

Jerry Kuo, Nathan Block and Clement Chaduc

摘要

本应用报告提供了有关在使用 TI SimpleLink™ CC26xx/CC13xx 无线 MCU 的终端设备器件上执行射频无线电测试的方法。蓝牙®射频无线电测试可通过两类 PC 工具来完成：SmartRF™ Studio 和 BTool。这两类工具提供的功能类似，但采用的方法有所不同。客户可以参考本文档，并规划适用的测试流程。

内容

1 引言.....	2
1.1 首字母缩写词.....	2
2 使用 SmartRF Studio 验证射频性能.....	2
3 使用 BTool 验证射频性能.....	3
3.1 BTool 基本操作.....	4
3.2 执行 Tx 测试.....	5
3.3 执行 Rx 测试.....	8
3.4 执行读取 RSSI.....	8
3.5 执行 PER 测试.....	9
3.6 不同 PHY 速率的注意事项.....	12
3.7 HCI_EXT_ModemTestTxCmd 和 HCI_LE_Transmitter_Test 的区别.....	18
4 总结.....	18
5 参考文献.....	19
6 修订历史记录.....	19

插图清单

图 2-1. 使用 SmartRF Studio 验证 Tx 和 Rx 角色的射频性能.....	3
图 3-1. 设置 HCI_readBdAddr.....	4
图 3-2. 设置 HCIExt_SetTxPowerCmd.....	5
图 3-3. 设置 HCIExt_ModemTestTxCmd.....	6
图 3-4. 设置 HCIExt_EnhancedModemTestTxCmd.....	7
图 3-5. 设置 HCIExt_ModemTestRxCmd.....	8
图 3-6. 设置 HCI_ReadRSSI.....	8
图 3-7. 设置 HCI_LE_ReceiverTest.....	9
图 3-8. 设置 MISC_GenericCommand.....	10
图 3-9. 设置 HCI_LE_Transmitter_Test.....	11
图 3-10. 设置 HCI_LE_TestEnd.....	12
图 3-11. 设置 HCI_LE_EnhancedReceiverTest.....	12
图 3-12. 设置 HCI_LE_EnhancedTransmitterTest.....	13
图 3-13. 设置 HCI_LE_EnhancedTransmitterTest 后的响应.....	13
图 4-1. 测试计划流程图.....	19

表格清单

表 1-1. SmartRF Studio 与 BTool 的比较.....	2
表 1-2. 本文档中使用的首字母缩写词.....	2
表 3-1. 通道索引列表.....	6

商标

SimpleLink™ and SmartRF™ are trademarks of Texas Instruments.

蓝牙® is a registered trademark of Bluetooth SIG.
所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TI SimpleLink MCU 提供了两种 PC 工具来测试蓝牙器件的射频性能。分别是 SmartRF Studio [1] 和 BTool [2]。每种工具都有不同的要求和优点，如表 1-1 所述。

表 1-1. SmartRF Studio 与 BTool 的比较

SmartRF Studio	BTool
优点 - 无需使用固件刷写电路板即可使用	缺点 - 需要将生产测试模式 (PTM) 固件刷写到电路板上
缺点 - 用户需要将 cJTAG 线路连接到电路板以控制器件	优点 - 用户可以通过 UART 发送 BTool 设置命令来控制器件

本文主要介绍射频无线电测试。本文介绍了每种工具进行射频性能测试的详细流程。

1.1 首字母缩写词

表 1-2. 本文档中使用的首字母缩写词

首字母缩写词	说明
BLE	蓝牙低功耗
cJTAG	紧凑型 JTAG
DUT	待测试的器件
FW	固件
MCU	微控制器单元
PC	个人计算机
PCB	印刷电路板
PER	误包率
RF	射频
RX	接收
TI LPRF	德州仪器 (TI) 低功耗射频
TX	发送

2 使用 SmartRF Studio 验证射频性能

SmartRF Studio 7 (SmartRF) 是一款用于评估 TI SimpleLink MCU 的 PC 软件工具。它可以生成器件寄存器值、测试射频性能并调整客户特定的硬件解决方案。SmartRF 在操作之前不需要向 SimpleLink 器件写入任何代码，使其成为产品开发早期阶段的理想工具。用户只需将 cJTAG 调试线连接到他们的定制 PCB，SmartRF Studio 便可立即开始验证射频性能。

首先，将 cJTAG 线路连接到 DUT 并启动 SmartRF Studio。然后，连接预先认证的器件，并启动另一个 SmartRF Studio 窗口。一旦两个电路板被两个 SmartRF Studio 应用程序控制，您就可以选择 DUT 充当 Rx 或 Tx 角色。如需更多信息，请参阅 [5] 和 [6]。

图 2-1 显示了为连续 Tx 和连续 Rx 测试打开的两个 SmartRF Studio。

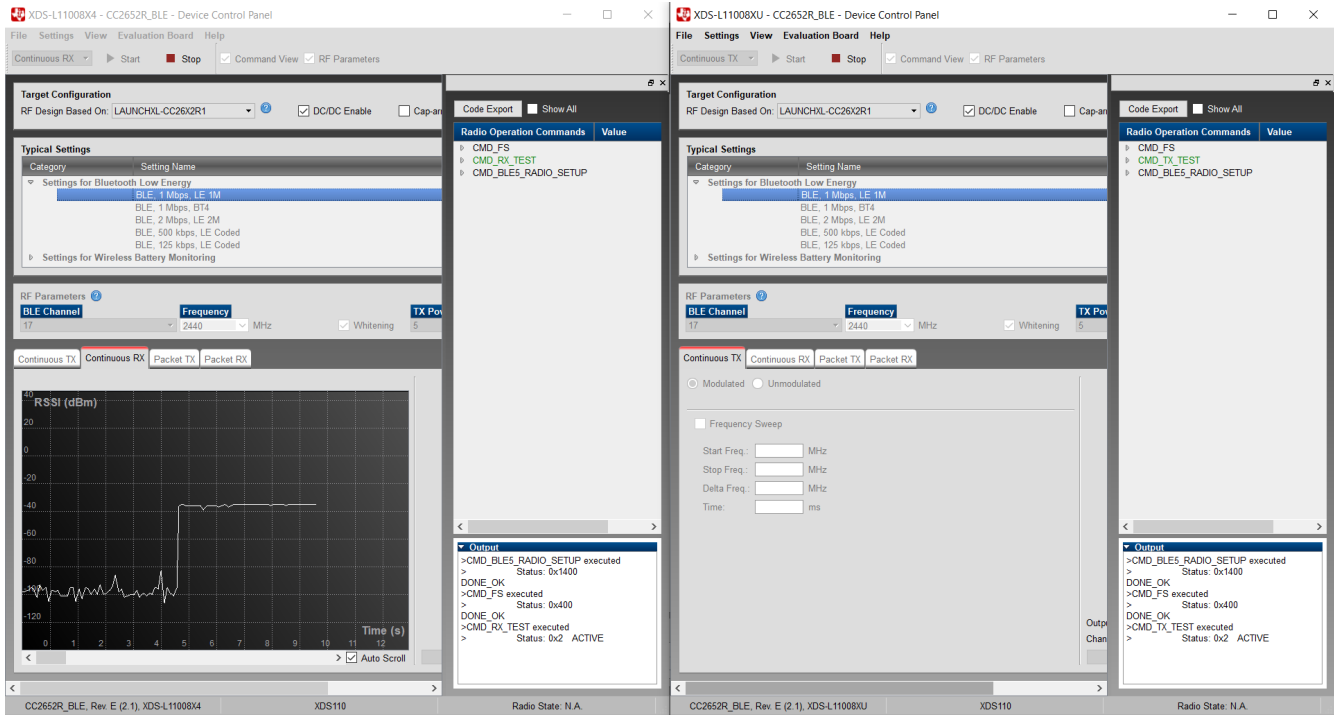


图 2-1. 使用 SmartRF Studio 验证 Tx 和 Rx 角色的射频性能

有两种类型的测试：连续 Tx/Rx 和数据包 Tx/Rx。连续 Tx 测试可以让 Tx 侧以配置的频率和传输功率发射射频信号。连续 Rx 测试可让 Rx 侧测量配置频率和传输功率下的信号强度 (RSSI)。数据包 Tx/Rx 可用于检查两个器件之间的链路质量。用户可以选择 SmartRF Studio 7 给出的首选设置，或使用自定义寄存器值来进行误包率 (PER) 测试。

3 使用 BTool 验证射频性能

BTool 是一个 PC 应用程序，可让您在两个低功耗蓝牙器件之间建立连接。BTool 充当网络处理器，让您将特定于 HCI 供应商的命令发送到 CC26xx/CC13xx LaunchPad。使用 BTool 需要使用启用 PTM 功能 [3] 的 host_test 示例应用程序或固件来刷写 CC26xx/CC13xx 器件。

使用 BTool，您可以通过向 CC26xx/CC13xx 器件发送 HCI 命令来执行与 SmartRF Studio 相同的射频测试。本节讨论如何操作 BTool，如何执行 Tx 和 Rx 测试，以及如何运行 RSSI 和 PER 测试。

3.1 BTool 基本操作

[2] 介绍了有关 BTool 的详细信息。[4] 介绍了如何使用 BTool 执行低功耗蓝牙基本操作，包括在哪里可以找到 host_test 示例以及如何刷写。

用 host_test FW 刷写 CC26xx/CC13xx 器件后，可通过 UART 接口接收 HCI 命令。要验证环境是否已准备就绪，请发送一个基本命令，例如 HCI_readBdAddr。如果一切正常，CC26xx/CC13xx 会回复其 BD 地址。由于 BD 地址是唯一的，因此当您记录生产线上每个器件的生产历史记录时，此命令也很有用。

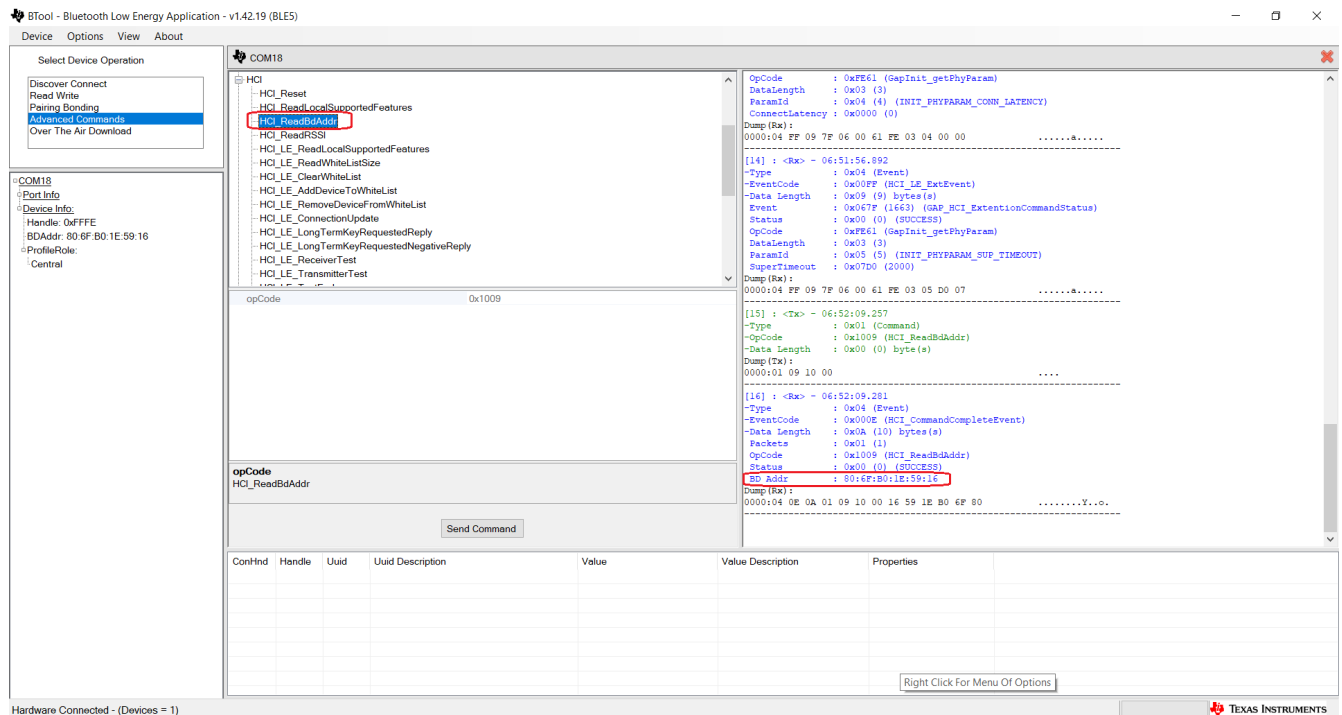


图 3-1. 设置 HCI_readBdAddr

3.2 执行 Tx 测试

当 BTool 和 CC26xx/CC13xx 器件准备好进行测试时，开始射频传输功率测试。[7] 介绍了该基本射频测试。需要使用设备来测量定制 PCB 发送的功率，这样便可使用频谱分析仪或其他专用于蓝牙测试的设备，如 Litepoint IQxel [8]、Anitsu MT8852B [9] 或 R&S CMW270 [10]。

Tx 测试所需的步骤如下：

1. 通过设置 HCIExt_SetTxPowerCmd 来设置 Tx 功率

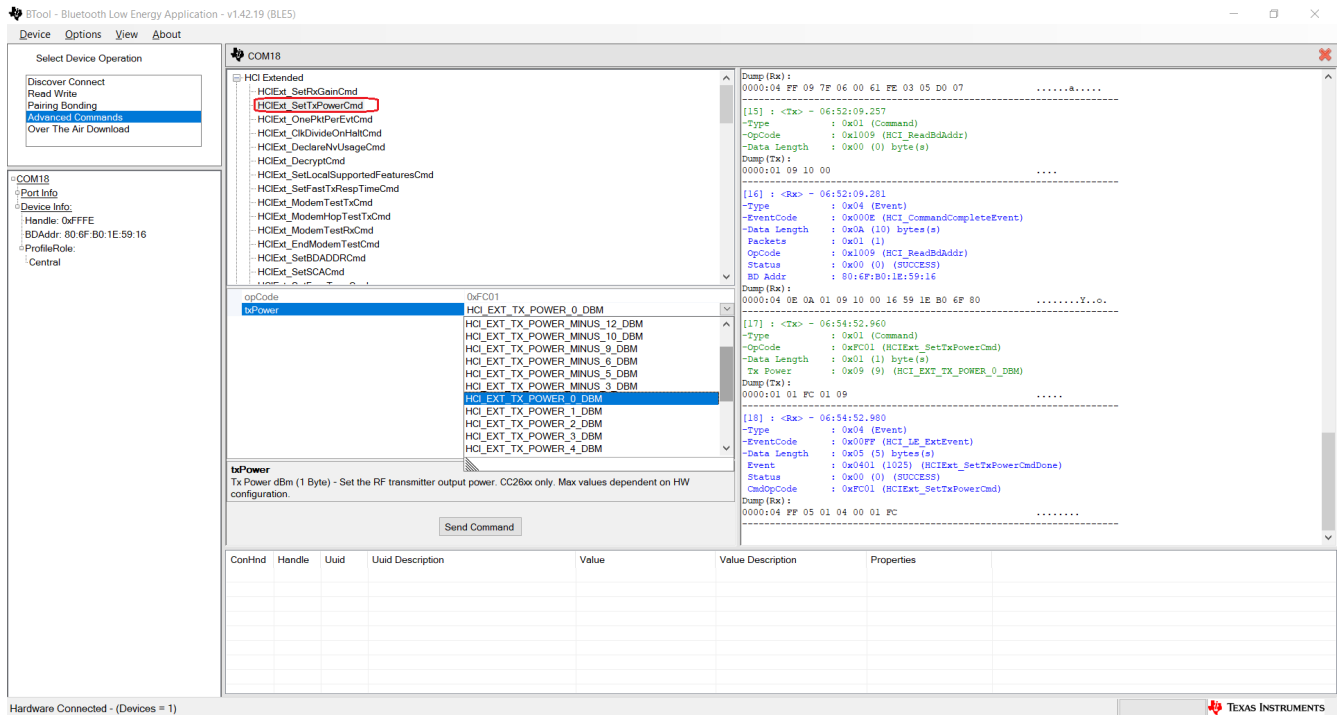


图 3-2. 设置 HCIExt_SetTxPowerCmd

2. 通过设置 HCIExt_ModemTestTxCmd 让 CC26xx/CC13xx 器件进入 Tx 模式。

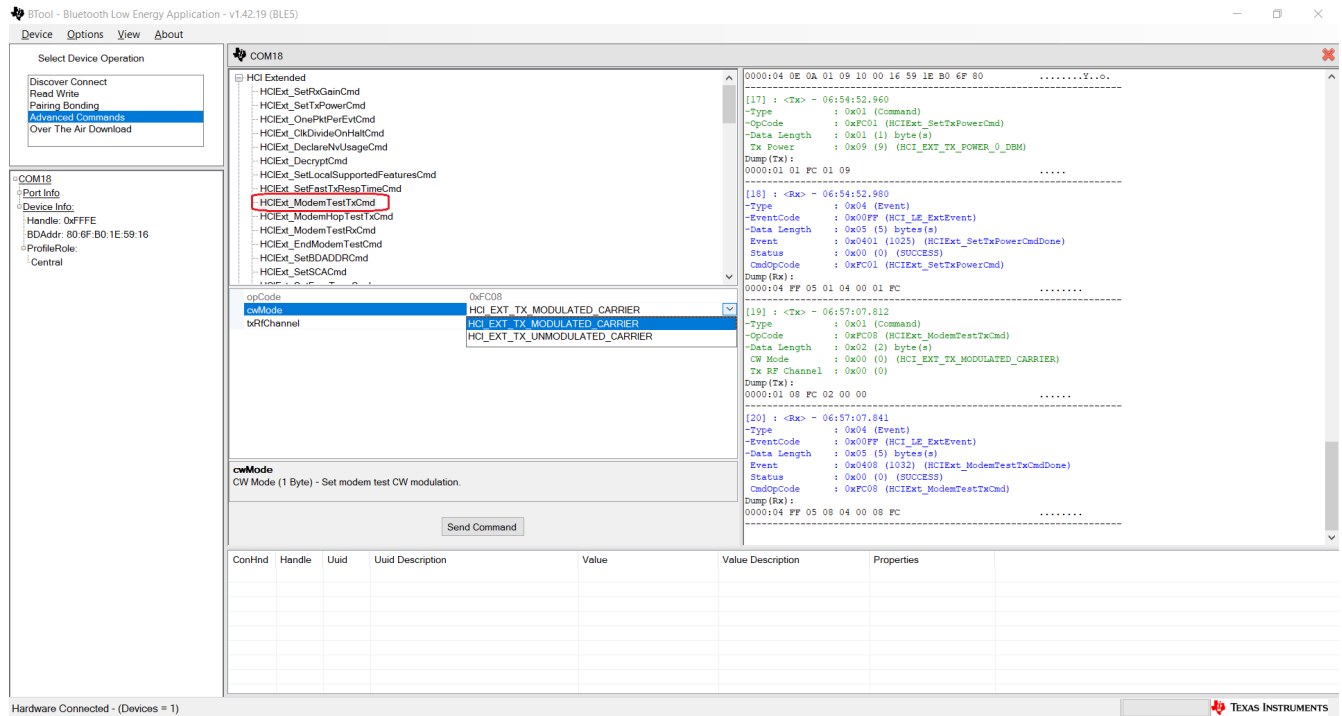


图 3-3. 设置 HCIExt_ModemTestTxCmd

请注意，作为参数传递给 HCIExt_ModemTestTxCmd 的通道不遵循低功耗蓝牙分配；而是按照从 0 (2402MHz) 到 39 (2480MHz) 的顺序，低功耗蓝牙分配从 37 (2402MHz) 开始，然后从 0 (2404MHz) 到 39 (2480MHz)。

表 3-1 列出了两者之间的通道索引。

表 3-1. 通道索引列表

频率 (MHz)	传递给 HCIExt_ModemTestTxCmd 的参数 txRfChannel 的值	相应的低功耗蓝牙信道
2402	0	37
2404	1	0
2406	2	1
...
2424	11	10
2426	12	38
2428	13	11
...
2476	37	35
2478	38	36
2480	39	39

3. 要在不同的 PHY 上进行测试，请调用 HCIExt_EnhancedModemTestTxCmd。

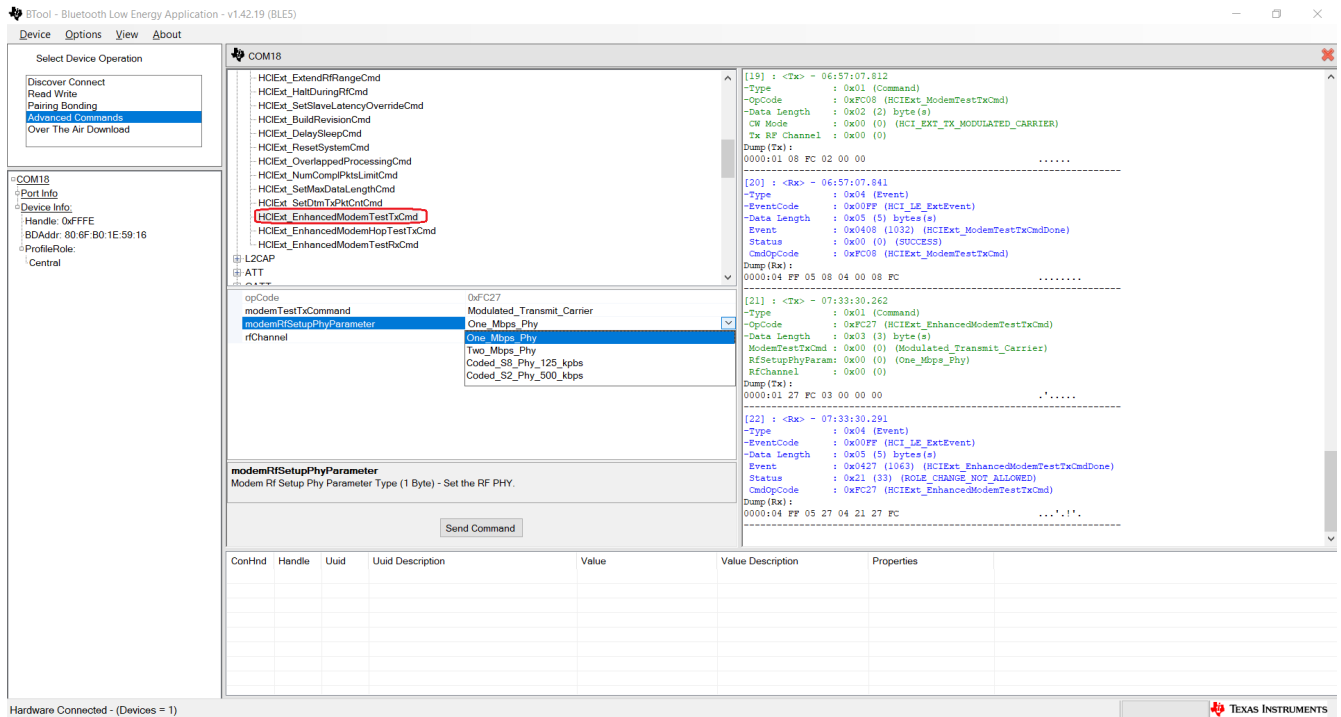


图 3-4. 设置 HCIExt_EnhancedModemTestTxCmd

按照上述步骤，您可以成功运行传输功率测试。

WARNING

测试运行时无法更改测试参数。要执行此类更改，您需要通过发出命令 HCIExt_EndModemTestCmd 来停止当前测试。通过 HCIExt_EndModemTestCmd 停止测试时，需要逐个重新设置参数。合规性测试常用的参数是发射功率，需要使用命令 HCIExt_SetTxPowerCmd 来设置该参数。

3.3 执行 Rx 测试

Rx 测试所需的步骤如下：

1. 通过设置 HCIExt_ModemTestRxCmd 将 CC26xx/CC13xx 器件置于 Rx 模式。

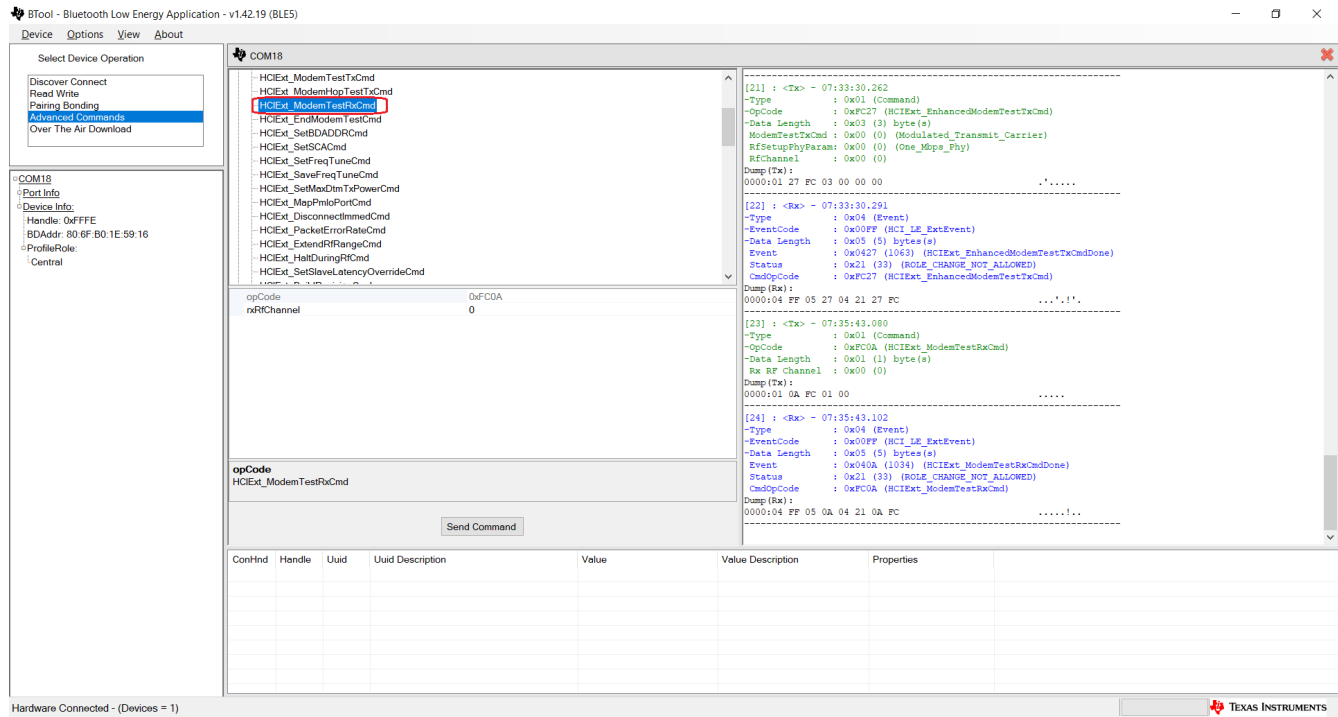


图 3-5. 设置 HCIExt_ModemTestRxCmd

2. 完成测试后，发送 HCI_LE_TestEnd 命令以获取测试摘要。

3.4 执行读取 RSSI

向器件发送 HCI_ReadRSSI 命令以获取当前 RSSI 读数。

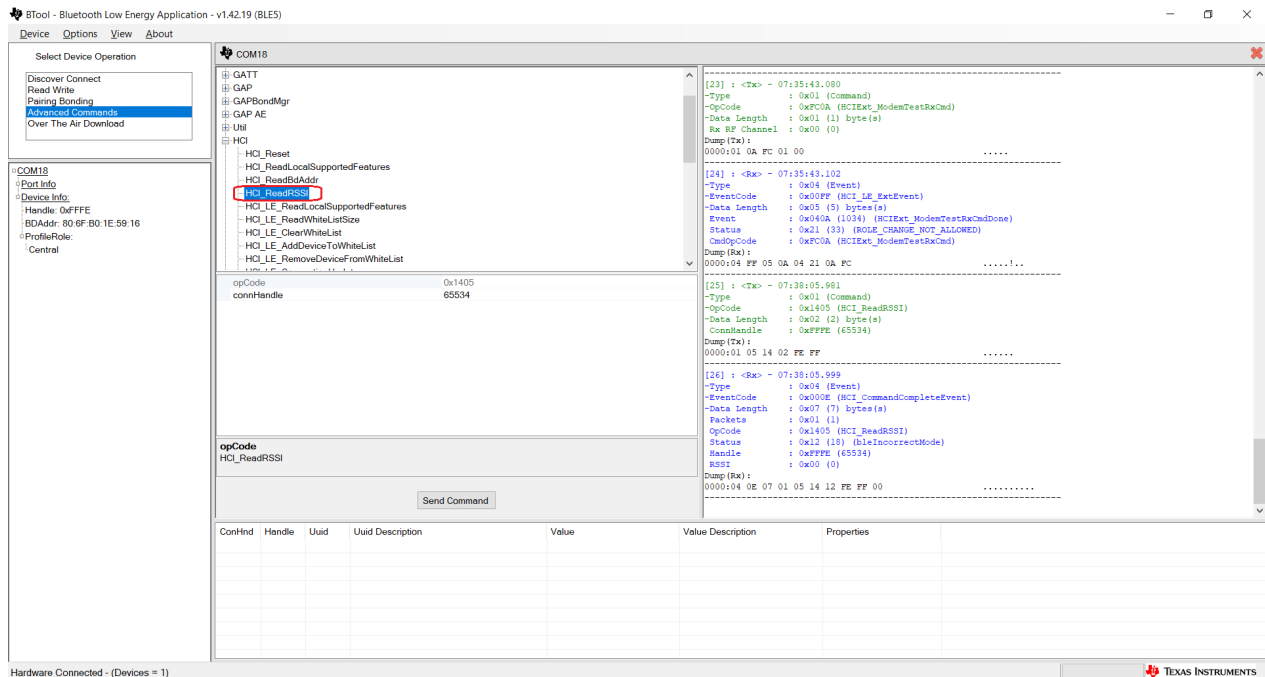


图 3-6. 设置 HCI_ReadRSSI

3.5 执行 PER 测试

在生产线上验证器件射频性能的一种快速简单的方法是通过误包率 (PER) 测试。测试人员可以使用一个预先认证的器件来验证 DUT 的性能。两个 CC26xx/CC13xx 器件必须用 host_test FW 进行刷写，并连接到为每个器件运行 BTool 应用程序的 PC。一个器件充当 Rx 侧，另一个器件充当 Tx 侧。以下是 PER 测试的步骤。

1. 在 Rx 侧，通过向器件发送 HCI_LE_ReceiverTest 命令让 CC26xx/CC13xx 器件进入 Rx 模式。

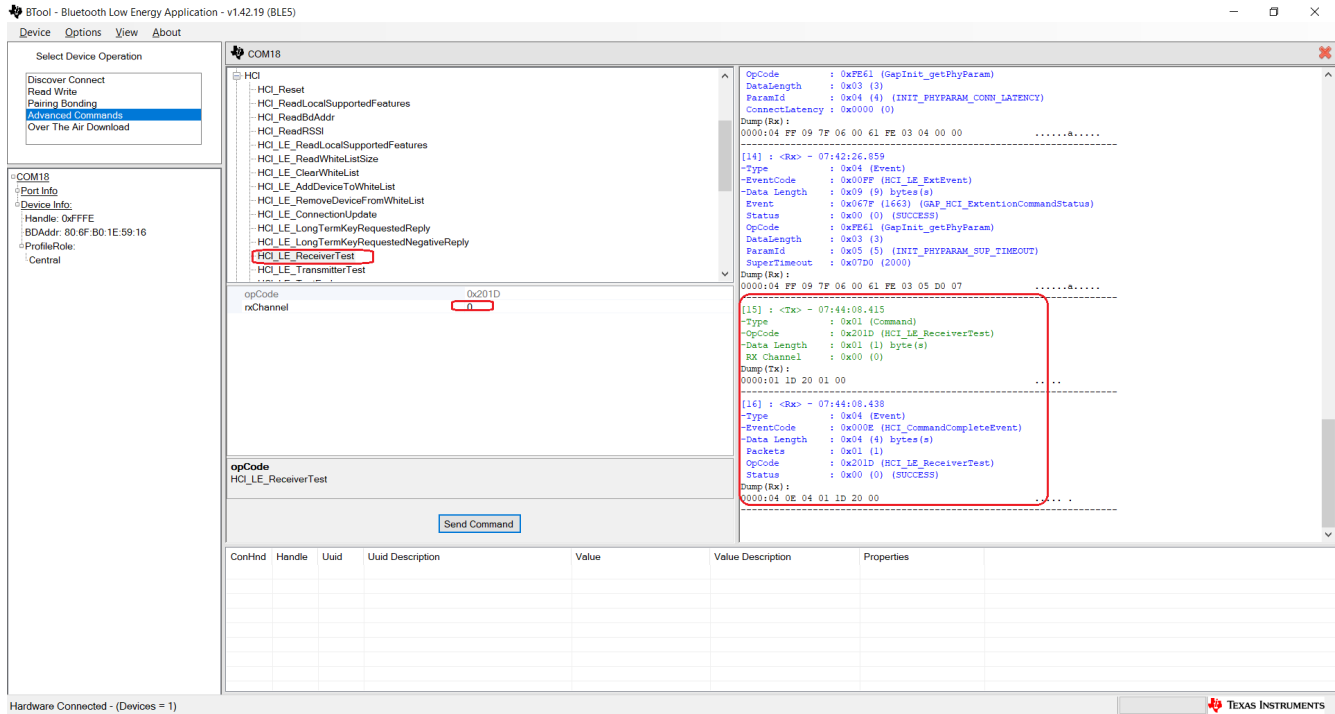


图 3-7. 设置 HCI_LE_ReceiverTest

“rxChannel” 是测试通道。

2. 在 Tx 侧，通过向器件发送 MISC_GenericCommand 来配置预期数据包。

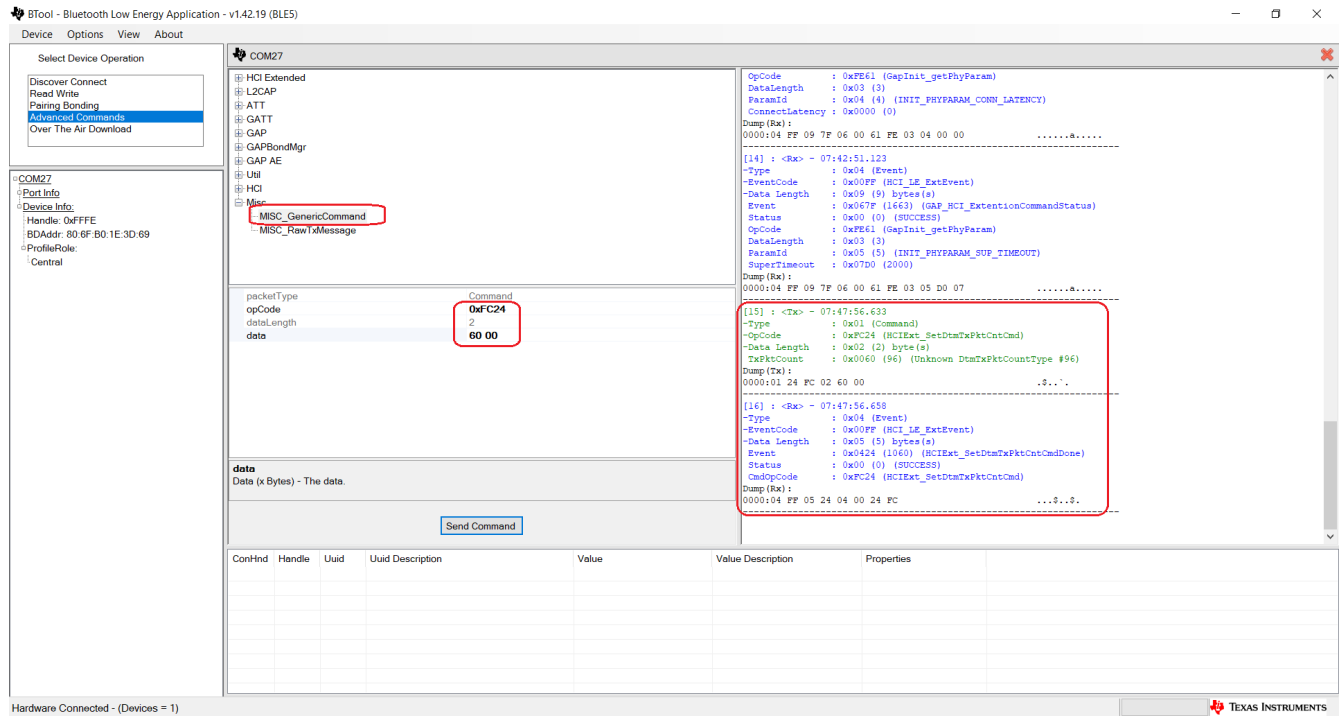


图 3-8. 设置 MISC_GenericCommand

操作码：0xFC24

data：<以十六进制格式传输的长度>

上面的示例“60 00”表示 0x0060

数据长度：无需输入

3. 在 Tx 侧，通过向器件发送 HCI_LE_Transmitter_Test 命令让 CC26xx/CC13xx 器件开始发送数据包。

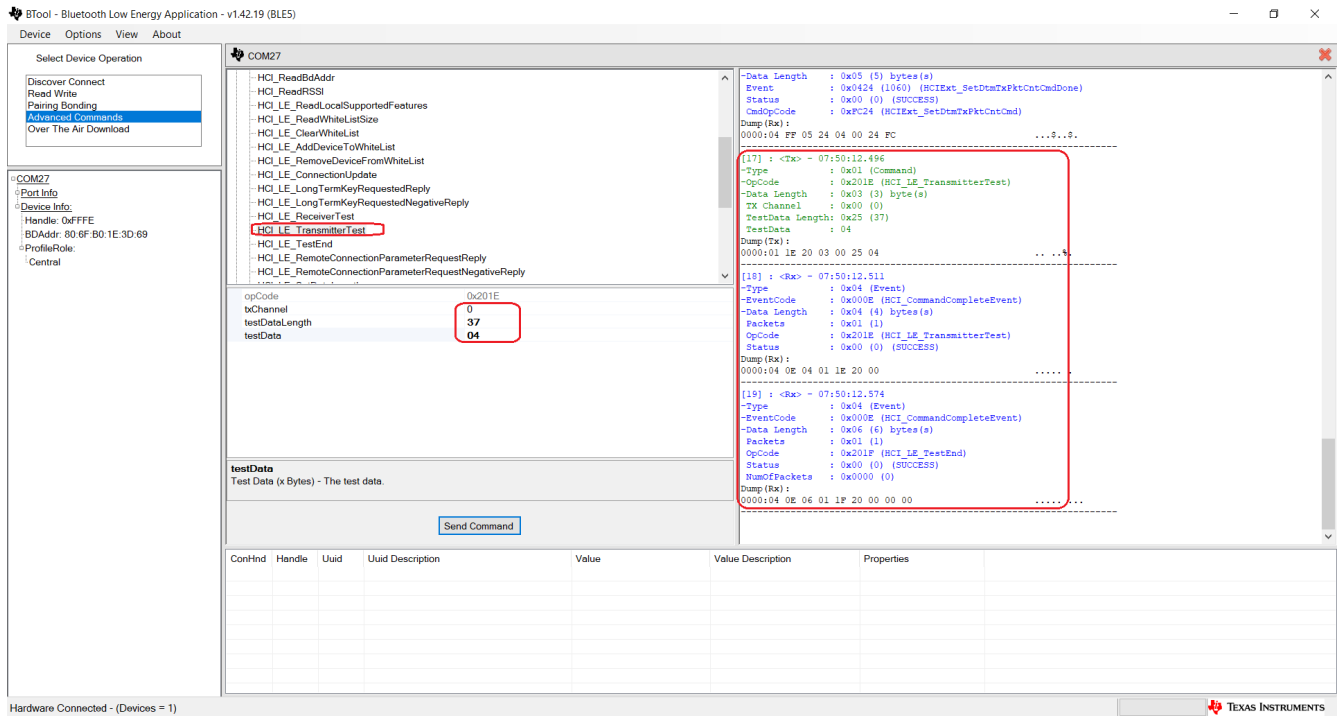


图 3-9. 设置 HCI_LE_Transmitter_Test

txChannel：测试通道，需要和 Rx 侧一样

testDataLength：每个测试数据包中有效载荷字节的长度，可以从 0x00 到 0x25 的任意值

testData：数据包有效载荷中数据类型的代码。可以使用以下值

- 0x00 假随机位序列 9
- 0x01 交替位模式 ‘11110000’
- 0x02 交替位模式 ‘10101010’
- 0x03 假随机位序列 15
- 0x04 所有“1”位的模式
- 0x05 所有“0”位的模式
- 0x06 交替位模式 ‘00001111’
- 0x07 交替位模式 ‘0101’

4. 在 Rx 侧，完成测试后，通过发送“HCI_LE_TestEnd”来获取测试摘要。

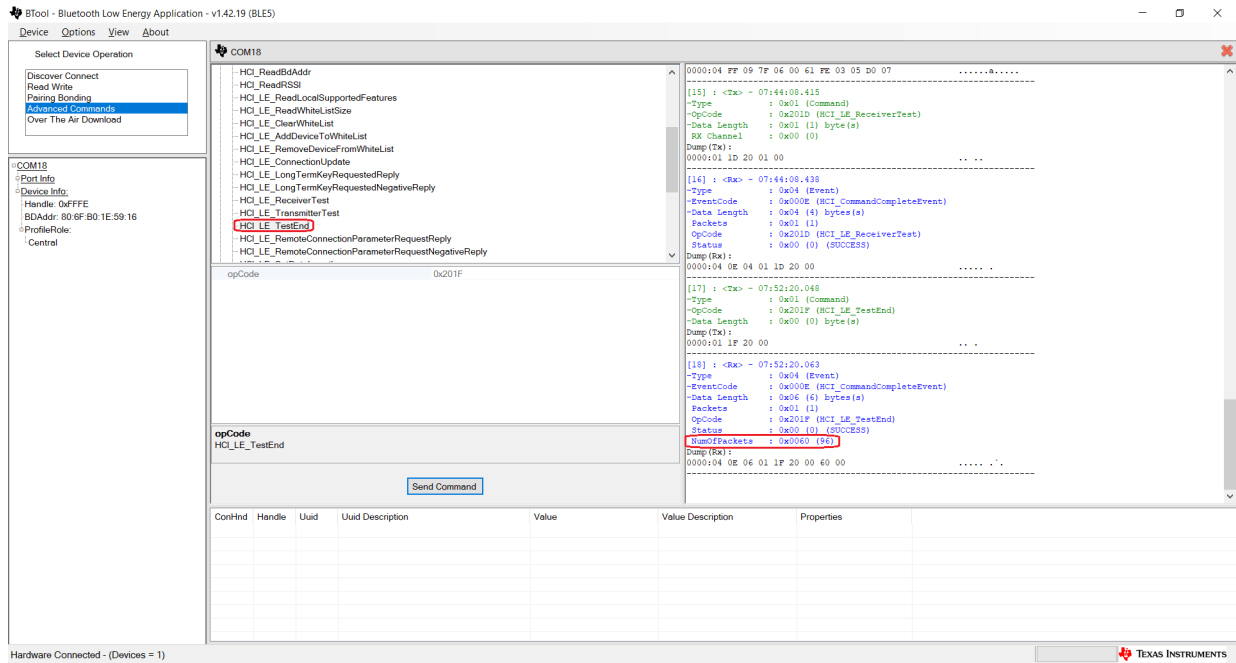


图 3-10. 设置 HCI_LE_TestEnd

NumberOfPackets：接收到的数据包总数

3.6 不同 PHY 速率的注意事项

要在不同的 PHY 上运行 PER 测试，命令序列在以下方面与上述部分不同：

在 Rx 侧的节 3.5 的第 1 步，向器件发送 HCI_LE_EnhancedReceiverTest 命令，而不是 HCI_LE_ReceiverTest 命令。

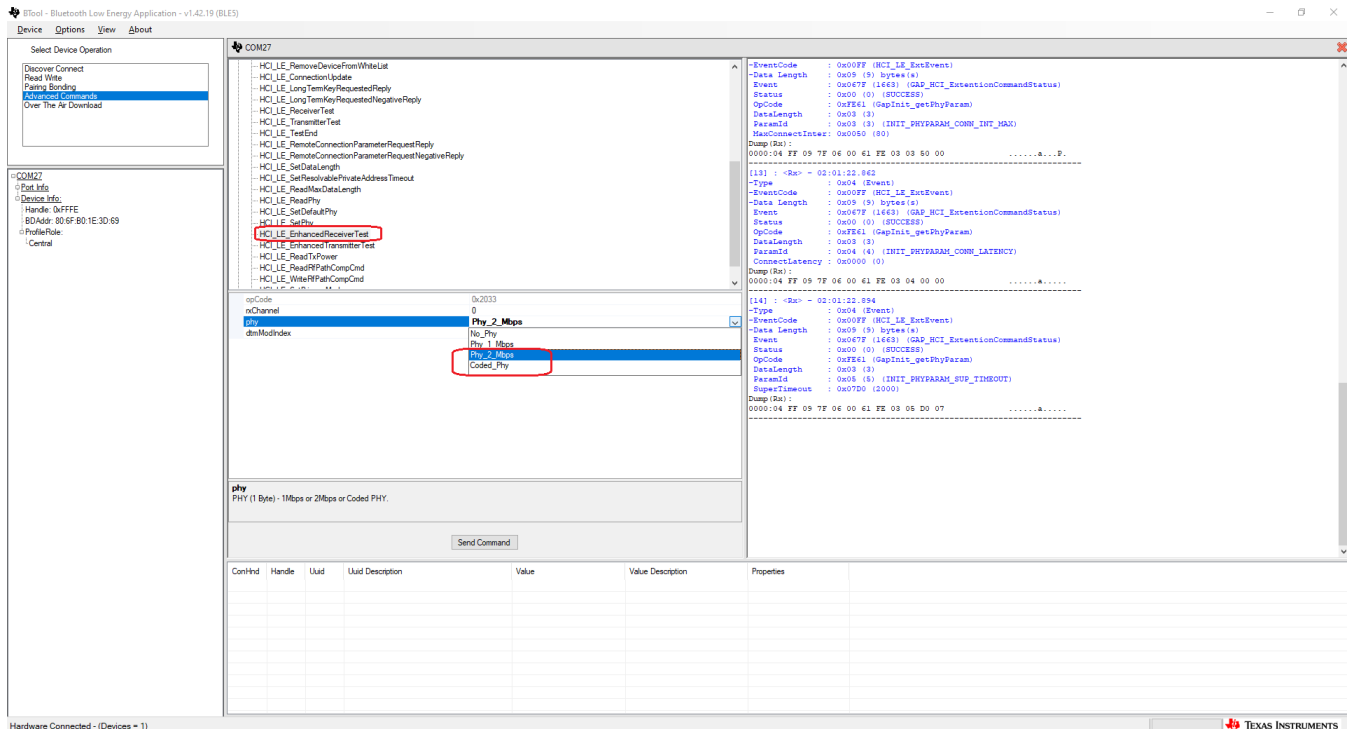


图 3-11. 设置 HCI_LE_EnhancedReceiverTest

在 Rx 侧的 节 3.5 的第 3 步，向器件发送 HCI_LE_EnhancedTransmitterTest 命令，而不是 HCI_LE_TransmitterTest 命令。

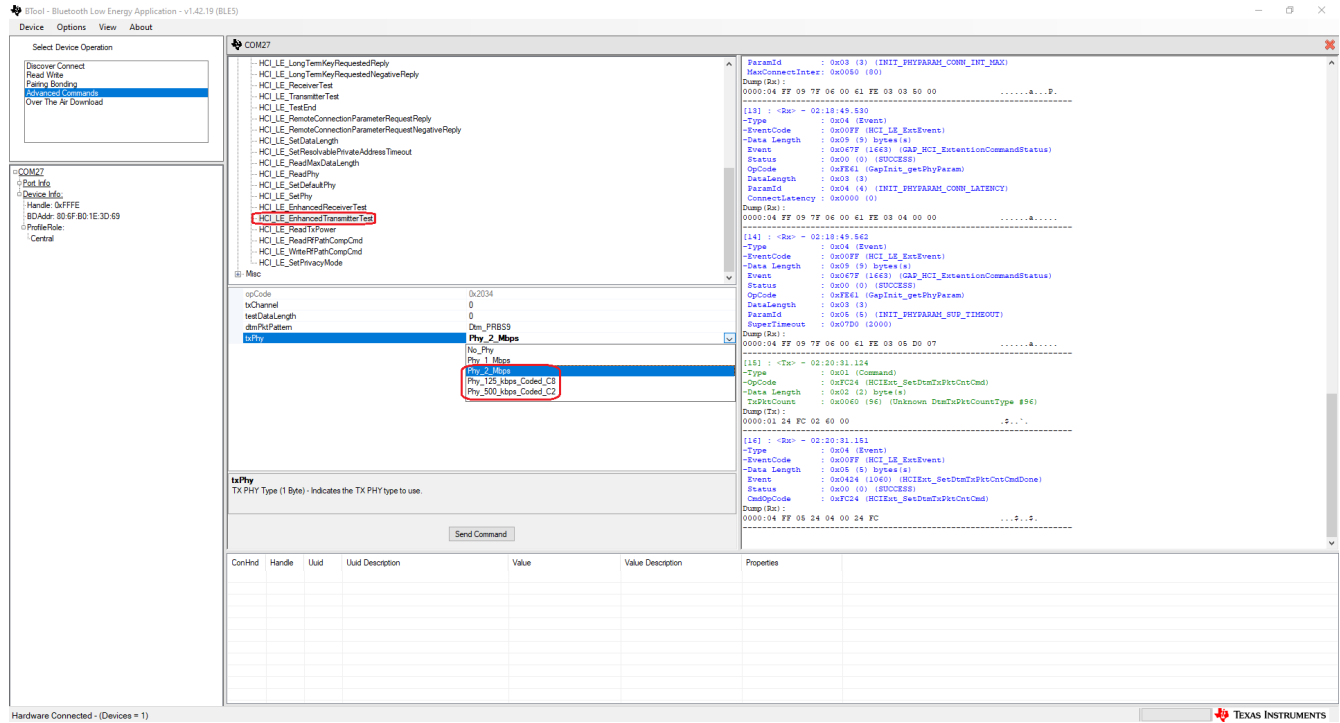


图 3-12. 设置 HCI_LE_EnhancedTransmitterTest

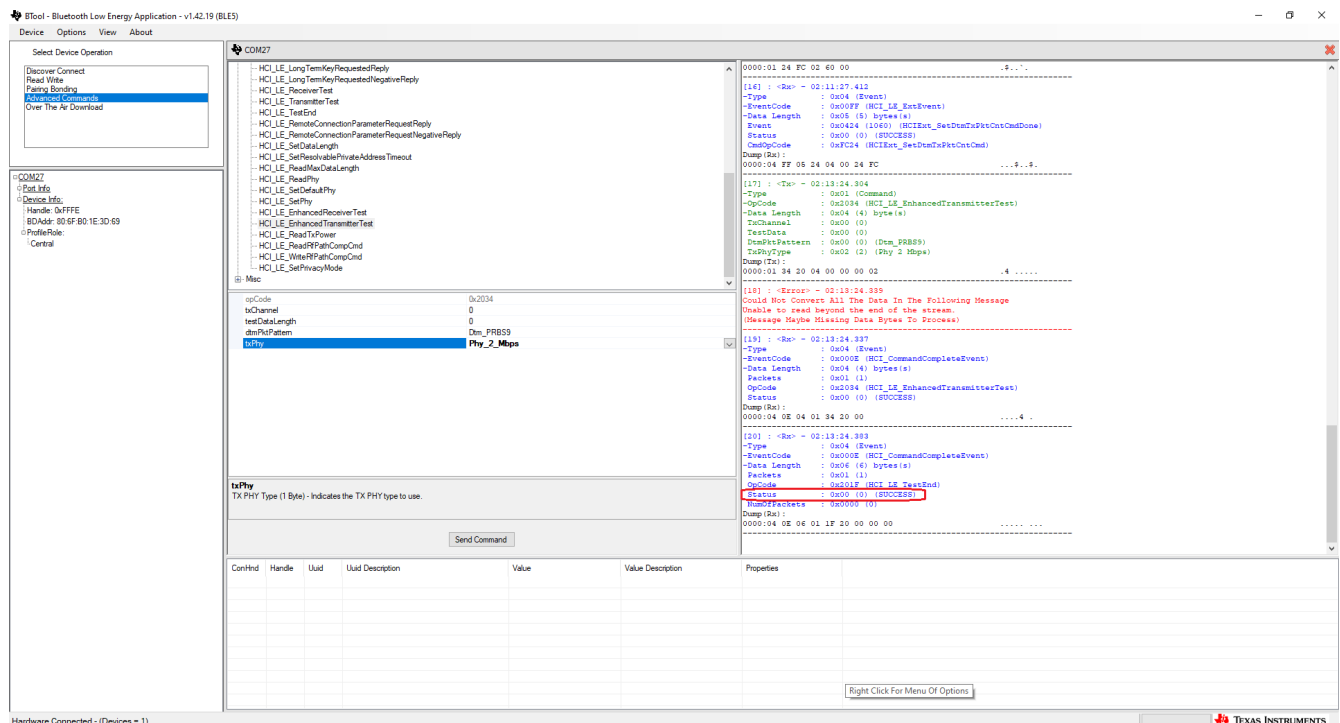


图 3-13. 设置 HCI_LE_EnhancedTransmitterTest 后的响应

下面列出了不同 PHY 速率的测试日志。

3.6.1 2Mbps 的测试日志

Rx 侧的日志：

```
[29] : <Tx> - 10:12:53.928
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0x2033 (HCI_LE_EnhancedReceiverTest)
-Data Length   : 0x03 (3) byte(s)
 RxChannel     : 0x00 (0)
  Phy          : 0x02 (2) (Phy 2 Mbps)
  DtmModeIndex : 0x00 (0) (Standard Modulation Index)
Dump(Tx):
0000:01 33 20 03 00 02 00          .3 ....
-----
[30] : <Error> - 10:12:53.952
Could Not Convert All The Data In The Following Message
Unable to read beyond the end of the stream.
(Message Maybe Missing Data Bytes To Process)
-----
[31] : <Rx> - 10:12:53.952
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length   : 0x04 (4) bytes(s)
  Packets      : 0x01 (1)
  OpCode       : 0x2033 (HCI_LE_EnhancedReceiverTest)
  Status       : 0x00 (0) (SUCCESS)
Dump(Rx):
0000:04 0E 04 01 33 20 00          ....3 .
-----
[32] : <Tx> - 10:13:02.889
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
-Data Length   : 0x00 (0) byte(s)
Dump(Tx):
0000:01 1F 20 00                  ...
-----
[33] : <Rx> - 10:13:02.912
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length   : 0x06 (6) bytes(s)
  Packets      : 0x01 (1)
  OpCode       : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
  Status       : 0x00 (0) (SUCCESS)
  NumOfPackets : 0x0064 (100)
Dump(Rx):
0000:04 0E 06 01 1F 20 00 64 00    .....d.
-----
```

Tx 侧的日志：

```
[40] : <Tx> - 10:12:35.100
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0xFC24 (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmd)
-Data Length   : 0x02 (2) byte(s)
  TxPktCount   : 0x0064 (100) (Unknown DtmTxPktCountType #100)
Dump(Tx):
0000:01 24 FC 02 64 00          .$...d.
-----
[41] : <Rx> - 10:12:35.122
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x00FF (HCI_LE_ExtEvent)
-Data Length   : 0x05 (5) bytes(s)
  Event        : 0x0424 (1060) (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmdDone)
  Status       : 0x00 (0) (SUCCESS)
  CmdOpCode    : 0xFC24 (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmd)
Dump(Rx):
0000:04 FF 05 24 04 00 24 FC    ...$.$.
-----
[42] : <Tx> - 10:12:56.528
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0x2034 (HCI_LE_EnhancedTransmitterTest)
-Data Length   : 0x04 (4) byte(s)
  TxChannel     : 0x00 (0)
  TestData      : 0x28 (40)
  DtmPktPattern : 0x00 (0) (Dtm_PRBS9)
  TxPhyType     : 0x02 (2) (Phy 2 Mbps)
Dump(Tx):
```

```

0000:01 34 20 04 00 28 00 02                .4 ..(..
-----
[43] : <Error> - 10:12:56.557
Could Not Convert All The Data In The Following Message
Unable to read beyond the end of the stream.
(Message Maybe Missing Data Bytes To Process)
-----
[44] : <Rx> - 10:12:56.556
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x04 (4) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x2034 (HCI_LE_EnhancedTransmitterTest)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
Dump (Rx):
0000:04 0E 04 01 34 20 00                ....4 .
-----
[45] : <Rx> - 10:12:56.610
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x06 (6) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
  NumOfPackets  : 0x0000 (0)
Dump (Rx):
0000:04 0E 06 01 1F 20 00 00 00          .....
-----
    
```

3.6.2 500Kbps 的测试日志

Rx 侧的日志：

```

[38] : <Tx> - 10:16:37.520
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode         : 0x2033 (HCI_LE_EnhancedReceiverTest)
-Data Length    : 0x03 (3) byte(s)
  RxChannel     : 0x00 (0)
  Phy           : 0x03 (3) (Coded Phy)
  DtmModeIndex  : 0x00 (0) (Standard Modulation Index)
Dump (Tx):
0000:01 33 20 03 00 03 00                .3 ....
-----
[39] : <Error> - 10:16:37.545
Could Not Convert All The Data In The Following Message
Unable to read beyond the end of the stream.
(Message Maybe Missing Data Bytes To Process)
-----
[40] : <Rx> - 10:16:37.541
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x04 (4) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x2033 (HCI_LE_EnhancedReceiverTest)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
Dump (Rx):
0000:04 0E 04 01 33 20 00                ....3 .
-----
[41] : <Tx> - 10:16:53.433
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode         : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
-Data Length    : 0x00 (0) byte(s)
Dump (Tx):
0000:01 1F 20 00                          ...
-----
[42] : <Rx> - 10:16:53.450
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x06 (6) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
  NumOfPackets  : 0x00C8 (200)
Dump (Rx):
0000:04 0E 06 01 1F 20 00 C8 00          .....
-----
    
```

Tx 侧的日志：

```

[50] : <Tx> - 10:15:55.208
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0xFC24 (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmd)
-Data Length   : 0x02 (2) byte(s)
-TxPktCount    : 0x00C8 (200) (Unknown DtmTxPktCountType #200)
Dump(Tx):
0000:01 24 FC 02 C8 00                .$....
-----
[51] : <Rx> - 10:15:55.230
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode     : 0x00FF (HCI_LE_ExtEvent)
-Data Length   : 0x05 (5) bytes(s)
-Event        : 0x0424 (1060) (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmdDone)
-Status       : 0x00 (0) (SUCCESS)
-CmdOpCode    : 0xFC24 (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmd)
Dump(Rx):
0000:04 FF 05 24 04 00 24 FC        ...$..$.
-----
[52] : <Tx> - 10:16:46.505
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0x2034 (HCI_LE_EnhancedTransmitterTest)
-Data Length   : 0x04 (4) byte(s)
-TxChannel     : 0x00 (0)
-TestData     : 0x28 (40)
-DtmPktPattern : 0x00 (0) (Dtm_PRBS9)
-TxPhyType    : 0x04 (4) (Phy_500 kbps Coded C2)
Dump(Tx):
0000:01 34 20 04 00 28 00 04        .4 ..(..
-----
[53] : <Error> - 10:16:46.529
Could Not Convert All The Data In The Following Message
Unable to read beyond the end of the stream.
(Message Maybe Missing Data Bytes To Process)
-----
[54] : <Rx> - 10:16:46.527
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode     : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length   : 0x04 (4) bytes(s)
-Packets       : 0x01 (1)
-OpCode        : 0x2034 (HCI_LE_EnhancedTransmitterTest)
-Status       : 0x00 (0) (SUCCESS)
Dump(Rx):
0000:04 0E 04 01 34 20 00          ....4 .
-----
[55] : <Rx> - 10:16:46.896
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode     : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length   : 0x06 (6) bytes(s)
-Packets       : 0x01 (1)
-OpCode        : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
-Status       : 0x00 (0) (SUCCESS)
-NumOfPackets : 0x0000 (0)
Dump(Rx):
0000:04 0E 06 01 1F 20 00 00        .....
-----
    
```

3.6.3 125Kbps 的测试日志
Rx 侧的日志

```

[45] : <Tx> - 10:20:05.328
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0x2033 (HCI_LE_EnhancedReceiverTest)
-Data Length   : 0x03 (3) byte(s)
-RxChannel     : 0x00 (0)
-Phy           : 0x03 (3) (Coded Phy)
-DtmModeIndex  : 0x01 (1) (Stable Modulation Index)
Dump(Tx):
0000:01 33 20 03 00 03 01          .3 ....
-----
[46] : <Error> - 10:20:05.356
Could Not Convert All The Data In The Following Message
Unable to read beyond the end of the stream.
(Message Maybe Missing Data Bytes To Process)
-----
    
```



```

[47] : <Rx> - 10:20:05.355
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x04 (4) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x2033 (HCI_LE_EnhancedReceiverTest)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
Dump (Rx):
0000:04 0E 04 01 33 20 00          ....3 .
-----
[48] : <Tx> - 10:20:31.248
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
-Data Length    : 0x00 (0) byte(s)
Dump (Tx):
0000:01 1F 20 00          ...
-----
[49] : <Rx> - 10:20:31.272
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x06 (6) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
  NumOfPackets  : 0x00C8 (200)
Dump (Rx):
0000:04 0E 06 01 1F 20 00 C8 00  ....
-----

```

Tx 侧的日志

```

[58] : <Tx> - 10:19:31.728
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0xFC24 (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmd)
-Data Length    : 0x02 (2) byte(s)
  TxPktCount    : 0x00C8 (200) (Unknown DtmTxPktCountType #200)
Dump (Tx):
0000:01 24 FC 02 C8 00          .$....
-----
[59] : <Rx> - 10:19:31.751
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x00FF (HCI_LE_ExtEvent)
-Data Length    : 0x05 (5) bytes(s)
  Event         : 0x0424 (1060) (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmdDone)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
  CmdOpCode     : 0xFC24 (HCIExt_SetDtmTxPktCntCmd)
Dump (Rx):
0000:04 FF 05 24 04 00 24 FC    ...$.$.
-----
[60] : <Tx> - 10:20:23.408
-Type           : 0x01 (Command)
-OpCode        : 0x2034 (HCI_LE_EnhancedTransmitterTest)
-Data Length    : 0x04 (4) byte(s)
  TxChannel     : 0x00 (0)
  TestData      : 0x28 (40)
  DtmPktPattern : 0x00 (0) (Dtm_PRBS9)
  TxPhyType     : 0x03 (3) (Phy 125 kbps Coded C8)
Dump (Tx):
0000:01 34 20 04 00 28 00 03    .4 ..(..
-----
[61] : <Error> - 10:20:23.437
Could Not Convert All The Data In The Following Message
Unable to read beyond the end of the stream.
(Message Maybe Missing Data Bytes To Process)
-----
[62] : <Rx> - 10:20:23.430
-Type           : 0x04 (Event)
-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x04 (4) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x2034 (HCI_LE_EnhancedTransmitterTest)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
Dump (Rx):
0000:04 0E 04 01 34 20 00          ....4 .
-----
[63] : <Rx> - 10:20:24.177
-Type           : 0x04 (Event)

```

```

-EventCode      : 0x000E (HCI_CommandCompleteEvent)
-Data Length    : 0x06 (6) bytes(s)
  Packets       : 0x01 (1)
  OpCode        : 0x201F (HCI_LE_TestEnd)
  Status        : 0x00 (0) (SUCCESS)
  NumOfPackets  : 0x0000 (0)
Dump (Rx):
0000:04 0E 06 01 1F 20 00 00 00
-----
    
```

3.7 HCI_EXT_ModemTestTxCmd 和 HCI_LE_Transmitter_Test 的区别

对于 FCC 监管测试，设置 HCI_EXT_ModemTestTxCmd (或对于不同的 PHY 速率，设置 HCIExt_EnhancedModemTestTxCmd) 而不是 HCI_LE_Transmitter。

HCI_EXT_ModemTestTxCmd 包括调制载波或未调制载波的输入。设置 HCI_EXT_ModemTestTxCmd 之前，为 Tx 功率设置 HCIExt_SetTxPowerCmd。

发送 HCI_LE_Transmitter_Test 命令后，CC26xx/CC13xx 器件将发出 LE 测试数据包。这可用于带内发射。HCI_LE_TransmitterTest 命令将低功耗蓝牙器件配置为以最大功率发送。要更改使用的 TxPower，请提前使用命令 HCI_EXT_SetMaxDtmTxPowerCmd。

下面总结了不同测试的测试命令：

- 对于 FCC 测试，设置 HCIExt_SetTxPowerCmd，然后设置 HCIExt_ModemTestTxCmd (或 HCIExt_EnhancedModemTestTxCmd)
- 对于带内发射测试，请设置 HCI_EXT_SetMaxDtmTxPowerCmd，然后设置 HCI_LE_Transmitter_Test。

[11] 和 [12] 提供 HCI 命令的详细信息。

4 总结

在使用 CC26xx/CC135x 器件开发低功耗蓝牙产品的早期阶段，您可以使用 SmartRF Studio 进行射频性能测试。使用蓝牙测试仪 [8][9][10]，您可以使用启用生产测试模式的 host_test FW 或固件刷写 CC26xx/CC13xx 器件。然后，蓝牙测试仪和 CC26xx/CC13xx 将通过 HCI 接口进行通信并自动运行测试。

对于生产线，用户可以根据 JTAG 调试线的可用性，使用 SmartRF Studio 或 BTool (HCI 命令) 进行射频测试。

对于外部主机/MCU 连接到 CC26xx/CC13xx 器件的产品，克隆 HCI 原始命令并让外部主机/MCU 将 HCI 命令设置为 CC26xx/CC13xx 器件。测试前，外部主机/MCU 必须通过 CC26xx/CC13xx 器件 [13] 的引导加载程序刷写 host_test FW。完成测试后，外部主机/MCU 可以将已发布/生产的 FW 刷写到 CC26xx/CC13xx 器件。

图 4-1 总结了有关如何规划蓝牙射频无线电测试的指南。SimpleLink MCU 为射频性能测试提供了灵活的工具。您可以评估自己的资源，然后采用合适的测试流程。

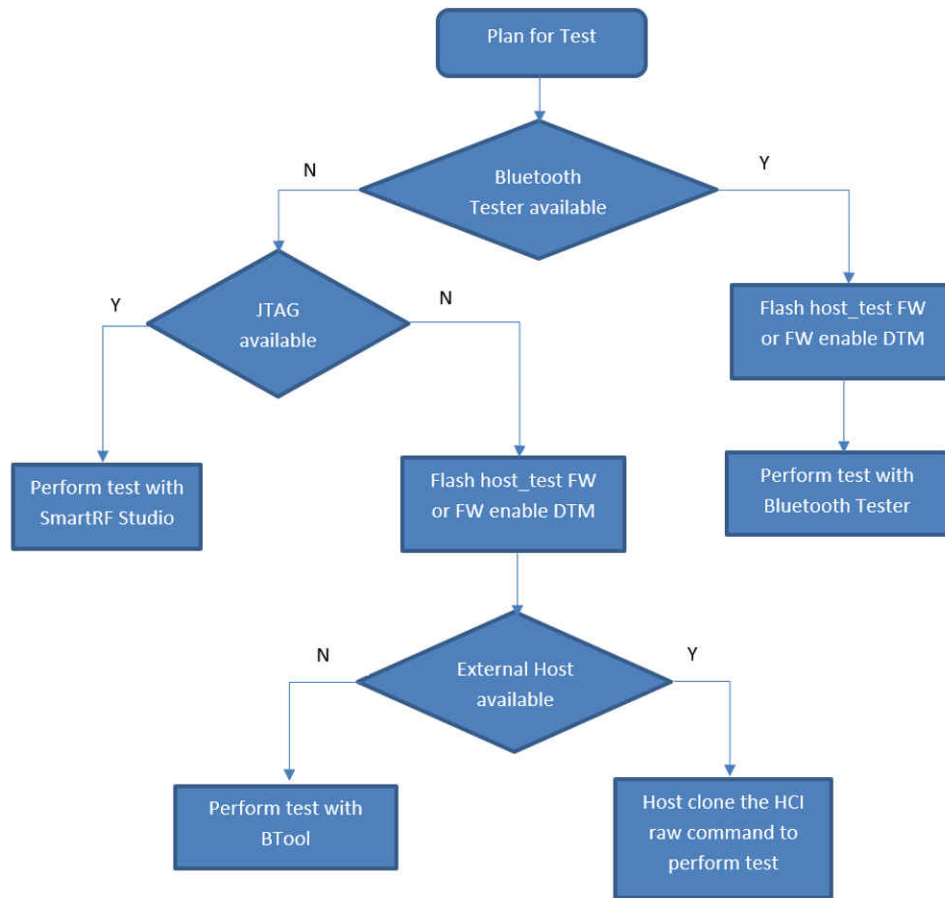


图 4-1. 测试计划流程图

5 参考文献

1. SMARTRF-STUDIO
2. 使用 BTool
3. 定义应用程序行为
4. 低功耗蓝牙基本原理
5. 德州仪器 (TI) : [SmartRF Studio 7 教程](#) (练习 1 和 2)
6. 任务 1 : [SmartRF Studio ↔ SmartRF Studio](#)
7. 德州仪器 (TI) : [CCxxx 器件的基本射频测试](#)
8. <https://www.litepoint.com/chipsets/#>
9. 蓝牙测试设置 : [MT8852B](#)
10. [R&S@CMW270 无线连接测试仪](#)
11. [HCI 命令](#)
12. [HCI 供应商特定指南](#)
13. 德州仪器 (TI) : [CC2538/CC26x0/CC26x2 串行引导加载程序接口](#)

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (February 2022) to Revision A (August 2022)	Page
• 更新了 节 3.2 。	5
• 更新了 节 3.3 。	8

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司