

BLE 生产测试流程

QN902x 应用

UM01010101 V1.00 Date: 2016/2/19

产品用户手册

类别	内容
关键词	QN902x; 蓝牙测试仪
摘要	介绍蓝牙生产流程及测试过程

修订历史

版本	日期	原因
V0.92	2016/01/10	添加测试测试的完整流程及失败原因说明
V1.00	2016/02/19	添加提高生产效率的章节

目 录

1. 概述.....	1
1.1 功能简介.....	1
1.2 BLE 批量测试的意义.....	1
2. 测试工具的使用及配套的测试固件编写注意事项.....	2
2.1 测试准备.....	2
2.2 测试仪与待测模块的接线模式.....	2
2.3 蓝牙测试软件参数设置.....	2
2.3.1 主界面配置.....	2
2.3.2 设置界面配置.....	4
2.4 测试固件编写要求.....	6
3. 生产测试方法.....	8
3.1 烧写步骤.....	8
4. 提高生产测试效率的方法.....	10
4.1 天线信号性能的测试 (DTM Test)	10
4.2 减少晶振的校正时间.....	11
4.3 注意事项.....	11
5. 测试过程出现的问题及解决方法.....	13
6. 免责声明.....	16

1. 概述

1.1 功能简介

此文档主要介绍基于 Qn902x 的蓝牙通讯模块的生产及测试流程。

1.2 BLE批量测试的意义

由于 BLE 是射频类的，如果没有校正晶振就会导致蓝牙信号质量不合格，发射功率和接收灵敏度都达不到要求等问题，因此在生产测试之后需要对模块的晶振偏差进行校正。

测试仪把校正结果放置在 MCU 中掉电不消失的 NVDS 区域，因此当通过一次测试之后，后续再更改 BLE 固件的时候就不用重新测试。

2. 测试工具的使用及配套的测试固件编写注意事项

2.1 测试准备

- 硬件准备：蓝牙测试仪 ZLG9000-BLE-TESTER、USB 转串口用于连接待测模块；
- 软件准备：蓝牙测试软件 ProductionTool_xxx.exe；
- 待测模块准备：留出一个空闲的 I/O 口的测试点当做测试引脚，用于测试时切换至测试模式；
- 软件固件准备：用户可以直接使用附件中的测试固件进行测试（DTMtest_16M_b2.bin、DTMtest_32M_b2.bin），不需要提供测试引脚；如果是用户开发的固件，则需要在程序中声明测试功能和测试引脚，方法如下：

在 usr_config.h 中解除 CFG_TEST_CTRL_PIN 的宏定义，并按照规定设置好 GPIO 引脚。

```
#define CFG_TEST_CTRL_PIN GPIO_P31
```

2.2 测试仪与待测模块的接线模式

蓝牙测试仪与待测模块是通过无线方式交互数据，通过上位机软件发送指令，统筹测试过程，因此其连接方式如下：

- 1、蓝牙测试仪通过串口线连接到 PC 端；
- 2、待测模块的 UART0 接口通过串口线连接到电脑上；
- 3、蓝牙测试仪的天线要**紧挨着**待测模块的天线。

2.3 蓝牙测试软件参数设置

2.3.1 主界面配置

打开测试软件“ProductionTool_xxx.exe”，如图 2.1 所示。

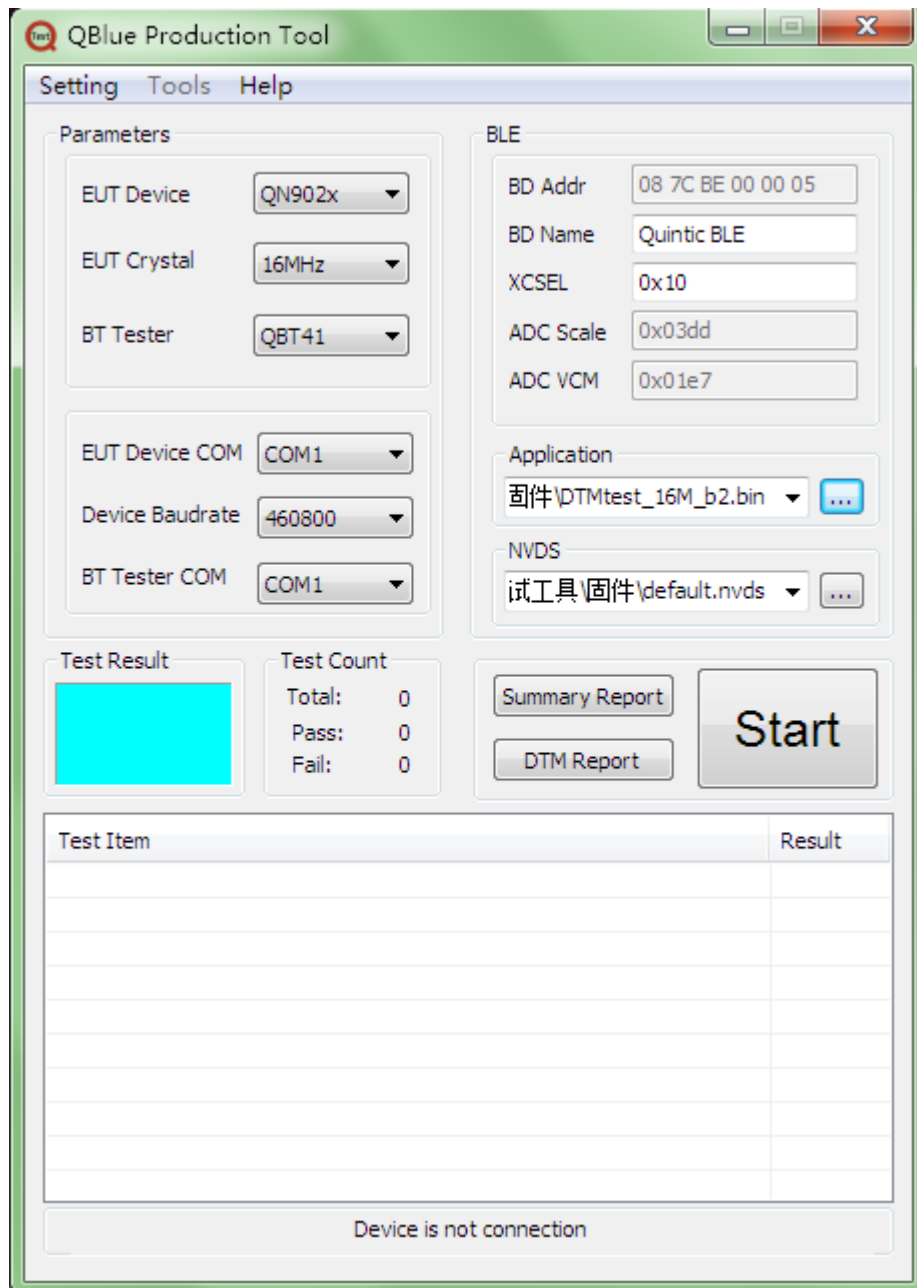


图 2.1 测试参数界面

- EUT Device: 测试模块芯片型号;
- EUT Crystal: 测试模块的晶振;
- BT Tester: 测试仪的型号, 选择 QBT41;
- EUT Device COM: 选择测试模块连接到电脑上的 COM 口;
- BT Tester COM: 选择 QN9000 蓝牙测试仪连接到电脑上的 COM 口;
- HCI Baudrate: 程序下载速率, 速率越高, 下载越快;
- BD Addr: 不可修改, 由 NVDS 文件中信息决定;
- BD Name: 模块的名称, 即被其他蓝牙设备搜索到的设备名称;
- XCSEL: 修正晶振参数, 这里可以默认, 在测试过程中让软件自动修正, 也是此测试仪校正的最主要的参数;

- ADC Scale: 默认, 不可修改;
- ADC VCM: 默认, 不可修改;
- Application: 带有测试功能的固件; 如果选择用户的应用固件, 则必须留出测试对应的测试引脚;
- NVDS: 选择配置文件“default.nvds”或者用户自己生成的 NVDS 配置文件;
- Summary Report: 查看测试记录;
- DTM Report: 查看当前测试模块的结果, 在测试软件目录“ReportDTM”文件夹下, 不同的模块将生成不同的文件, 如果相同便覆盖;

2.3.2 设置界面配置

点击菜单“Setting”, 然后选择“Test”, 弹出如图 2.2 界面并选择如图片中的参数便可。

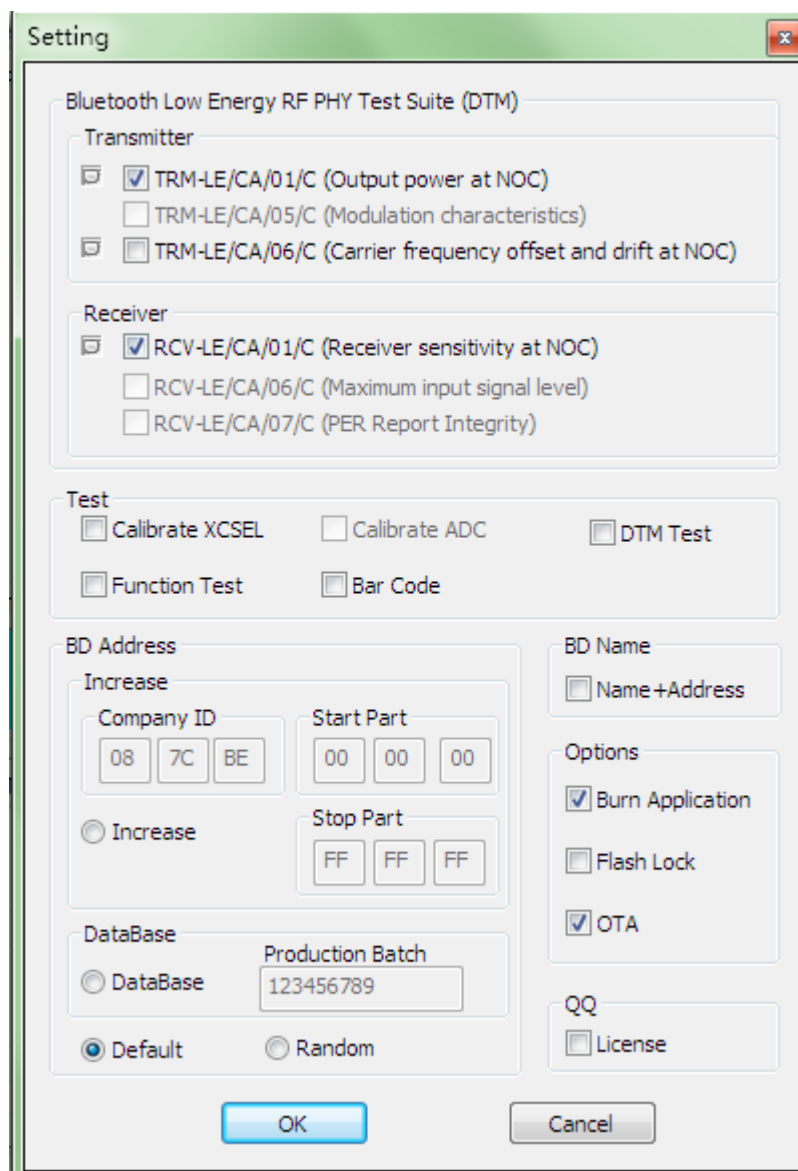


图 2.2 测试设置界面

1. Bluetooth low Energy RF PHY Test Suite配置界面

- TRM-LE/CA/01/C(Output power at NOC): 发射功率测试;
- TRM-LE/CA/06/C(Carrier frequency offset and drift at NOC): 发射频率偏差测试;
- RCV-LE/CA/01/C(Receiver sensitivity at NOC): 接收灵敏度测试。

接收灵敏度测试。当点击器前边的灰色小方框后会弹出设置窗口，里边会显示高频、中频、低频的频率以及模块设计的接收灵敏度（Power Level 选项），以及允许的错误率范围。由于 2.44G 的干扰会比较大，因此尽量把中频（Medium）设置为 2440±（2 的倍数）的数据，这样可以有效的消除无线干扰；测试的过程中，模块与测试仪之间是通过天线交互数据的，因此在无线传输的过程中会有能量损失，因此在填写接收灵敏度（Power Level）时，其填充的数据要比实际设计的数据高 10dBm 左右（例如，模块设计的接收灵敏度是-70dBm，则这里可以填-60），其他参数可使用默认值。

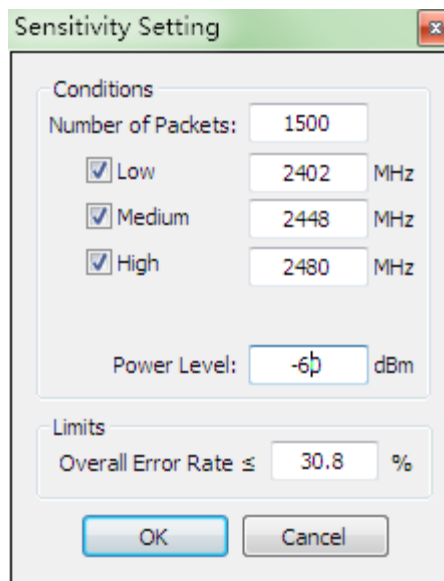


图 2.3 接收灵敏度设置窗口

2. Test配置界面

- Calibrate XCSEL: 晶振校正，是此次校正的最重要的参数；如果只通过这个工具下载固件，不做测试，则可以不勾选；
- DTM Test: DTM 测试，主要是测试设备的发射功率，接收灵敏度、频偏的相关指标，如果不打算测试这些内容，则可以不勾选此选项；

3. BD Address配置界面

此界面表示在校准测试的过程中是否顺带修改 MCU 的蓝牙 MAC 地址。

- 选择“Default”选项的时候，校准时选择自带的 MAC 地址；
- 选择“Increase”选项，则会根据“Company ID”、“Start Part”和“Stop Part”中的数据自动增加，用于用户公司买定了一段 MAC 地址烧写芯片的那种模式。

注：在“Increase”种模式下，只有当芯片自带的 MAC 地址的前三个编码与上位机软件上的“Company ID”不一样的时候，才能正常启动地址自加一烧录的功能，否则每次校准测试完成使用的是芯片自带的 MAC 地址。

注：由于 QN9022 芯片没有 Flash，而 MAC 地址默认是保存在 Flash 的 NVDS 区域，因此 QN9022 芯片只允许使用“Increase”模式重新烧写 MAC 地址。

4. 其他配置界面

- **Name+Address:** 勾选之后，则模块的名称为设备名加 MAC 地址后 3 字节的模式；
- **Burn Application:** 如果勾选，则下载的时候会下载对应的固件给模块；如果不勾选，则使用 MCU 自带的固件，不会把对应的固件下载到模块里边。无论是校准时候下载的固件还是 MCU 自带的固件，都必须支持校准测试的功能；
- **Flash Lock:** 当勾选此功能后，会禁用掉芯片的 SWDIO 和 SWDCLK 接口，只能通过 ISP 的模式下载程序，这样可以保证程序代码不被别的设备窃取。如果想要启动 SWD 的功能，则需要使用 ISP 且不勾选“Flash Lock”的选项下载代码；
- **OTA:** 如果软件带 OTA 的功能，则需要勾选此选项下载程序，否则固件的 OTA 功能会失效。

2.4 测试固件编写要求

用户在测试的时候，可以使用附件里边包含的测试固件进行测试(如果是 16M 晶振的板子使用“DTMtest_16M_b2.bin”固件，如果是 32M 晶振的板子则使用“DTMtest_32M_b2.bin”固件)，这是专门的测试固件，导入到测试工具中就可以直接进行测试，这种方式的优点是可以不用专门处理测试相关的代码；缺点是在校正测试完成之后需要单独烧写用户的应用代码。

如果需要减少生产步骤，则需要在设计 APP 的时候启用测试代码，具体的实现细节如下：

1、在 usr_config.h 里边对宏定义 CFG_TEST_CTRL_PIN 解除屏蔽，并选择一个空闲的 GPIO 口作为应用代码与测试代码的切换引脚；

```
#define CFG_TEST_CTRL_PIN GPIO_P31 //P3_1 引脚作为测试代码的切换引脚
```

2、在“main”函数中，包含进入测试流程的函数，由于测试工具对 9600bps 的串口波特率支持最好，然而用户的代码不一定会使用这个波特率，因此建议在进入测试流程之前添加一段代码，把串口波特率强制切换到 9600bps 上，且需要使能串口的发送和接收中断；

```
#if (defined(QN_TEST_CTRL_PIN))
    if(gpio_read_pin(QN_TEST_CTRL_PIN) == GPIO_HIGH) //如果测试引脚为高电平
    { //则启动应用代码初始化
#endif
        ble_init((enum WORK_MODE)QN_WORK_MODE, QN_HCI_PORT, QN_HCI_RD,
                QN_HCI_WR, ble_heap, BLE_HEAP_SIZE, QN_BLE_SLEEP);
#if (defined(QN_TEST_CTRL_PIN))
    }
else //如果测试引脚为低电平
    { //则进入测试流程
        uart_init(QN_DEBUG_UART, USARTx_CLK(0), UART_9600); //重新波特率改为 9600
        uart_tx_enable(QN_DEBUG_UART, MASK_ENABLE); //使能串口发送中断
        uart_rx_enable(QN_DEBUG_UART, MASK_ENABLE); //使能串口接收中断
        ble_init((enum WORK_MODE)WORK_MODE_HCI, QN_HCI_PORT, QN_HCI_RD,
                QN_HCI_WR, ble_heap, BLE_HEAP_SIZE, false);
        gpio_set_interrupt(QN_TEST_CTRL_PIN, GPIO_INT_HIGH_LEVEL);
        gpio_enable_interrupt(QN_TEST_CTRL_PIN);
    }
#endif
```

3、由于测试模式下，PC 端是通过串口来控制模块进行响应的测试，因此必须开启串口中断功能，必须使用默认的中断处理函数，因为串口接收中断函数里边是把接收的数据填充到数组里边，用于解析指令，因此这一部分代码不能删除。

```

else if ( reg & UART_MASK_RX_IF ) { // RX FIFO is not empty interrupt
    // clear interrupt
    reg = uart_uart_GetRXD(QN_UART0);
    /*****
    //用户可在此处添加代码
    *****/
    if (uart0_env.rx.size > 0) { //红色字体这段代码不能删除，否则无法解析命令
        *uart0_env.rx.bufptr++ = reg;
        uart0_env.rx.size--;
        if (uart0_env.rx.size == 0) {
            // Disable UART all rx int
            uart_rx_int_enable(QN_UART0, MASK_DISABLE);

            #if UART_CALLBACK_EN==TRUE
            // Call end of reception callback
            if(uart0_env.rx.callback != NULL)
            {
                uart0_env.rx.callback();
            }
            #endif
        }
    }
}

```

通过这种方式修改，则可以在模块校正的过程中直接下载应用程序，减少烧写的步骤。缺点是对应用程序的限制比较大，程序不能随便改动。

3. 生产测试方法

对无线信号质量要求比较高的、传输距离远的场合，如 Ibeacon、长距离传输等应用，建议每一台都需要校正，这样可以保证所有样机都合格。

在校正测试的过程中，可以直接下载固件、批量修改模块的设备名称与 MAC 地址。

3.1 烧写步骤

- 1、 将要测试的模块（焊接好之后的成品）的 UART0 连接到 PC 串口上（注意电平转换），再将 QN9000 蓝牙分析仪通过 USB 连接到 PC 上。如果要测试 DTM 指标，则测试仪的天线一定要紧挨着模块的天线；

注：QN9000 蓝牙分析仪连接电脑后会多出一个 COM 口，如果没安装驱动需要安装驱动。

- 2、 设置好测试指标，选择好模块的串口和蓝牙测试仪的串口；其中“NVDS”选项就把附件中默认的那个“default.nvds”导入进去即可，也可以使用用户自己生成的 NVDS 数据；“Application”选项选择将要烧写的固件，**如果选择用户自己的生成的程序固件，则需要把待测模块上的声明的那个测试引脚拉低**（程序设计注意事项请参照 2.4 章节）；

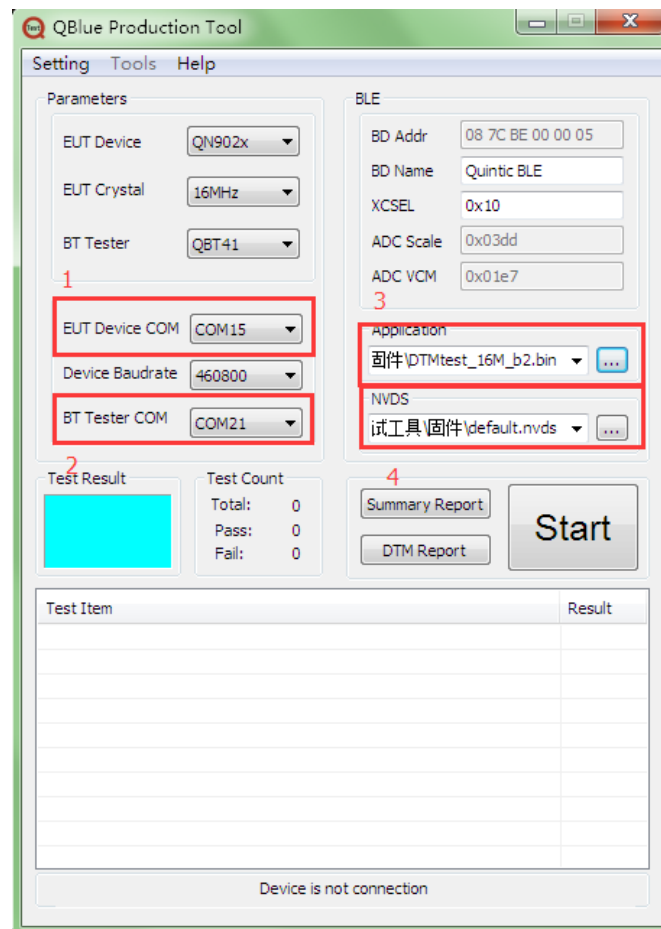


图 3.1 测试软件主界面

- 3、 点击主界面“Start”按钮，复位待测模块，开始校准测试；当界面上的“Test Result”上显示“Pass”，则说明校准测试通过；

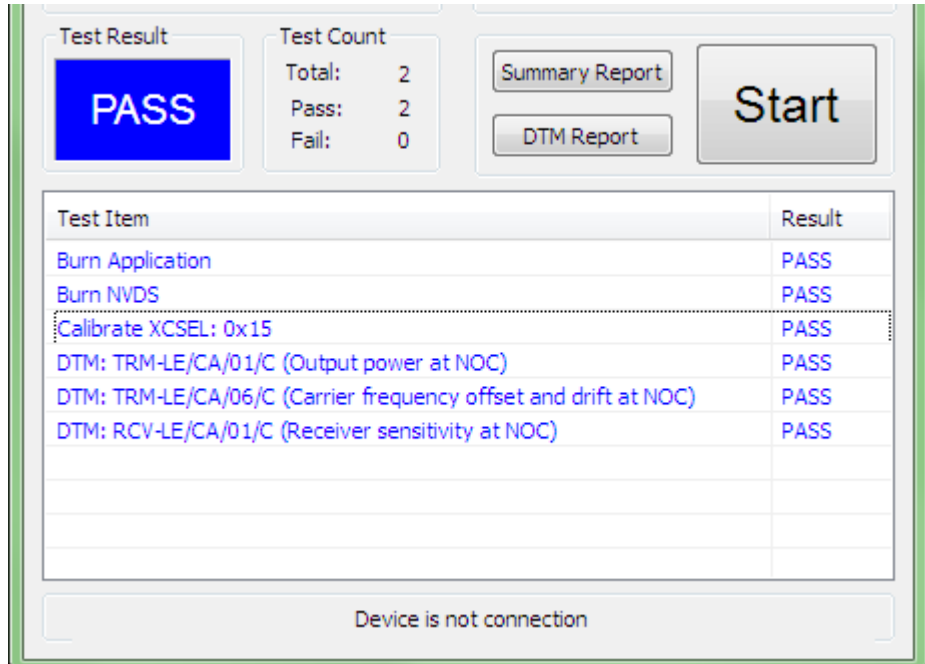


图 3.2 测试成果状态

4、 更换模块，重新执行第 2 步；

至此，校准测试步骤已经完成，会把校正后的晶振偏差（XCSEL）保存到芯片里边；如果开启了 DTM 检测，则同时把模块的发射功率（Output power at NOC）、频偏（Carrier frequency offset and drift at NOC）、接收灵敏度（Receiver sensitivity at NOC）都会测试一遍。

如果是使用附件中的测试固件，则测试之后需要单独下载应用固件；如果是使用用户自己的代码固件，则测试完成之后应用固件就直接烧写到 MCU 里边，不用单独下载。

4. 提高生产测试效率的方法

一个完整的生产测试过程需要一下几个步骤：烧写固件和 NVDS、校准晶振频偏、测试三个频点的发射功率、测试三个频点的晶振频偏、测试三频点的接收灵敏读。整个过程执行下来，耗时间特别长，不利于大规模生产。这里就介绍几种提高生产效率的方法。

4.1 天线信号性能的测试（DTM Test）

DTM 测试分为三个指标，分别是模块的发射功率、模块发射信号的频偏和模块的接收灵敏度；其中每个指标都分为高频、中频和低频三个频点测试。

用户在测试的过程中可以根据实际情况减少测试的项目，如图 4.1 所示，如果选择框没有勾选，就不会测试那一项。

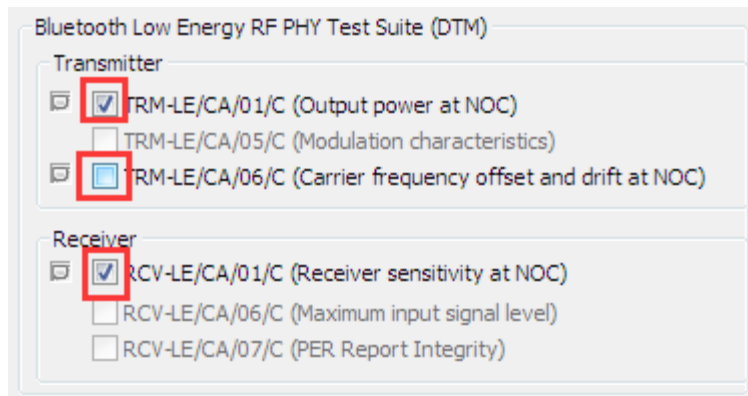


图 4.1 DTM 测试项选择框

也可以减少测试频点来提高测试效率，如图 4.2 所示，如果不勾选频点前的选择框就不会测试那个频点的天线性能。

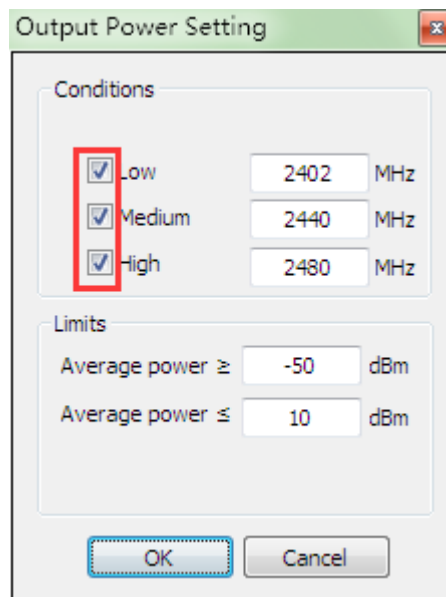


图 4.2 DTM 测试项的频点选择框

由于 DTM 数据测试项目，多用于检查产品的一致性等内容，不能对天线性能进行校正，

因此在生产的时候也可以不测试 DTM 项，节省生产时间。

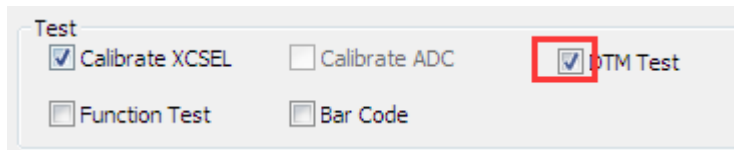


图 4.3 启用 DTM 测试的选择框

4.2 减少晶振的校正时间

BLE 的晶振频偏校正是整个生产测试过程中一个比较重要的步骤。对于要求通讯距离比较远的场合（如 iBeacon 等应用）尽量建议每一个模块都做一步校正。

对于同一批次的晶振来说，其中心频率偏差范围差别不是太大，因此可以通过校准部分产品之后获取一个平均的晶振频偏校准数据，然后把这个数据烧写到其余的产品中。这样可以去掉校准晶振频偏的步骤。具体实现方法如下：

第一步：在测试仪软件的 Setting 界面勾选 Calibrate XCSEL，启用晶振校准功能；

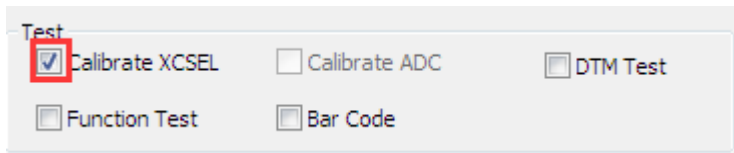


图 4.4 启用晶振校准的选择框

第二步：按照第 3 章的步骤测试 10~100 样机，每次测试完成之后都会在界面上的 XCSEL 上显示校准过后的数据；记录下来求平均值；

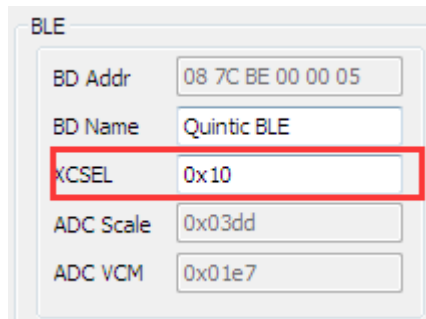


图 4.5 晶振校准值

第三步：勾掉 Setting 界面勾选 Calibrate XCSEL 选项（图 4.3），不进行晶振测试，把之前求得的晶振校准的平均值填写到主界面的 XCSEL 上（图 4.4）；

第四步：按照第 3 章的步骤给烧写其余的产品烧写固件，此时在烧写固件的过程中没有对晶振进行测试，但是已经把晶振校准的数据烧写到芯片里边了。

4.3 注意事项

如果既没有测试天线性能（DTM），也没有校正晶振频偏，只是通过此软件下载固件，则可以不用蓝牙测试仪（ZLG9000-BLE-TESTER）。



图 4.6 所有校准测试项目都没有勾选

5. 测试过程出现的问题及解决方法

1、程序下载不了

首先要看“EUT Device COM”是否选择待测模块的串口、“BT Tester COM”是否选择测试仪的串口。另外在点击“Start”按钮之后是否复位待测模块。

2、Calibrate XCSEL 这一项测试不通过

这一项是校准晶振的频偏的，其范围在 0~0x3F 之间，如果一直校准测试不过的话，建议更换质量好的晶振。

3、校准晶振的时候提示“Wait command execute fail! Error code:n”

首先检查软件上串口的波特率（HCI Baudrate）是不是 9600，如果不是则改为 9600；检查下载的固件是否符合要求；或者检查用于测试的引脚是否接地。如果是用户自己的应用固件则需要检查编写的测试代码是否符合要求，程序设计注意事项请参照 2.4 章节。

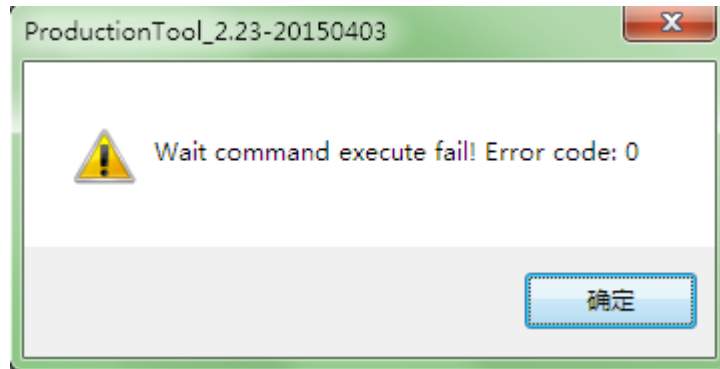


图 5.1 测试仪提示警告

4、DTM 项目测试不通过

首先点击软件界面上的“DTM Report”按钮，会弹出一个测试报告的 txt 文档（Report DTM），其中测试通过项会在上边提示“PASS”；如果测试失败，则会提示“FAIL”。

```
TRM-LE/CA/01/C (Output power at NOC) (PASS)
-----
Low           Medium           High           Limits
Power         -12dbm          -12dbm         -13dbm        -20dbm<=Power<=3dbm
State         PASS            PASS            PASS

TRM-LE/CA/06/C (Carrier frequency offset and drift at NOC) (PASS)
-----
Low           Medium           High           Limits
Frequency Offset -0.976kHz       -1.464kHz      -1.220kHz     <=150kHz
State         PASS            PASS            PASS

RCV-LE/CA/01/C (Receiver sensitivity at NOC) (PASS)
-----
Low           Medium           High           Limits
Error Rate     0.000%          0.000%         0.000%        <=30.800%
Total Frames Counted by EUT 1500            1500            1500
Total Frames Sent by Tester 1500            1500            1500
State         PASS            PASS            PASS
```

图 5.2 测试报告

根据不同的失败现象可以分为以下几种情况：

- 发射功率（Output power at NOC）和接收灵敏度（Receiver sensitivity at NOC）中

很多项都测试不通过

首先要确认测试仪的天线和待测模块的是否离得较远,如果离得远则信号传输过程中会有损失,影响测试结果;如果调整天线位置之后还是测试不过,则可能是设置的发射功率太大、接收灵敏度设置的太小,把测试指标放宽一点就可以了。

注:由于这里是通过空中传输无线信号进行测试的,信号传输的过程中会有损耗,因此接收灵敏度设置的数据要比理论上电路板上的数据高 5~10dBm。

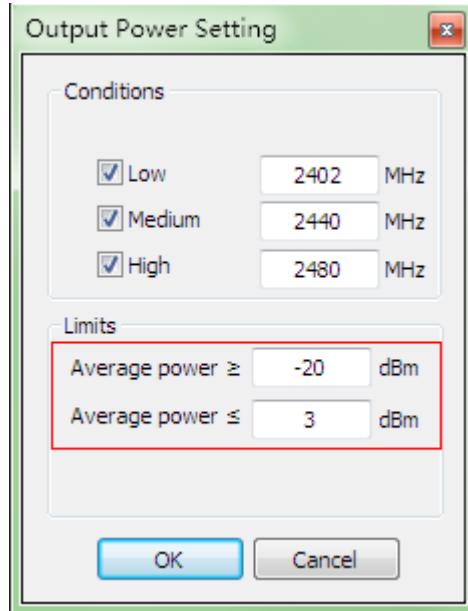


图 5.3 发射强度范围设置界面

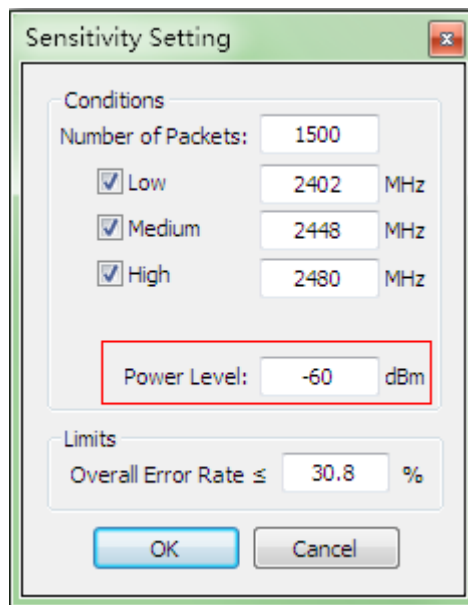


图 5.4 接收灵敏度配置界面

- 信号高频 (High) 和低频 (Low) 部分都测试通过,之后中频 (Medium) 部分错误率很高

这是因为软件默认的中频频率是 2440MHz,在这个频点中,干扰会比较大,因此建议把这个频率改为 2440±(2 的倍数),如**错误!未找到引用源。**所示。

- 同样的模块、同样的条件下，有时候可以通过测试，有时候测试不过

这很有可能是周围的电磁波干扰，如台式机箱干扰、其他无线模块的干扰等，可以把待测模块放在一个干净的环境下进行测试（如屏蔽罩）。

- 5、勾选“Increase”选项之后，模块的 MAC 地址不能自动加一

这是因为 MCU 本身的 MAC 地址的前三个字跟 PC 软件上的“Company ID”一样，这样会被认为是合法的 MAC 地址，不用重新烧录。

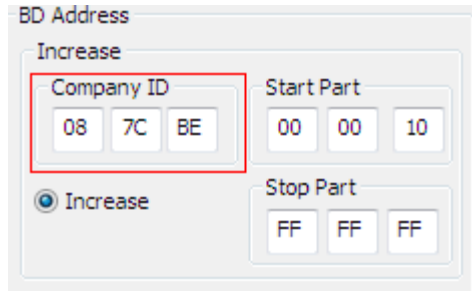


图 5.5 MAC 地址自动增加

- 6、有些支持 OTA 功能的固件，通过此方法烧写之后运行失败
在烧写的时候没有勾选“OTA”，导致程序运行出问题

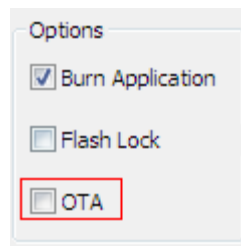


图 5.6 OTA 功能选项

6. 免责声明

广州周立功单片机科技有限公司随附提供的软件或文档资料旨在提供给您（本公司的客户）使用，仅限于且只能在本公司执照或销售的产品上使用。

该软件或文档资料为本公司和/或其供应商所有，并受适用的版权法保护。版权所有。如有违反，将面临相关适用法律的刑事制裁，并承担违背此许可的条款和条件的民事责任。本公司保留在不通知读者的情况下，修改文档或者软件相关内容的权利，对于使用中出现的任何效果，本公司不承担任何责任。

该软件或文档资料“按现状”提供。不提供保证，无论是明示的、暗示的还是法定的保证。这些保证包括（但不限于）对出于某一特定目的应用此文档的适销性和适用性默示的保证。在任何情况下，公司不会对任何原因造成的特别的、偶然的或间接的损害负责。

销售与服务网络

广州周立功单片机科技有限公司

地址：广州市天河北路 689 号光大银行大厦 12 楼 F4

邮编：510630

传真：(020)38730925

网址：www.zlgmcu.com

电话：(020)38730916 38730917 38730972 38730976 38730977



广州专卖店

地址：广州市天河区新赛格电子城 203-204 室

电话：(020)87578634 87569917

传真：(020)87578842

南京周立功

地址：南京市珠江路 280 号珠江大厦 1501 室

电话：(025) 68123920 68123923 68123901

传真：(025) 68123900

北京周立功

地址：北京市海淀区知春路 108 号豪景大厦 A 座 19 层

电话：(010)62536178 62536179 82628073

传真：(010)82614433

重庆周立功

地址：重庆市九龙坡区石桥铺科园一路二号大西洋国际大厦（赛格电子市场）2705 室

电话：(023)68796438 68796439

传真：(023)68796439

杭州周立功

地址：杭州市天目山路 217 号江南电子大厦 502 室

电话：(0571)89719480 89719481 89719482

89719483 89719484 89719485

传真：(0571)89719494

成都周立功

地址：成都市一环路南二段 1 号数码科技大厦 403 室

电话：(028)85439836 85437446

传真：(028)85437896

深圳周立功

地址：深圳市福田区深南中路 2072 号电子大厦 12 楼 1203

电话：(0755)83781788 (5 线) 83782922 83273683

传真：(0755)83793285

武汉周立功

地址：武汉市洪山区广埠屯珞瑜路 158 号 12128 室(华中电脑数码市场)

电话：(027)87168497 87168297 87168397

传真：(027)87163755

上海周立功

地址：上海市北京东路 668 号科技京城东座 12E 室

电话：(021)53083452 53083453 53083496

传真：(021)53083491

西安办事处

地址：西安市长安北路 54 号太平洋大厦 1201 室

电话：(029)87881296 83063000 87881295

传真：(029)87880865

厦门办事处

E-mail: sales.xiamen@zlgmcu.com

沈阳办事处

E-mail: sales.shenyang@zlgmcu.com