否符合预期,如果符合预期,则直接使用生产金机模组时 对应的参数即可;如果不符合预期,则需重新对产线环境进行校准。

● 金机选择方法:

- a. 从已经确认符合预期的批次中,挑选 5 块隔离度和底噪测试均通过的模组。
- b. 针对这 5 块模组,分别进行雷达**存在档位**性能验证:

模组 1.5m 高度放置,天线朝向被测试方向,同时保证天线净空前后左右 15mm。

被测试人员在距离模组正面且水平距离 6m 的位置前后±30cm 踱步,查看存在档位是否正常触发。

3. 从 2 中挑选 3 块能稳定触发存在档的模组,记录金机所在批次产测时对应的隔离度参数(target iso, iso win)和底噪参数(noise thres)。

□ 说明

金机记录的隔离度 target iso 必须符合天线设计预期,典型值为 20≤ISO≤32。

● 金机产线校准方法:

使用保留好的其中 1 块金机和产测参数,使用新产线的产测环境进行雷达隔离度测试,反复测试 5 次,记录隔离度的 ISO_MEAN,将 ISO_MEAN 的均值与金机所在批次的 target_iso 进行比较:

- a. 如果 ISO_MEAN 的均值与 target_iso 的差值在±5 以内(包含 5),则新产 线的 target_iso 参数直接使用 ISO_MEAN 的均值。
- b. 如果 ISO_MEAN 的均值与 target_iso 的差值在±5 以外,则需要对新产线环境进行校准(夹具、线损等),直到 ISO_MEAN 的均值满足 1 中所描述的要求为止。
- 新产线最终的雷达产测参数分别配置如下:
 - a. 隔离度产测: target_iso: 第 2 点中校准得到的结果。iso_win: 沿用金机所在批次的记录值。
 - b. 底噪产测: noise thres: 沿用金机所在批次的记录值。

步骤 2 将模组放入屏蔽箱内的夹具,并上电。

步骤 3 PC 接收 DUT 的日志并判断是否已经上电。如果检测已上电完成,进行下一步。

步骤 4 进入命令行,开始测试。

步骤 5 进行雷达隔离度测试。

1. 发送隔离度测试 AT 命令, 命令如下:

AT+RADARTESTISO=<target iso>,<iso win>

参数说明: target_iso 为步骤 1 中手动测试得到的目标隔离度值,取值范围为[0,40], 默认是 20,具体以实测为准;

iso_win 为隔离度允许最大偏差值,取值范围为[0, 20],默认是 3,具体以实测为准。

2. 读取 ACK 信息。

测试通过:打印 [RADAR_MFG]: ISO OK

测试失败: 打印 [RADAR MFG]: ISO FAIL

3. 结束雷达隔离度测试。

步骤 6 进行雷达底噪测试

1. 发送雷达底噪测试 AT 命令, 命令如下:

AT+RADARTESTNOISE=<noise thres>

参数说明: noise_thres 为步骤 1 中手动测得的底噪阈值,取值范围为[0, 40],默认为 20, 具体以实测为准。

2. 读取串口打印的测试结果。

测试通过:会首先打印 MAX_NOISE0:数值, MAX_NOISE1:数值,其后会打印 [RADAR_MFG]: NOISE OK

测试异常值失败:会首先打印 MAX_NOISE0:数值, MAX_NOISE1:数值,其后会打印 [RADAR_MFG]:NOISE FAIL

测试超时失败:会直接打印 [RADAR_MFG]: NOISE FAIL

3. 结束雷达底噪测试。

步骤 7 雷达产测结束, 替换 DUT。

----结束

2. 外置天线方案

外置天线方案下的产测测试流程与板载天线基本一致,存在部分细节上的差异如下:

模组产线产测:

- 1. 外置天线方案的模组产测必须在屏蔽箱内进行,隔离度和底噪测试均需要进行。
- 2. 确保 RFIO 正常连接板载天线,模组置于非导电平面上,避免短路。
- 3. RFI 对应天线接头连接 50Ω终止端子。

具体测试步骤同上述板载天线测试步骤。

须知

模组产线上无法对天线性能进行验证,仅限于对模组到连接器之前的通路进行验证,整机测试需保证隔离度测试用例通过。

整机组装产测:

- 1. 外置天线方案要求每台整机都进行隔离度测试,整机不需要进行底噪测试。
- 2. 隔离度获取接口已提供(uapi_radar_get_isolation(),参见章节 6.1.2),需要上层软件开发校验隔离度的逻辑

具体测试步骤如下:

步骤 1 **方法一: 手动测试**。在大批量测试之前,需要完全参考正式整机产测环境,手动对 30~50 个整机进行隔离度测试,获取目标隔离度值 target_iso、隔离度偏差阈值 iso_win。这 2 个参数将作为判断后续大规模整机雷达产测是否合格的标准。

隔离度手动测试方案:

- 1. 整机上电,启动雷达,上层软件调用隔离度获取接口 uapi_radar_get_isolation(),记录上报的隔离度值 iso_value。
- 2. 复位,替换整机,开始下一次手动测试。
- 3. 目标隔离度值 target_iso、隔离度偏差阈值 iso_win 计算方式:

target iso: 所有手动测试记录的 iso value 的均值。

iso_win: 所有手动测试记录的 ISO_MEAN 最大值 - ISO_MEAN 最小值 +ISO_BAIS 最大值。

4. 产线自动化隔离度测试方案,需要上层软件编写程序进行判断,编程实例如下所示:

```
void radar_iso_test(void)
{
    uint16_t iso;
    uapi_radar_get_isolation(&iso);
    if (abs(target_iso - iso) <= iso_win) {
        PRINT("[RADAR_MFG]: ISO OK\r\n");
    } else {
        PRINT("[RADAR_MFG]: ISO FAIL\r\n");
    }
}</pre>
```

方法二:金机标准法。使用此前批次已经验证通过的模组,对当前批次产测环境进行 检测校准,判断测试环境是否符合预期,如果符合预期,则直接使用生产金机模组时 对应的参数即可;如果不符合预期,则需重新对产线环境进行校准。

- 金机选择方法:
 - a. 从已经确认符合预期的批次中,挑选 5块隔离度和底噪测试均通过的模组。
 - 模组 1.5m 高度放置,天线朝向被测试方向,同时保证天线净空前后左右
 - 被测试人员在距离模组正面且水平距离 6m 的位置前后±30cm 踱步,查看存在档位是否正常触发。
 - c. 从步骤 2 中挑选 3 块能稳定触发存在档的模组,记录金机所在批次产测时对应的隔离度参数(target_iso, iso_win)和底噪参数(noise_thres)。

2024-10-30 27

b. 针对这 5 块模组,分别进行雷达**存在档位**性能验证:

□ 说明

金机记录的隔离度 target_iso 必须符合天线设计预期,典型值为 20≤ISO≤32。

● 金机产线校准方法:

使用保留好的其中 1 块金机和产测参数,使用新产线的产测环境进行雷达隔离度测试,反复测试 5 次,记录隔离度的 ISO_MEAN,将 ISO_MEAN 的均值与金机所在批次的 target_iso 进行比较:

- a. 如果 ISO_MEAN 的均值与 target_iso 的差值在±5 以内(包含 5),则新产 线的 target_iso 参数直接使用 ISO_MEAN 的均值。
- b. 如果 ISO_MEAN 的均值与 target_iso 的差值在±5 以外,则需要对新产线环境进行校准(夹具、线损等),直到 ISO_MEAN 的均值满足 1 中所描述的要求为止。
- 新产线最终的雷达产测参数分别配置如下:
 - a. 隔离度产测: target_iso: 第 2 点中校准得到的结果。iso_win: 沿用金机所在批次的记录值。
 - b. 底噪产测: noise_thres: 沿用金机所在批次的记录值。

----结束

步骤 1 整机上电,PC 接收 DUT 的日志并判断是否已经上电。如果检测已上电完成,进行下一步。

步骤 2 上层软件调用步骤一中编写的隔离度校验函数, 查看返回结果。

步骤 3 读取 ACK 信息。

测试通过: 打印 [RADAR_MFG]: ISO OK

测试失败: 打印 [RADAR_MFG]: ISO FAIL

步骤 4 雷达整机产测结束,替换 DUT。

----结束

2.2.6 切换产测 bin 到业务 bin

产测完成后,在产测模式下发"AT+FTM=0"命令,重启后模组由产测模式切换到业务模式。在业务模式不可重新回到产测模式。

产测完成,切到业务模式后,需复位模组 (命令: AT+RST,或断电重启),检查能否正常启动。

2.3 测试命令

表2-2 测试命令

序号	测试命令	命令说明
1	初始化 wifi	AT+STARTSTA • 响应 OK 或 ERROR
2	常发命令	1. 配置协议模式 AT+CCPRIV=wlan0,mode, <mode></mode>

测试命令	命令说明
	<pre><pre><pre><pre>orotocol_mode>: 协议类型</pre></pre></pre></pre>
	0: 802.11n
	1: 802.11g
	2: 802.11b
	3: 802.11ax
	5: 11n 40plus,设置信道为 5,中心频点信道为 7 信 道,仪器测试需要设置为信道 7。
	6: 11n 40minus
	<bu> <br <="" th=""/></br></bu>
	20: 20MHz 带宽
	40: 40MHz 带宽
	<chn>: 信道号,取值范围 1 ~ 14</chn>
	4. 配置固定\自动速率
	• 命令格式
	AT+TRC= <val></val>
	● 参数说明
	0: 固定速率, 1: 自动速率
	5. 配置常发速率
	• 命令格式
	AT+SETRATE= <rate></rate>
	• 响应
	OK 或 ERROR
	参数说明:参数说明见"2.5 常发固定速率表",例如: 36 表示 11n, 20MHz 频宽,mcs4
	6. 开启常发 (功率校准时需要配置 tpc_code,以指定功率 常发需要添加此命令,不配置不需要)
	• 命令格式
	AT+CCPRIV=wlan0,al_tx_ccpriv, <flag>,<payload>,<len>,<tpc_cod e=""></tpc_cod></len></payload></flag>
	• 响应
	OK 或 ERROR
	测试命令

序号	测试命令	命令说明	
		● 参数说明 <flag>: 0: 关闭常发 1: 打开常发 <payload>: 0: 全 0 1: 全 1 2: 全 1010 3: 随机值 <len>: payload 长度: 0-4000 <tpc_code> (可选参数): 11g/n/ax 是 0~73, 11b 是 74~146, tpc_code 越小, 功率越大, 初始值 23dBm, 每档下调 0.5dBm;255 表示使用功率表中的 功率值 TPC code, 与配置功率的对应关系为:TPC code = (23dBm-配置功率) ×2。 11b 的档位计算为: 11b 的档位= (23dBm-配置功率) ×2+74。 <duty_ratio> (可选参数): 常发占空比, 取值范围 1~10, 分别对应占空比 10%~100%, 缺省值为 7, 对 应占空比 70%</duty_ratio></tpc_code></len></payload></flag>	
3	常收命令	1. 关闭常收	

序号	测试命令	命令说明
		OK 或 ERROR
		◆ 参数说明
		- <flag>:</flag>
		0: 关闭常收
		1: 开启常收
		2: 修改速率 (修改为广播)
		- <协议模式>:
		0: 11n2g20
		1: 11g2g20
		2: 11b
		3: 11ax2g20
		5: 11n2g40
		- <带宽>:
		20: 20M
		40: 40M
		- <freq>: 频点,信道号,2.4G 为 1~14.</freq>
		只有 11b 有信道 14
		- <mac 帧过滤=""></mac>
		MAC 地址过滤使能开关
		0: 关闭 (默认)
		1: 打开
		3. 查询接收包数统计
		• 命令格式
		AT+RXINFO
		● 响应 +RXINFO::rx succ num[mpdu,ampdu]:[45713,975] fail num:47959
		rssi:-69
		● 示例
		说明:接收成功 45713 个 MPDU 报文、975 个 AMPDU 报文,接收失败 47959 个报文。

序号	测试命令	命令说明
		• 注意事项 在设置常收命令后执行查询,在 Host 侧查看打印结 果。
4	将 MAC 值写 入 eFUSE	AT+EFUSEMAC= AT+EFUSEMAC? • 响应 OK 或 ERROR • 参数说明: mac: 例如 00:22:33:44:55:cc type: 写入类型 (可选,默认为 0) 0: 写 mac 到 eFuse 1: 写 mac 到 nvram 2: 写 SLE mac 到 eFuse 查询命令说明: 优先从 nvram 读取,如果无效,则从 eFUSE 读取 MAC 地址返回 注意: 1. 每块单板有 4 次写入 eFUSE 的机会 (SLE 的 MAC 只有一次写入机会)。 nvram 的 MAC 地址配置优先级更高,会覆盖 eFUSE 的 MAC 配置。 2. 不支持组播 MAC 地址写入。以 01:XX:XX:XX:XX:XX MAC 地址为例,字节 01 的 bit0 为 1 表示组播,反之bit0 为 0 表示单播。 3. 系统启动时会优先从 NV 中获取 mac, NV 获取失败或者获取 mac 地址全 0,则会继续从 efuse 中获取最后一次写入的 mac 地址,如果获取失败,或者 efuse mac 未写入,则会产生一个随机 mac 地址作为基础 mac 地址。业务启动时 sta 直接使用基础 mac 地址作为基础 mac 地址,softAP 使用基础 mac 地址次高位 mac 加 1 之后派生的 mac 地址、假设基础 mac 为 00:22:33:44:55:66,则业务启动后 sta mac 地址为 00:22:33:44:55:66,softap

序号	测试命令	命令说明
		mac 地址为 00:22:33:44:57:66,BLE mac 为 00:22:33:44:55:67。
		示例:
		AT+EFUSEMAC? #查询
		+EFUSEMAC:00:00:00:00:00:00 #eFuse 和 NV 均未写过有效 MAC 地址 +EFUSEMAC:Efuse mac chance(s) left:3 times. #提示 eFUSE 还能 写几次 MAC 地址,仅当 NV 未配置有效 MAC 地址时显示 OK AT+EFUSEMAC=50:21:00:33:02:49,1 #写入 MAC 地址到 NV OK AT+EFUSEMAC? #回读查询 +EFUSEMAC: EFUSE MAC 00:22:33:44:55:cc +EFUSEMAC: Efuse mac chance(s) left: 0 times. +EFUSEMAC: EFUSE SLE MAC 00:22:33:44:55:44 OK
5	频偏 设置粗 调校正码值	 命令格式 AT+COARSE=<value></value> 响应 OK 或 ERROR 参数说明 value>: 调校正码值,范围: 0~15
6	频偏 设置细 调校正码值	 命令格式 AT+FINE=<value> 参数说明 <value>: 调校正码值,范围: 0~127 </value></value>
7	获取芯片温 度	 命令格式 AT+TEMP 响应 OK 或 ERROR temperature 47 命令格式 AT+RDTEMP 响应

序号	测试命令	命令说明
		OK 或 ERROR +RDTEMP: 47
8	校正码值回 读	命令格式 AT+XOTRIME?响应 OK 或 ERROR
9	设定功率放大系数	 命令格式 AT+FACTOR=<flag>,[value1],[value2],[value3]</flag> 参数说明 - <flag>: 0: 使用 ini 默认值,后面参数不解析。 1: 设置高功率放大系数。 2: 设置低功率放大系数。 - <value>: 取值范围 0~31</value></flag> 设置默认放大系数 - 命令格式 AT+FACTOR=0 查询当前放大系数 - 命令格式 AT+FACTOR? 响应
10	功率曲线	OK或ERROR • 设置高功率补偿参数: - 命令格式 AT+HIGHCURVE= <flag>,[value1][value9] • 设置低功率补偿参数: - 命令格式 AT+LOWCURVE=<flag>,[value1][value9] • 参数说明 - <flag>:</flag></flag></flag>

序号	测试命令	命令说明
		0:使用默认值。 1:使用后面的 9 个参数。 - <value>: 取值范围: -32768~32767 • 响应 OK或ERROR • 读取功率曲线 - 命令格式 AT+HIGHCURVE? AT+LOWCURVE? • 响应 OK或ERROR AT+HIGHCURVE? OK 21 302-392-620 630-299-543 571-261 OK AT+LOWCURVE? OK 21 302-392-620 630-299-543 571-261 OK AT+LOWCURVE? OK 21 302-392-620 630-299-543 571-261 OK</value>
11	设定目标功率	 命令格式:

序号	测试命令	命令说明
12	设置实际功 率	 命令格式: AT+CALIPOWER=<value1>,<value2> 响应 OK 或 ERROR 参数说明 - <value>: 目标功率值,单位 0.1dBm。 value1:高功率(大于或等于 15dBm)测试设置的目标发射功率。 value2:低功率(小于 15dBm)测试设置的目标发射功率。 - 参数范围: 0~300</value></value2></value1>
13	获取 rssi	 命令格式: AT+RXINFO 响应 OK 或 ERROR +RXINFO::rx succ num[mpdu,ampdu]:[0,0] fail num:0 rssi:100 mac mpdu[0,0] ampdu[0,0] phy dotb[0,0] ht[0,0] vht[0,0] lega[0,0] OK OK
14	设置 rssi 偏 移	 可选: 命令格式: AT+RSSICOMP=<channel>,<offset> </offset></channel> 响应 OK 或 ERROR 参数说明 - <channel>: 信道号 2.4G, 参数范围 1~14。 - <offset>: 最大范围±15, 单位 1dB, 同信道多次校准 时表示相对目标功率调整的累加值。 </offset></channel>
15	获取 rssi 偏 移	● 命令格式: AT+GETRSSICOMP= <channel> ● 响应 OK 或 ERROR</channel>

序号	测试命令	命令说明
		参数说明 - <channel>: 信道号 2.4G,参数范围 1~14。 注意: channel 需要和当前常发命令配置的参数一致。 -</channel>
16	eFuse 频偏 校正码值	写入 eFuse 频偏校正码值 • 命令格式 AT+EFUSEXOTRIM • 响应 OK 或 ERROR 读取 eFuse 频偏校正码值 • 命令格式 AT+EFUSEXOTRIM? • 响应 OK 或 ERROR cmu_xo_trim_coarse = 8 cmu_xo_trim_fine= 64
17	efuse 温度	 写入 eFuse 温度 命令格式 AT+EFUSETEMP=<value> 参数说明: value 取值范围 -40~120 读取 eFuse 温度</value> 命令格式 AT+EFUSETEMP? 响应 OK temperature 0 说明 输出为温度转换后的温度档位信息,数据输出为温度档位,数据范围为 0~15。温度涵盖范围-40°C~+120°C,每10°C为 1 档,共 16 档。计算方法: 输出温度档位值=(写入 eFuse 温度+40) /10。
18	eFuse 功率 校准信息	功率校准参数写入 eFuse

序号	测试命令	命令说明
		 命令格式 MITHEFUSEPOWER 响应 OK 或 ERROR 读取 eFuse 功率校准参数 命令格式 ATHEFUSEPOWER? 响应
		0 0 -135 -58 -299 -51 -261 -50 OK 或 ERROR
19	eFuse RSSI 校准信息	写 eFuse RSSI 校准信息 • 命令格式 AT+EFUSERSSI= <value1>,<value2>,<value3> • 响应 OK 或 ERROR 读 eFuse RSSI 校准信息 • 命令格式 AT+EFUSERSSI? • 响应 OK 或 ERROR AT+EFUSERSSI?</value3></value2></value1>
20	查询产测 eFuse 所有 数据	 查询当前生效所有的校准数据: AT+RCALDATA 返回实例: OK Group left count: 2 Power Calibration Param: Curve_factor, 0 0 11b_constant_offset: 0 0 ofdm_20M_constant_offset: 0 0 ofdm_40M_constant_offset: 0 0 Temp: 0 Freq Calibration Param: 0 0

序号	测试命令	命令说明
		Rssi Calibration Param: 0 0 0 Mac Addr: 00:00:00:00:00
21	复位单板	• 复位单板命令格式:
		AT+RST
22	切换到产测/	• 切换到业务模式命令格式:
	业务模式 	AT+FTM=0
	/擦除产测镜	• 查询当前模式命令格式:
	像	AT+FTM=?
		● 响应
		OK 或 ERROR
		factory mode 或者 non_factory mode
		• 擦除产测镜像命令格式:
		AT+FTMERASE
		● 响应
		OK 或 ERROR
		+FTMERASE:erase addr:0x, size:0x OK.
24	GPIO 相关	设置 IO 工作模式
		• 命令格式
		AT+SETIOMODE= <id>,<mode>,<pull>,<ds></ds></pull></mode></id>
		• 参数说明
		id: 0~14
		mode: 0~7
		pull: 0~7
		ds: 0~3
		查询 IO 工作模式
		命令格式
		AT+GETIOMODE= <id></id>
		设置 GPIO 工作为输入或输出
		• 命令格式
		AT+GPIODIR= <id>,<dir></dir></id>
		• 参数说明

序号	测试命令	命令说明
		id: 0~14 dir: 0: 输入, 1: 输出 设置 GPIO 的电平状态 • 命令格式
		AT+WTGPIO= <id>,<level> 参数说明 id: 0~14 level: 0: 低电平, 1: 高电平 读取 GPIO 的电平状态</level></id>
		 命令格式 AT+RDGPIO=<id> 参数说明 id: 0~14 </id>
25	使能 BLE	 命令格式 AT+BLEENABLE 响应 OK 或 ERROR 说明 在进行 BLE 测试和产线校准前,先运行本条命令,开启 BLE 协议栈。
26	注册 BLE event 回调	 命令格式 AT+BLEFACCALLBACK 响应 OK 或 ERROR 说明 在进行 BLE 测试和 BLE/SLE 产线校准前,先运行本条命令,注册消息回显。
27	BLE 常发	命令格式 AT+BLETX=<channel>,<data_len>,<payload_type>,<phy></phy></payload_type></data_len></channel>参数说明

序号	测试命令	命令说明
		- channel: 0~39, 对应 BLE 的 40 个 channel。 - data_len: 37~255, 表示发送测试包的长度,单位: Byte。 - payload_type: 0~7, 表示发送测试包携带的内容。 0: PRBS9 1: '11110000' 2: '10101010' 3: PRBS15 4: '11111111' 5: '00000000' 6: '00001111' 7: '01010101' - phy: 表示发送测试包使用的物理调试链路。 1: LE 1MPhy 2: LE 2MPhy 3: LE CodedPhy (S=8) 4: LE CodedPhy (S=2) • 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0表示成功,其他值表示错误。</value>
28	BLE 常收	 命令格式 AT+BLERX=<channel>,<phy>,<modulation></modulation></phy></channel> 参数说明 channel: 0~39, 对应 BLE 的 40 个 channel。 phy: 监听的物理调试链路。 1: LE 1MPhy 2: LE 2MPhy 3: LE CodedPhy

序号	测试命令	命令说明
		- modulation: 0: standard 1: stable (不支持) • 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0 表示成功, 其他值表示错误。</value>
29	结束 BLE 常发/常收	 命令格式 AT+BLETRXEND 响应 OK status: <value1>, num_packets: <value2> - value1: 返回状态, 0表示成功, 其他值表示错误; - value2: 收包数, 16 进制表示, 仅在结束 BLE 常收时有效。</value2></value1>
30	BLE Reset	 命令格式 AT+BLERST 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0 表示成功, 其他值表示错误。</value>
31	设置频偏校 准码值	 命令格式 AT+XOTRIM=<coarse>,<fine></fine></coarse> 参数说明 - coarse: 0~15, 频偏粗调码值。 - fine: 0~127, 频偏细调码值。 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0 表示成功, 其他值表示错误。</value>

序号	测试命令	命令说明
32	读取频偏校 准码值	 命令格式 AT+XOTRIM? 响应 OK status: <value1>, sel: <value2>, coarse: <value3>, fine: <value4> - value1: status, 返回状态, 0 表示成功, 其他值表示错误;</value4></value3></value2></value1> value2: sel, 频偏电容控制的选择, bit0 表示粗调, bit1 表示细调, 这里可以不关注; value3: coarse, 频偏粗调码值, 16 进制表示; value4: fine, 频偏细调码值, 16 进制表示。
33	频偏校准 eFuse 写入	 命令格式 AT+XOEFUSE 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0 表示成功, 其他值表示错误。</value>
34	频偏校准 eFuse 读取	 命令格式 AT+XOEFUSE? 响应 OK status: <value1>, coarse: <value2>, fine: <value3> - value1: status, 返回状态, 0 表示成功, 3 表示该项 efuse 未写入过, 其他值表示错误; - value2: coarse, 频偏粗调码值, 16 进制表示; - value3: fine, 频偏细调码值, 16 进制表示。</value3></value2></value1>
35	读取温度	命令格式 AT+READTEMP响应 OK

序号	测试命令	命令说明
		status: <value1>, chip_temp: <value2> - value1: status, 返回状态, 0 表示成功, 3 表示该项 efuse 未写入过, 其他值表示错误; - value2: chip_temp, 读取出来的温度, 单位: 摄氏 度, 16 进制表示, 有符号数。</value2></value1>
36	温度 eFuse 写入	 命令格式 AT+TEMPEFUSE=<temp></temp> 参数说明 - temp: -40~120, 温度,单位: 摄氏度。 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0表示成功,其他值表示错误。</value>
37	温度 eFuse 读取	 命令格式 AT+TEMPEFUSE? 响应 OK status: <value1>, temp_level: <value2> - value1: status, 返回状态, 0 表示成功, 3 表示该项 efuse 未写入过, 其他值表示错误; - value2: temp_level, 温度码值, 0~15 对应-40~120℃, 每 10℃一个码值, 16 进制表示。</value2></value1>
38	下发目标和实测功率	 命令格式 AT+PWRCALI=<target_pwr>,<msrd_pwr></msrd_pwr></target_pwr> 参数说明 target_pwr: 0~300, 目标功率,单位: 0.1dBm,需与 NV 设置的目标档位功率值一致; msrd_pwr: 0~300,实测功率,单位: 0.1dBm。 响应 OK status: <value></value>

序号	测试命令	命令说明
		- value:返回状态,0表示成功,其他值表示错误。
39	读取产线功 率校准补偿 值	 命令格式 AT+PWRCALI? 响应 OK status: <value1>, curve_c_offset: <value2> - value1: status, 返回状态, 0表示成功, 其他值表示错误; - value2: curve_c_offset, 功率校准补偿值, 16进制表示, 有符号数。</value2></value1>
40	应用功率校 准补偿值	 命令格式 AT+PWRCALI 响应 OK status: <value> value: status, 返回状态, 0表示成功, 其他值表示错误; </value>
41	功率校准 eFuse 写入	 命令格式 AT+PWRCALIEFUSE 响应 OK status: <value> value: status, 返回状态, 0表示成功, 其他值表示 错误。</value>
42	功率校准 eFuse 读取	 命令格式 AT+PWRCALIEFUSE? 响应 OK status: <value1>, curve_c_offset: <value2> - value1: status, 返回状态, 0 表示成功, 3 表示该项efuse 未写入过, 其他值表示错误;</value2></value1>

序号	测试命令	命令说明
		- value2: curve_c_offset, 功率校准补偿值, 16 进制 表示,有符号数。
43	BLE/SLE 单 音命令	 命令格式 AT+BTTXLO= 参数说明 freq: 频点,取值范围: 0~78,表示 (2402+freq) Mhz。 mode: 模式和开关, 发数字 LE 1M 调制; 发 LO 单音; 255: 停止。 响应 OK status: <value1></value1> value1: 命令执行状态。 00: OK 其他: FAIL。 命令说明 单音命令,执行的前置条件是: 已经执行 AT+BLEENABLE 命令使能 BLE。SLE 单音与 BLE 单音共用。
44	使能 SLE	 命令格式 AT+SLEENABLE 响应 OK 或 ERROR 说明 在进行 SLE 测试前,先运行本条命令,开启 SLE。
45	注册 SLE event 回调	命令格式 AT+SLEFACCALLBACK响应 OK 或 ERROR

序号	测试命令	命令说明
73. 2	1X322VAP 4	说明
		在进行 SLE 测试前,在运行使能 SLE 命令后,先运行本
		条命令,注册 SLE 的消息回显回调。
46	SLE 常发	• 命令格式
		AT+SLETX= <channel>,<power>,<data_len>,<payload_type>,<ph y>,<format>,<rate>,<pilot_ratio>,<polar>,<interval></interval></polar></pilot_ratio></rate></format></ph </payload_type></data_len></power></channel>
		● 参数说明
		- channel: 0~78, 表示信道 (2402+channel) MHz。
		- power:发送功率档位。
		说明
		各档位功率,与 NV 功率档位有关。
		1. NV 功率档位大于 3
		GFSK (0~7档, dBm): -6、-2、2、6、10、14、16、20。
		QPSK/8PSK (0~7档, dBm): -12、-8、-4、0、4、8、10、14。
		2. NV 功率档位小于等于 3
		GFSK (0~7档, dBm): -6、-2、2、6、6、6、6、6。
		QPSK/8PSK (0~7档, dBm): -6、-2、2、6、6、6、6、6。
		读取 NV 功率档位命令:AT+NVREAD=0x20A0。
		- data_len: 37~255,包长度,单位: Byte。
		- payload_type: 包类型
		0: PRBS9
		1: '11110000'
		2: '10101010'
		3: PRBS15
		4: '11111111'
		5: '00000000'
		6: '00001111'
		7: '01010101'
		- phy:表示发送测试包使用的物理链路
		0: 1M PHY
		1: 2M PHY

序号	测试命令	命令说明
		4: 4M PHY
		- format: 帧格式
		0: GFSK
		2: 短帧 (short frame)
		- rate:调制方式
		0: GFSK
		2: QPSK
		3: 8PSK
		- pilot_ratio: 导频密度
		0: no
		1: 1:1
		2: 4:1
		3: 16:1
		- polar:编码方式,针对 format 取值含义不同
		0: no
		2: 3/4
		- interval: 两个 packet 之间的发送时间间隔,单位: 125μs,大小范围:4~65535。根据桢长度选择适当的参数值,当包长度为 255 时,建议填 50,即50*125=6250μs。
		● 响应
		OK
		status: <value></value>
		- value: status,返回状态,0 表示成功,其他值表示 错误。
47	SLE 常收	● 命令格式
		AT+SLERX= <channel>,<phy>,<format>,<pilot_ratio>,<interval></interval></pilot_ratio></format></phy></channel>
		参数说明
		- channel: 0~78,对应 SLE的 79个信道,频点: (2402+channel) MHz

序号	测试命令	命令说明
	Marault X	- phy: 表示发送测试包使用的物理链路
48	结束 SLE 常 发/常收	 命令格式 AT+SLETRXEND 响应 OK status: <value1>, num_packet: <value2>, rssi: <value3> - value1: status, 返回状态, 0表示成功, 其他值表示错误;</value3></value2></value1> value2: num_packet, 16进制表示。结束 SLE TX 时,表示发包数;结束 SLE RX 时,表示收包数;

序号	测试命令	命令说明
		- value3:rssi,表示接收信号强度,16 进制表示。
49	SLE Reset	 命令格式 AT+SLERST 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0 表示成功, 其他值表示错误。</value>
50	写 flash 上的客户工厂分区	 命令格式 AT+FLASHWRITE=<addr>,<len>,<len>,<ledata></ledata></len></len></addr> 响应 OK 参数说明: addr: flash 上客户工厂区 (PARTITION_CUSTOMER_FACTORY id 为 0x8)内的 偏移地址,对应的 flash 内地址范围为[0x0, 0x4000], 即最大不超过 16K。 len: 写入数据长度,参数范围: [0,0x4000]。 data: 写入数据、长度与参数 len 保持一致。 注意: (1) 该命令使用风险较大,写入地址处确认无关键数据 后再写入。 (2) 该命令只能写客户工厂区 (PARTITION_CUSTOMER_FACTORY id 为 0x8),无法写其他分区; (3) 该命令先擦除待写入区域原有内容,再写入命令中 data 内容,分区内容其他数据不变更; 示例: AT+FLASHWRITE=0x0,10,"1234abcdef"
51	油 flook しか	
	读 flash 上的客户工厂分区	命令格式AT+FLASHREAD=<addr>,<len>[,type]</len></addr>响应

序号	测试命令	命令说明
		 <data>OK</data> 参数说明: addr: 含义与 AT+FLASHWRITE 命令相同,地址范围,[0x0,0x4000]。 len: 读取数据长度,数据以字符串的形式输出。[0,0x4000] type: 可选参数 0: 以字符串输出 (默认值) 1: 十六进制输出 注意: (1) 该命令只能读取客户工厂区 (PARTITION_CUSTOMER_FACTORY id 为 0x8),无法读取其他分区; 示例: AT+FLASHREAD=0x0,10 AT+FLASHREAD=0x10,10,1
52	能	 命令格式 AT+SETUART=<id>,<param1>,<param2></param2></param1></id> 响应 OK status: <value> - value: 返回状态, 0 表示成功, 其他值表示错误</value>
53	获取晶振频 偏补偿系数	 命令格式 AT+XTALCOM 响应 OK TEMP_COMP_RANGE[<id>]: [<low>, <high>], val: [<val>] - id: 序号 - low: 补偿范围下限 - high: 补偿范围上限</val></high></low></id>

序号	测试命令	命令说明
		- val: 补偿值
54	低功耗设置	获取低功耗模式 の令格式 AT+SLP の応 AT+SLP +SLP: <mode> OK mode: 低功耗模式 设置低功耗模式 の命令格式 AT+SLP=<mode> の応 AT+SLP=<mode> の応 AT+SLP=<mode> の応 AT+SLP=<mode> のK mode: 低功耗模式</mode></mode></mode></mode></mode>
55	flash 用户工 厂区	 写入 FLASH 用户工厂区 命令格式 AT+LICENSE=<data> </data> <data>: 0102030405060708090A, 16 进制数最大支持2K 长度数据</data> 响应OK
56	产测调试模式	开启调试模式 • 命令格式 AT+CCPRIV=wlan0,set_mfg_debug_mode, <flag> • 响应 OK 或 ERROR • 参数说明 <flag>:</flag></flag>

序号	测试命令	命令说明
		0: 关闭调试模式
		1: 打开调试模式
		• 示例
		AT+CCPRIV=wlan0,set_mfg_debug_mode,1
		说明: 产线版本默认不支持频偏温补功能, 需要测试高低
		温频偏温补功能,需要配置该命令进入调试模式

2.4 测试命令(雷达)

雷达测试命令不区分板载天线和外接天线,均使用如下同一 AT 命令。整机只需要进行雷达隔离度产测,需要上层实现产测函数(参见"2.2.5 测试步骤(雷达)"中外置天线测试步骤),无需额外 AT 命令。

雷达测试命令如下:

序号	测试命令	命令说明
1	雷达隔离度测试	AT+RADARTESTISO= <target_iso>,<iso_win> 响应 OK 或 ERROR 参数说明 <target_iso>: 目标隔离度值,取值范围[0, 40]</target_iso></iso_win></target_iso>
		<iso_win>:允许的隔离度最大偏差值,取值范围[0, 20]</iso_win>
2	雷达底噪测试	AT+RADARTESTNOISE= <noise_thres> • 响应 OK 或 ERROR • 参数说明 <noise_thres>: 雷达底噪阈值,取值范围[0, 40]</noise_thres></noise_thres>

2.5 常发固定速率表

表2-3 wifi 常发固定速率表

协议模式	SETRATE 参数值
20M&11b&1 Mbps	0
20M&11b&2 Mbps	1
20M&11b&5.5 Mbps	2
20M&11b&11 Mbps	3
20M&11g&6 Mbps	27
20M&11g&9 Mbps	31
20M&11g&12 Mbps	26
20M&11g&18 Mbps	30
20M&11g&24 Mbps	25
20M&11g&36 Mbps	29
20M&11g&48 Mbps	24
20M&11g&54 Mbps	28
20M&11n&MCS0 Mbps	32
20M&11n&MCS1 Mbps	33
20M&11n&MCS2 Mbps	34
20M&11n&MCS3 Mbps	35
20M&11n&MCS4 Mbps	36
20M&11n&MCS5 Mbps	37
20M&11n&MCS6 Mbps	38
20M&11n&MCS7 Mbps	39
20M&11ax&MCS0 Mbps	64
20M&11ax&MCS1 Mbps	65
20M&11ax&MCS2 Mbps	66
20M&11ax&MCS3 Mbps	67
20M&11ax&MCS4 Mbps	68
20M&11ax&MCS5 Mbps	69
20M&11ax&MCS6 Mbps	70

协议模式	SETRATE 参数值
20M&11ax&MCS7 Mbps	71
20M&11ax&MCS8 Mbps	72
20M&11ax&MCS9 Mbps	73
40M&11n&MCS0 Mbps	160
40M&11n&MCS1 Mbps	161
40M&11n&MCS2 Mbps	162
40M&11n&MCS3 Mbps	163
40M&11n&MCS4 Mbps	164
40M&11n&MCS5 Mbps	165
40M&11n&MCS6 Mbps	166
40M&11n&MCS7 Mbps	167

3 TX/RX 测试参考

- 3.1 WiFi TX/RX 测试指标参考
- 3.2 BLE TX/RX 测试指标参考
- 3.3 SLE TX/RX 测试指标参考

3.1 WiFi TX/RX 测试指标参考

🗀 说明

WIFI 此处是屏蔽环境下芯片口典型值,数据仅供参考,根据硬件实际情况进行调试。

对于 RX 灵敏度:鉴于产线环境屏蔽效果未知,此处给的参考值为在芯片规格基础上取一定余量的值,建议实际产线 RX 灵敏度指标在协议值和下表中参考值之间选取。

表3-1 WiFi TX/RX 测试指标

协议	速率	功率 (dBm)	EVM	灵敏度
11b	1Mbps	22.0	≤-15	-97dbm
	2Mbps	22.0	≤-15	-94dbm
	5.5Mbps	22.0	≤-15	-92dbm
	11Mbps	22.0	≤-15	-89dbm
11g2g20	6Mbps	20.0	≤-7	-94dbm
	9Mbps	20.0	≤-10	-92dbm
	12Mbps	20.0	≤-12	-91dbm

协议	速率	功率 (dBm)	EVM	灵敏度
	18Mbps	20.0	≤-15	-88dbm
	24Mbps	20.0	≤-18	-85dbm
	36Mbps	20.0	≤-21	-82dbm
	48Mbps	19.0	≤-25	-78dbm
	54Mbps	18.0	≤-27	-76dbm
11n2g20	MCS0	19.0	≤-7	-93dbm
	MCS1	19.0	≤-12	-90dbm
	MCS2	19.0	≤-15	-88dbm
	MCS3	17.5	≤-18	-85dbm
	MCS4	17.5	≤-21	-81dbm
	MCS5	17.5	≤-24	-77dbm
	MCS6	17.5	≤-27	-75dbm
	MCS7	17.0	≤-28	-74dbm
11n2g40	MCS0	19.0	≤-7	-91dbm
	MCS1	19.0	≤-12	-88dbm
	MCS2	19.0	≤-15	-85dbm
	MCS3	17.5	≤-18	-82dbm
	MCS4	17.5	≤-21	-79dbm
	MCS5	17.5	≤-24	-74dbm
	MCS6	17.5	≤-27	-72dbm
	MCS7	17.0	≤-28	-71dbm
11ax2g20	MCS0	19.0	≤-7	-94dbm
	MCS1	19.0	≤-12	-91dbm
	MCS2	19.0	≤-15	-89dbm

用户指南 3 TX/RX 测试参考

协议	速率	功率 (dBm)	EVM	灵敏度
	MCS3	17.5	≤-18	-86dbm
	MCS4	17.5	≤-21	-82dbm
	MCS5	17.5	≤-24	-78dbm
	MCS6	17.5	≤-27	-77dbm
	MCS7	17.0	≤-28	-75dbm
	MCS8	15.5	≤-30	-71dbm
	MCS9	14.0	≤-32	-69dbm

3.2 BLE TX/RX 测试指标参考

□ 说明

BLE 此处是屏蔽环境下芯片口典型值,数据仅供参考,根据硬件实际情况进行调试。

对于 RX 灵敏度:鉴于产线环境屏蔽效果未知,此处给的参考值为在芯片规格基础上取一定余量的值,建议实际产线 RX 灵敏度指标在协议值和下表中参考值之间选取。

表3-2 BLE TX/RX 的测试指标

分类	指标	具体项	指标值
TX	Output Power	Output Power (dBm)	20±2或6±2
	Carrier Freq	Freq offset (kHz)	≤150
	offset&drift (LE1M&LE2M)	Initial freq drift (kHz)	≤23
	Modulation characteristic (LE1M) Modulation characteristic	△f1avg (kHz)	225≤x≤275
		△f2avg (kHz)	> 185
		△f2avg/△f1avg	≥0.8
		△f1avg (kHz)	450≤x≤550
		△f2avg (kHz)	> 370

分类	指标	具体项	指标值
	(LE2M)	△f2avg/△f1avg	≥0.8
	In-band Spurious	±2M offset (dBm)	≤-20
	Emission (LE1M)	≥3MHz offset (dBm)	≤-30
		≤-3MHz offset (dBm)	≤-30
	In-band Spurious Emission (LE2M)	±4M offset (dBm)	≤-20
		≥6MHz offset (dBm)	≤-30
		≤-6MHz offset (dBm)	≤-30
RX	Sensitivity	LE1M (dBm)	≤-97
		LE2M (dBm)	≤-93
		S=2 (dBm)	≤-98
		S=8 (dBm)	≤-101

3.3 SLE TX/RX 测试指标参考

□ 说明

SLE 此处是屏蔽环境下芯片口典型值,数据仅供参考,根据硬件实际情况进行调试。

对于 RX 灵敏度:鉴于产线环境屏蔽效果未知,此处给的参考值为在芯片规格基础上取一定余量的值,建议实际产线 RX 灵敏度指标在协议值和下表中参考值之间选取。

表3-3 SLE TX/RX 的测试指标

分类	指标	具体项	指标值
TX	Output Power	GFSK 1M/2M/4M (dBm)	20±2或6±2
		QPSK (dBm)	14±2或6±2
		8PSK (dBm)	14±2或6±2
	Carrier Freq offset&drift	Freq offset (kHz)	≤150

分类	指标	具体项	指标值
		Initial freq drift (kHz)	≤23
	Modulation	△f1avg (kHz)	225≤x≤2725
	characteristic (GFSK 1M)	△f2avg (kHz)	>185
		△f2avg/△f1avg	≥0.8
	Modulation characteristic (GFSK	△f1avg (kHz)	450≤x≤550
	2M)	△f2avg (kHz)	>185
		△f2avg/△f1avg	≥0.8
	Modulation characteristic (GFSK	△f1avg (kHz)	900≤x≤1100
	4M)	△f2avg (kHz)	> 740
		△f2avg/△f1avg	≥0.8
	TX EVM (QPSK)	RMS EVM	≤13%
		99% EVM	≤28%
		Peak EVM	≤32%
	TX EVM (8PSK)	RMS EVM	≤9%
		99% EVM	≤20%
		Peak EVM	≤25%
	In-band Spurious Emission (GFSK 1M)	±2M offset (dBm)	≤-20
	Linission (Gr 3K fivi)	≥3MHz offset (dBm)	≤-30
		≤-3MHz offset (dBm)	≤-30
	In-band Spurious	±4M offset (dBm)	≤-20
	Emission (GFSK 2M)	≥6MHz offset (dBm)	≤-30
		≤-6MHz offset (dBm)	≤-30
	In-band Spurious Emission (GFSK 4M)	±7M offset (dBm)	≤-20
	Emission (Or OK 4W)	≥10MHz offset (dBm)	≤-30

分类	指标	具体项	指标值
		≤-10MHz offset (dBm)	≤-30
	In-band Spurious Emission (PSK 1M)	Δf =1MHz	≤-26
	Emission (For twi)	1.5MHz≤ Δf ≤2.5MHz	≤-20
		Δf >2.5MHz	≤-35
	In-band Spurious Emission (PSK 2M)	Δf =2MHz	≤-26
	Emission (Forcewit)	2.5MHz≤ Δf ≤5.5MHz	≤-20
		Δf >5.5MHz	≤-35
	In-band Spurious Emission (PSK 4M)	Δf =4MHz	≤-26
		3.5MHz≤ Δf ≤7.5MHz	≤-20
		Δf >7.5MHz	≤-35
RX	Sensitivity	SLE 1M GFSK (dBm)	-95
		SLE 2M GFSK (dBm)	-92
		SLE 4M GFSK (dBm)	-89
		SLE 1M QPSK (dBm)	-98
		SLE 2M QPSK (dBm)	-95
		SLE 4M QPSK (dBm)	-92
		SLE 1M 8PSK (dBm)	-93
		SLE 2M 8PSK (dBm)	-90
		SLE 4M 8PSK (dBm)	-87

4 WLAN Facility 与固件版本

WLAN Facility	WS63 固件	固件时间	修改点
WS63(UART) 3.8.17.A1T8	Т9	2024-04-6	 WLAN Facility: 产测流程开始,增加读 DIEID 操作; BLE 功率校准之前,先执行一次 "AT+PWRCALI" 命令。 WS63 固件: BLE 支持 6dBm 上电校准和产线校准; 产线校准 BLE 目标功率需与NV配置的档位对应功率一
WS63(UART) 3.8.17.A1T9	T15	2024-05-28	 致。 WLAN Facility: DIEID 只在开始测试时读取一次; 修复已写过 efuse 的芯片重复过产线时, BLE 功率校准校偏问题; Rx 测试, 仪器发包数由 1000 改为 200, 优化产测时间。 WS63 固件: BLE 功率温补 bugfix;

WLAN Facility	WS63 固件	固件时间	修改点
			 产测固件默认关闭频偏温补,需要打开时,每次上电由 AT命令开启产测调试模式,掉电后关闭; wifi SRRC 优化; AT+EFUSEMAC?命令在没写入 efuse mac 时,剩余可写入次数显示为 0 问题修复。
WS63(UART) 3.8.17.A1T9	T16	2024-06-14	 WS63 固件: 1. 增加 BLE/SLE 单音命令; 2. wifi RX 测试, 11n20 切 11n40 场景问题修复。