

使用 R&S®CMW 宽带 无线电通信测试仪 执行 Bluetooth® 测试





目录

Bluetooth® 技术的发展和普及是一个独特的成功案例。目前，启用 Bluetooth® 无线技术的设备以每年 36 亿台的数量增长。随着物联网 (IoT) 技术的发展，这个数目在未来几年还会大幅增加。Bluetooth SIG 预计到 2022 年，新增 Bluetooth® 设备的数量将接近 56 亿。

为确保连接性以及无故障操作，必须测试每台启用 Bluetooth® 的设备是否符合 Bluetooth SIG 标准及管理要求。

罗德与施瓦茨产品

- R&S®CMW 宽带无线电通信测试仪
- R&S®CMWrun 自动化测试软件

欲了解更多信息，请访问

www.rohde-schwarz.com/cmw

Bluetooth SIG 使用“被测设备”(DUT)、“被测器械”(EUT) 以及“被测实现”(IUT) 术语。在本文档中，统一使用 EUT。

罗德与施瓦茨是 Bluetooth® 测试领域的专家
▷ 见 P4

R&S®CMW 平台概览

▷ 见 P6

Bluetooth® 技术概览

▷ 见 P8

Bluetooth® 应用

▷ 见 P10

如何将 Bluetooth® 产品推向市场

▷ 见 P12

Bluetooth® Classic 以及 Low Energy RF 测试用例

▷ 见 P13

一体化 Bluetooth® 测试仪适用于产品创建的各个阶段

▷ 见 P14

针对 Bluetooth® Classic 以及 LE 的 RF 测试方法

▷ 见 P16

接收机/发射机 RF 验证

▷ 见 P18

音频质量测试

▷ 见 P26

生产解决方案

▷ 见 P30

Bluetooth® LE 广告信道测试

▷ 见 P32

R&S®CMWrun 自动化测试软件

▷ 见 P34

从售前支持到售后服务，就在您的门前。

▷ 见 P35

Bluetooth® 字标和徽标是 Bluetooth SIG, Inc. 所有的注册商标。罗德与施瓦茨对于此类标志的任何使用都在许可下进行的。

罗德与施瓦茨是 Bluetooth® 测试领域的专家

1998年，罗德与施瓦茨是第一个作为测试与测量领域的专家成为 Bluetooth SIG 会员的。罗德与施瓦茨从一开始就致力于提供创新的测试与测量解决方案，在 Bluetooth® 的发展中起到至关重要的作用。

罗德与施瓦茨参与 Bluetooth® 技术发展

1998年，罗德与施瓦茨成为第一个与蓝牙技术联盟(SIG)合作的测试与测量专家，并自此一直与 Bluetooth SIG 保持密切合作。当时，蓝牙技术用于实现移动电话 (M) 与计算机 (C) 之间的无线连接，所以被称为 MC-Link。Bluetooth® 那时只是一个项目名称。后来，Bluetooth® 成为正式的技术名称。

Bluetooth® 测试的里程碑

2000年，罗德与施瓦茨推出第一台 Bluetooth® 测试仪器，也就是 R&S®PTW60 协议测试仪。随后又在 2001年推出 R&S®TS8960 Bluetooth® RF 认证测试系统。当时，Bluetooth SIG 亟需用于首批 Bluetooth® 芯片及组件的认证解决方案。鉴于罗德与施瓦茨产品符合所有要求，Bluetooth SIG 以及几乎所有的 Bluetooth® 测试机构纷纷采用这两种罗德与施瓦茨解决方案。

与此同时，罗德与施瓦茨又基于 R&S®CMU200 通用无线通信测试仪，开拓性地设计出适用于 Bluetooth® RF 测试的一体化测试仪。该测试仪已于 2001 年推出。

罗德与施瓦茨 Bluetooth® 测试设备精选

R&S®PTW60

针对 Bluetooth® 解决方案的 R&S®PTW60 协议测试仪

市面上首台 Bluetooth® 协议测试仪



R&S®TS8960

Bluetooth® 认证测试系统

市面上首台 Bluetooth® 认证测试系统



2000

2001

罗德与施瓦茨于2004年推出 R&S®CBT/R&S®CBT32 Bluetooth® 测试仪，这是公司发展史上的又一里程碑事件。该测试仪兼具灵活性、测量速度快以及多功能测试选项，成为研发和生产过程中的测量参考标杆，并且得到了全球所有的大型 Bluetooth® 技术参与者的普遍采用。¹⁾

更进一步

2010 年，在研发 R&S®CBT/R&S®CBT32 的同时，罗德与施瓦茨着手在 R&S®CMW 宽带无线电通信测试仪中实施 Bluetooth® 测试功能。除了当前的 Bluetooth® RF 及音频测试之外，R&S®CMW 平台还支持所有的移动通信标准以及 WLAN。R&S®CMW 平台因新功能而不断增强，甚至能够支持未来的 Bluetooth® 技术发展。罗德与施瓦茨想给用户传递的信息很明确：一次投资，长期受益。

¹⁾ R&S®PTW60, R&S®TS8960, R&S®CMU200 以及 R&S®CBT/ R&S®CBT32 自此已停用。

Bluetooth® 技术发展

1 技术概览

- ▮ 短程无线通信技术
- ▮ 2.4 GHz 工作频率，用于 ISM 频段
- ▮ 使用跳频扩频 (FHSS) 技术，因此具有高可靠性

2 Bluetooth® Classic

- ▮ 应用：移动电话、耳机、立体声、汽车、PC
- ▮ 应用吞吐量：0.7 Mbps 至 2.1 Mbps，带语音功能
- ▮ 最多七个有源从设备，具有高延时 (> 100 ms)

3 Bluetooth® Low Energy (LE)

- ▮ 应用：移动电话、汽车、医疗、健身、家居、传感器、广告、PC
- ▮ 应用吞吐量：约 305 kbps，不带语音功能
- ▮ 有源从设备数量无限制，延时 < 6 ms

4 Bluetooth SIG

- ▮ Bluetooth® 技术的管理，维护和创新组织
- ▮ 制定 Bluetooth® 规范以确保互操作性
- ▮ 认证机构以及品牌标志所有者

R&S®CMU200

通用无线通信测试仪

市面上首台 Bluetooth® 信号 RF 测试仪



2001

R&S®CBT/R&S®CBT32

Bluetooth® 测试仪

在研发和生产的过程中作为 Bluetooth® 测试参考标杆



2004

R&S®CMW

宽带无线通信测试仪

用于测试 Bluetooth® 无线技术以及 WLAN 和 LTE 等其他无线标准的通用平台



自 2010 年起

R&S®CMW 平台概览

通过紧凑的一体化设计，支持所有主流的无线接入技术。不仅适用于智能手机和平板电脑等测试移动设备，而且适用于基站及接入点。该平台可以满足用于汽车，医疗保健，智能家居及其他IoT细分领域的无线接入产品的测试要求。

罗德与施瓦茨是公认的 **Bluetooth®** 测试解决方案领域的可靠合作伙伴

R&S®CMW 宽带无线通信测试仪平台支持最高第 5 版的 Bluetooth® 技术。该平台涵盖 Bluetooth® Classic 信号功能，并且适用于 Bluetooth SIG 指定的所有 Bluetooth® LE 发射机及接收机测试。R&S®CMWrun 自动化测试软件能够自动执行所有的 Bluetooth SIG 测试用例，使一致性测试变得简单。公司提供多种有助于快速、全面地对启用 Bluetooth® 的设备进行生产测试的选件，极大地加快生产过程。R&S®CMW 一体化支持 Bluetooth® 技术、其他非蜂窝标准以及所有主要的蜂窝标准。

R&S®CMW 一体化平台具有多重优势，能够满足未来发展需求

R&S®CMW 平台易于使用，能够有效执行从复杂的实验室试验到生产线测试的所有测量任务，满足用户极其严格的速度和可靠性要求。高端 R&S®CMW500 可以覆盖整个频谱，R&S®CMW270 则专门用于非蜂窝连接应用。R&S®CMW290 是一种节约成本的紧凑型号，适用于标准测量以及功能性测试。R&S®CMW100 测试仪也已针对生产应用而优化。所有的 R&S®CMW 型号都使用一致的控制代码，因此用户可以轻松在其他型号上重用代码，比如用于远程控制。

平台概览 - 预配置型号

R&S®CMW500

一体化测试平台



R&S®CMW500 宽带无线通信测试仪是适用于 RF 集成和协议开发的通用测试平台。此类测试仪可作为 R&S®CMW500 callbox 以及 R&S®CMW500 协议测试仪。R&S®CMW500 包含完全集成的端对端 (E2E) 数据解决方案，支持全面的 IP 吞吐量和质量测量。此类测试仪内置衰落模拟器，能够轻松地在实际传播条件下执行测试。R&S®CMW500 可在产品开发、生产、服务的所有阶段使用。此解决方案提供最广泛的支持技术。

R&S®CMW290

用于基本功能性测试的紧凑型 RF 测试仪



R&S®CMW290 功能性无线通信测试仪是节约成本、紧凑的 R&S®CMW500 版本。对于需要测量 RF 基本特性或验证无线设备功能的用户，此类测试仪十分合适。R&S®CMW290 为服务公司提供优质、定制化的自动测试环境，可用于功能性输入和输出测试。此类测试仪具有强大的网络模拟功能，有助于 IoT/M2M 系统集成商对模块集成以及定制化 IP 应用执行功能性测试。

丰富的硬件和软件选件

R&S®CMW 平台融入可扩展选件概念，提供了丰富的软件和硬件选件。因此，用户可以根据指定的测试与测量要求单独配置 R&S®CMW。

R&S®CMW 与持续的技术发展保持同步，可提供软件更新和新软件选件。硬件组件亦可升级。

用户可以使用独特的软件工具来扩展功能范围。R&S®CMW 平台能够一体化覆盖整个测试与测量频谱。

覆盖所有技术的一体化测试仪

1 多功能硬件平台

- 支持 6 GHz
- 最多 4 个射频通道
- 用于 E2E 测试的内部服务器

2 多 RAT 信号

- LTE-A、WCDMA/HSPA+、GSM/GPRS/EGPRS
- CDMA2000® 1xRTT/EV-DO、TD-SCDMA
- WLAN、Bluetooth®

3 Bluetooth® LE 和 Bluetooth® Classic

- 外部电脑自动控制模式下的所有 Bluetooth SIG RF 测试用例，提供详细的测试报告
- 参数测试概念以及很快的频谱测量
- Bluetooth® 音频测量（选项）
- Bluetooth® 5

4 支持 WLAN 信号

- LTE-WLAN 数据业务分流
- WLAN E2E 以及接入点测试
- 使用其他技术的设备内共存测试

5 适合生产应用的卓越功能

- 支持最多 8 台设备的多 EUT 测试
- 支持所有主要供应商的芯片组
- 支持开发和生产流程的统一 GUI

R&S®CMW270

支持所有非蜂窝技术的专业设备



R&S®CMW270 无线连接测试仪是一种节约成本的替代方案，可用于开发、生产和服务流程。这一非蜂窝技术领域“专家”功能丰富，可与 R&S®CMW500 相媲美。它支持 Bluetooth®、WLAN 以及广播技术。

R&S®CMW100

适合生产应用的紧凑型 RF 测试仪



R&S®CMW100 通信制造测试装置构建于 R&S®CMW 平台之上，具有灵活的 RF 接口，支持同步测试多达八个 RF 端口。R&S®CMW100 的远程控制与测量概念与 R&S®CMW500 是一致的。这两类测试仪都使用相同方法来优化测试时间和设备使用率。使用 R&S®CMW100，用户能够在非信令模式下经济有效地校准和验证无线设备（分析仪/发生器）。

Bluetooth® 技术概览

Bluetooth® 技术是规范 ISM 频段内短程数据交换的无线标准。

基本原理

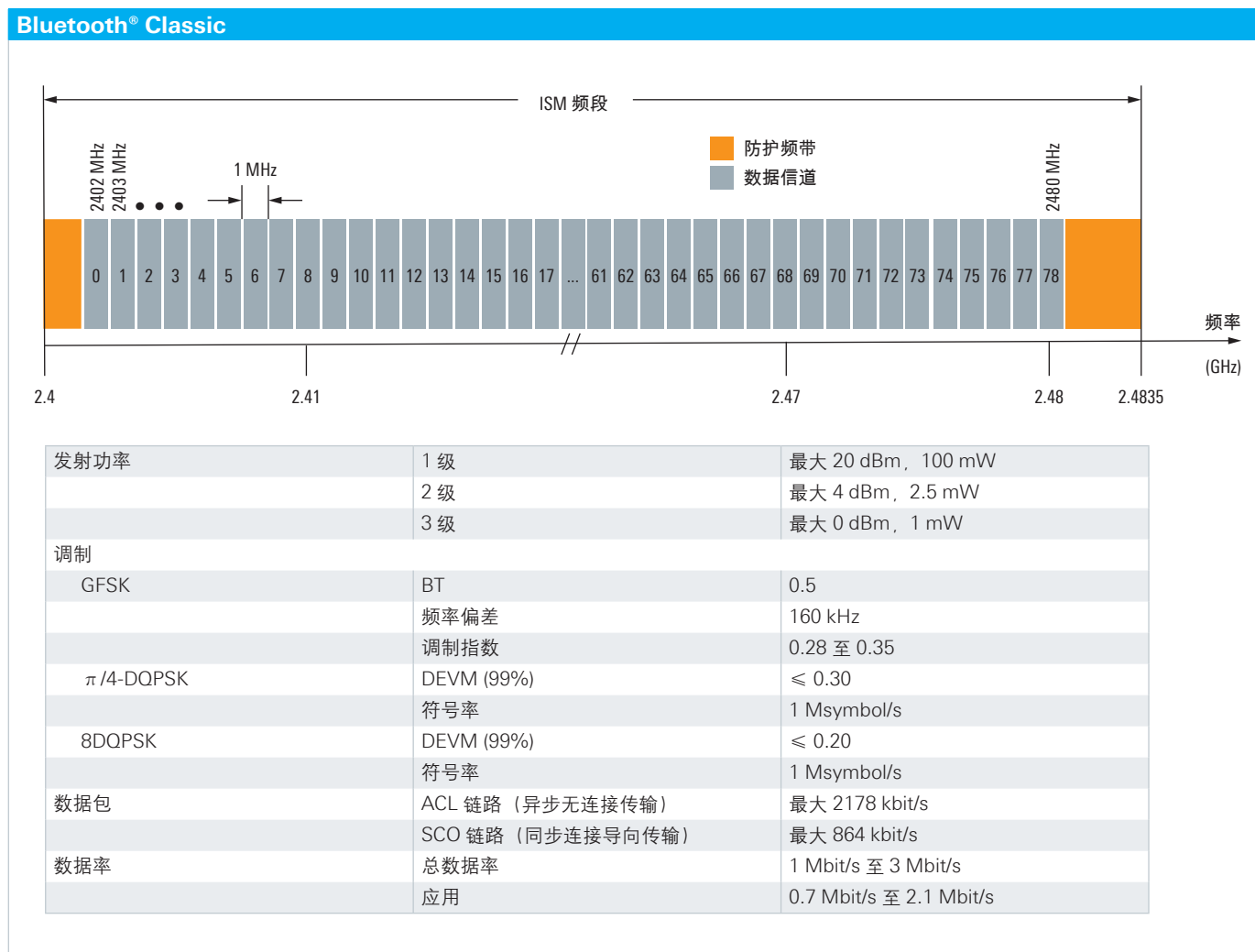
Bluetooth® 设备通常由主机以及 Bluetooth® 控制器构成，两者均通过主机控制接口 (HCI) 通信。Bluetooth® 协议栈和应用都在主机上运行，Bluetooth® 控制器则提供基带操作。应用程序使用特定配置文件，以便将 Bluetooth® 设备的特定功能转换为服务（比如温度测量）。随着 Bluetooth® 技术不断迁移到更广泛的应用中，配置文件的数量也在不断增加。共享同一基带和配置文件以实现互操作性的 Bluetooth® 设备可以互相关联。

Bluetooth® Classic

根据 Bluetooth® 核心规范第 1 版及更高版本，Bluetooth® Classic 用于表示使用基本速率 (BR) 以及增强数据率 (EDR) 操作的 Bluetooth® 设备。该操作模式的主要特征如下：

- 使用低数据率 (BR) 的传统操作
- 使用更快传输速度 (EDR) 的操作

79 个 RF 信道可用于数据传输，每个信道都具有 1 MHz 间隔并且位于 2.4 GHz ISM 频段。信道之间的跳频可防止干扰周围的无线信号。在自适应跳频模式下，不使用阻隔信道。BR 调制使用高斯频移键控 (GFSK)，总数据率为 1 Mbit/s。EDR 则通过使用 $\pi/4$ -DQPSK (2 Mbit/s) 和 8DPSK (3 Mbit/s) 相移键控，数据率进一步增强。



Bluetooth® Low Energy (LE)

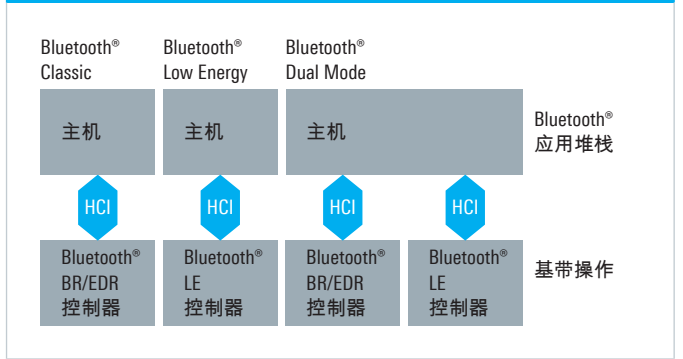
根据 Bluetooth® 核心规范第 4 版及更高版本，Bluetooth® Low Energy (LE) 用于表示能耗低于 Bluetooth® Classic 的设备。Bluetooth® 5 规范介绍此类设备的优势，如下：

- 提高功率管理效率，能耗最高节约 60%
- 远程覆盖，有效范围最高增加四倍
- 传输速度翻倍

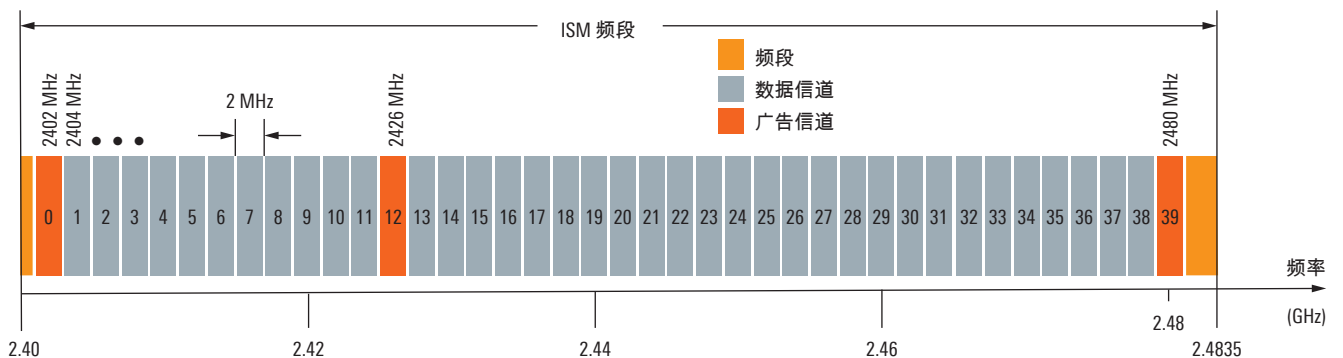
Low energy 设备使用 40 个 RF 信道，每个信道都具有 2 MHz 间隔并且位于 2.4 GHz ISM 频段。这些信道被分成三个专用广告信道，其余 37 个则作为数据和辅助广告信道。在广告模式下，这些信道以类似信标的方式传输低数据率信息。数据信道上的实际数据连接可以理解为支持自适应跳频模式的经典微微网。微微网由定义时钟的主设备以及最多七个从设备构成。

针对未编码数据包的 GFSK 调制得到最高 2 Mbit/s 的总数据率，且调制指数介于 0.45 至 0.55。相应的可选稳定调制指数则介于 0.495 至 0.505。对于远程操作，编码数据包可实现最高 500 kbit/s 的总数据率。

Bluetooth® 基础架构



Bluetooth® Low Energy



发射功率	1 级	最大 20 dBm, 100 mW	
	1.5 级	最大 10 dBm, 10 mW	
	2 级	最大 4 dBm, 2.5 mW	
	3 级	最大 0 dBm, 1 mW	
调制	GFSK	BT	
		频率偏差	250 kHz 或 500 kHz
		调制指数	0.45 至 0.55
数据包		稳定调制指数	0.495 至 0.505
		LE 1M, 未编码	最大 1 Mbit/s
		LE 2M, 未编码	最大 2 Mbit/s
		LE, 已编码, S = 2 : 2 符号/数据位	最大 500 kbit/s
数据率		LE, 已编码, S = 8 : 8 符号/数据位	最大 125 kbit/s
		总数据率	1 Mbit/s 至 2 Mbit/s
		应用	0.2 Mbit/s 至 0.6 Mbit/s

Bluetooth® 应用

现在，Bluetooth® 技术无处不在：汽车、智能手机、计算机、耳机、健身跟踪手环、玩具、智能家居、医疗技术、工业应用等，应用范围几乎是没有限制的。

汽车

所有的主要汽车制造商都提供启用 Bluetooth® 的免提呼叫系统。除了免提呼叫功能之外，Bluetooth® 技术还将信息娱乐集成到车辆中，通过连接音频系统，乘客和驾驶员能够在驾驶过程中收听任何音频，也可以使用应用程序导航以及查看交通、气象报告和饭店信息。

无线 (OTA) 汽车钥匙系统是公司车队、共享汽车公司以及汽车租赁机构的虚拟智能手机密钥。驾驶员可以通过智能手机应用预约所需车辆，OTA 钥匙系统随后将加密数据发送到手机，以便驾驶员进入车辆。

新的手机应用也使用 Bluetooth® 技术来监控和诊断机械及电气组件。比如，胎压监测以及电子轮胎信息系统会持续监测轮胎充气压力，并且能够可靠地在胎压异常的情况下警示驾驶员。

保健和医疗

Bluetooth® 技术是适合医院及家居应用的理想无线标准。启用 Bluetooth® LE 的血糖监测仪、脉搏血氧计、心率监视器、哮喘吸入器及其他产品越来越常见。此类产品能够连接到启用 Bluetooth® 的 PC、平板电脑以及智能手机上，因此深受消费者的喜爱。患者及看护能够实时接收重要信息，以便更准确、全面地了解人体对治疗处方的反应。此类信息有助于他们跟踪一段时间内的健康数据、显示趋势，甚至在必要时提供警示。



可穿戴设备

可穿戴市场不断发展，涵盖活动监视器、智能眼镜、耳机、儿童及宠物监视器、医疗辅助设备、头部及手持终端设备、相机乃至智能服装。到目前为止，这些产品都是通过 Bluetooth® 技术连接。健身可穿戴设备可以穿在手腕的任何位置，用于监测步数、活动、睡眠乃至情绪。信息娱乐可穿戴设备的范围很广，涵盖使用 Bluetooth® 技术连接到移动应用的音频耳机、智能手表以及智能眼镜。工业可穿戴设备应用涵盖免提终端设备以及头戴式显示器，可用于提高物流、库存及生产的效率，并确保工人安全。

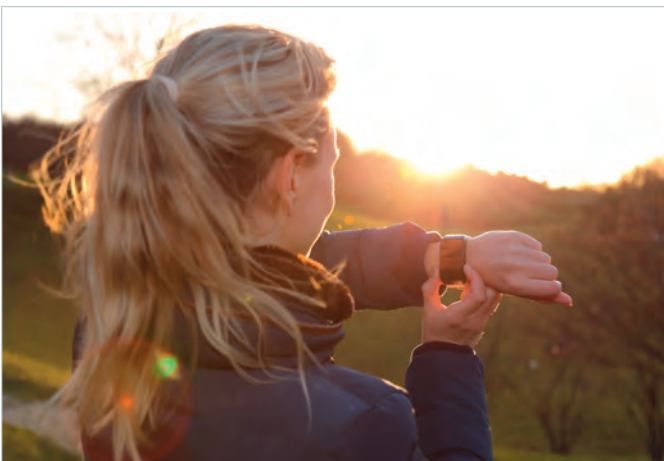
消费类电子设备及家居自动化

近来，大部分消费类电子设备都已连接智能又节能的无线 Bluetooth® 技术。Bluetooth® 实际上是 PC 应用的一项标准功能。Bluetooth® 设备不断普及，帮助音乐爱好者实现耳机、扬声器、手机或 PC 之间的无线连接。游戏 VR 耳机、牙刷、灯泡、瑜伽垫、工具和割草机等新产品在发布时也支持无线 Bluetooth® 连接。

房主可以通过手上的电话、平板电脑或笔记本电脑控制照明、温度、家用电器、窗户和门锁以及居家安全系统。大多数的房主至少拥有一台支持 Bluetooth® 功能的智能手机或平板电脑，所以他们能够使用自己已经熟悉的设备。

零售及定位服务

Bluetooth® 技术的普及打开了新的市场。信标是向智能手机传输位置信息并且由 Bluetooth® LE 驱动的小物体，使手机钱包及定位服务成为可能。信标功能已经应用于商场营销、大型体育馆的室内导航以及非接触支付，比如停车。机场、中转站以及大型活动场馆也会使用信标，以便轻松发送离场通知、延误通知以及其他乘客信息。



如何将 Bluetooth® 产品推向市场

使用 Bluetooth® 技术的产品取得上市资质之前，必须满足两大审批要求：Bluetooth SIG 以及国家认证机构要求提供官方认证。

Bluetooth® 认证

Bluetooth SIG 指定的 Bluetooth® 认证计划的目的是保护 Bluetooth® 技术及品牌的价值。Bluetooth SIG 合规计划旨在确保产品符合 Bluetooth® 规范，并且与其他声称支持相同 Bluetooth® 配置文件的产品具有互操作性。

首先，在自主产品及服务中使用 Bluetooth® 无线技术的公司必须是 Bluetooth SIG 的成员。根据开发的产品，认证流程涉及不同的测试，比如 RF 一致性测试、协议及配置一致性测试以及配置互操作性测试。在产品通过所有必要的测试并且作出充分声明之后，供应商才可以使用 Bluetooth® 商标销售以及进行品牌推广。

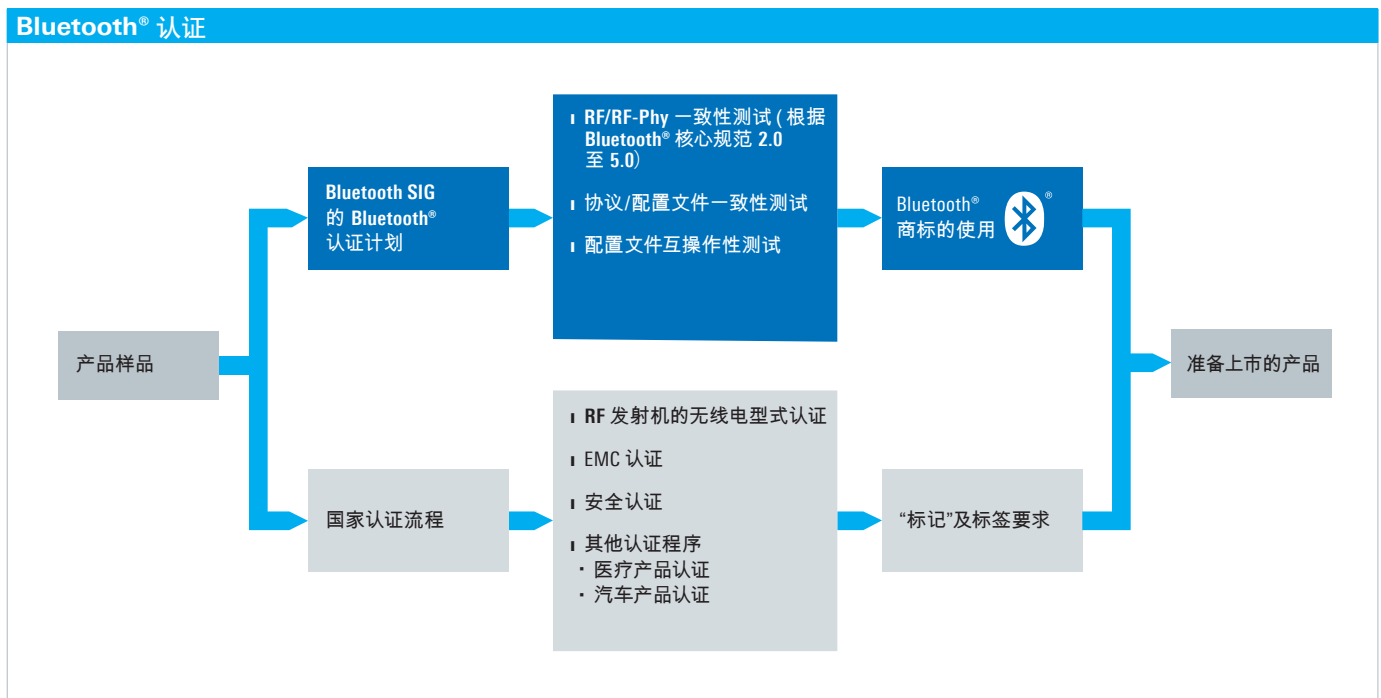
全国审批流程

国家机型核准要求也适用于 Bluetooth® 产品，并且是市场准入的首要前提。Bluetooth® 产品通常需要满足三项产品认证要求：

- 针对 RF 发射机/收发信机装置的无线电型式认证
- 针对 RF 部分的 EMC 认证，在主机内部安装以及相对于普通配置和使用条件的情况下，通常需要进行此类认证
- 安全认证，通常取决于产品及任何相关电源的操作电压

认可的测试机构：BQTF 以及 BRTF

如果需要进行 RF 一致性测试以及全国无线电机型核准，则需要到 Bluetooth SIG 以及所涉国家/地区认可的试验室完成相关测试。Bluetooth SIG 认可两个不同类型的测试机构进行认证一致性测试：Bluetooth® Qualification Test Facility (BQTF) 以及 Bluetooth® Recognized Test Facility (BRTF)。只有大型测试机构才能成为 BQTF，后者经 Bluetooth SIG 认可，能够执行测试用例参考列表 (TCRL) 上确定的认证一致性测试。Bluetooth SIG 只向少数几家公司授予了 BRTF 身份。这意味着，这些公司有权限独立开展测试，并且可以帮助客户加快产品上市。



Bluetooth® Classic 以及 Low Energy RF 测试用例

Bluetooth SIG定义了Bluetooth® Classic以及Bluetooth® Low Energy的测试用例。R&S®CMW平台以及R&S®CMWrun支持所有的Bluetooth® RF测试用例。

Bluetooth® Classic RF 测试用例 (最高 Bluetooth® 5)				
发射机测试	TP/TRM/CA/BV-xx-C		发射机测试	TP/TRM/CA/BV-xx-C
输出功率	01		初始载频容限	08
功率谱密度	02		载频漂移	09
功率控制	03		EDR 相对发射功率	10
发射输出频谱 - 频率范围	04		EDR 载频稳定性以及调制准确性	11
发射输出频谱 - 20 dB 带宽	05		EDR 差分相位编码	12
发射输出频谱 - 相邻信道功率	06		EDR 带内杂散	13
调制特性	07		增强型功率控制	14
接收机测试	TP/RCV/CA/BV-xx-C		接收机测试	TP/RCV/CA/BV-xx-C
灵敏度 - 单时隙数据包	01		最大输入电平	06
灵敏度 - 多时隙数据包	02		EDR 灵敏度	07
C/I 性能	03		EDR BER 平台性能	08
阻塞性能	04		EDR C/I 性能	09
互调性能	05		EDR 最大输入电平	10

Bluetooth® Low Energy RF 测试用例 (最高 Bluetooth® 5)								
	LE 1M 1 Msymbol/s	LE 2M 2 Msymbol/s	LE 1M 1 Msymbol/s SMI	LE 2M 2 Msymbol/s SMI	已编码 1 Msymbol/s S = 2	已编码 1 Msymbol/s S = 8	已编码 1 Msymbol/s SMI S = 2	已编码 1 Msymbol/s SMI S = 8
发射机测试	TP/TRM-LE/CA/BV-xx-C							
输出功率	01							
带内发射	03	08						
调制特性	05	10	09	11		13		
载频偏置和漂移	06	12				14		
接收机测试	TP/RCV-LE/CA/BV-xx-C							
接收机灵敏度	01	08	14	20	26	27	32	33
C/I 及接收机灵敏度	03	09	15	21	28	29	34	35
阻塞性能 ¹⁾	04	10	16	22				
交调性能 ¹⁾	05	11	17	23				
最大输入信号电平	06	12	18	24				
误包率 (PER) 报告完整性	07	13	19	25	30	31	36	37

¹⁾ 需要一台额外的信号发生器。

一体化Bluetooth® 测试仪适用于产 品创建的各个阶 段

在全球各地几乎所有的 Bluetooth® 测试机构中，R&S®CMW 都是不可或缺的重要仪器。不同的 R&S®CMW 型号为整个产品开发流程提供支持，从研发到预认证，再到生产。

多功能 Bluetooth® 测试解决方案

R&S®CMW 平台满足 Bluetooth® 认证方案所述的所有要求，能够提供经过验证的完整 RF 测试覆盖，符合 Bluetooth® 5 以及针对 Bluetooth® Classic 以及 Low Energy 的所有传统规范。

根据 Bluetooth SIG 进行产品认证不仅成本高，而且非常耗时。鉴于大部分测试机构都会在自己的 Bluetooth® 测试设施中使用 R&S®CMW 平台，使用 R&S®CMW 进行预认证测试是合乎情理的。借助 R&S®CMWrun 解决方案，测试机构能够轻松、自动化进行这些预认证测试(参阅 "R&S®CMWrun 自动化测试软件" 见第34页)。

在开发过程中，R&S®CMW 平台中的 Bluetooth® 测试仪也可用于优化设计。得益于参数测试概念，用户可以单独设置所有的参数，并且可以进行不同的测试场景，甚至超出规范中的要求。

R&S®CMW® 测量频谱的速度非常快，用户不需要在外部频谱分析仪上执行测量，节约了购买此类分析仪的成本。R&S®CMW 平台可以在研发过程中使用，以便设计出出色的产品特性和不断改进市场定位。



使用 R&S®CMW 平台成功研发产品并通过相关认证，进而提高生产效率。R&S®CMW100 有助节约成本，并且与其他的 R&S®CMW 型号使用统一的控制命令，适用于生产测试 (参阅“生产解决方案”见第30页)。

RF 预认证测试设置

R&S®CMW 支持所有的 RF 测试用例，以便对 Bluetooth® 基本速率 (BR)、增强数据率 (EDR) 以及 Bluetooth® 低功耗 (BLE) 进行预认证。

进行 RF 预认证测试的测试设置十分简单。R&S®CMW 使用 Bluetooth® LE 直接测试模式 (DTM)，只需将设备配置为发射或接收测试数据包即可。这种多元评估模式通过使用相同的采样数据集来实施并行发射机测量 (比如功率、调制、频谱等测量)，可以极大地缩短测试时间。这能提供更为详细的发射机功能概览，因为所有的测量参数均相互关联。如需进行更详细的分析，也可以放大其中的某项测量值。R&S®CMW 测试仪测量频谱的速度极快，有助于缩短开发时间。

R&S®CMW 还可以实施 Bluetooth® RF 测试用例以进行预认证，包括带内发射测试。借助 R&S®CMWrun 自动化软件工具，可实现 Bluetooth® LE 预认证测试的完全自动化。

R&S®CMW Bluetooth® 测试覆盖所有的产品创新流程



RF 预认证测试设置



¹⁾ 在有些测试用例中，需要额外使用一个信号发生器，比如 R&S®SGS100A SGMA RF 源。

针对 Bluetooth® Classic 以及 LE 的 RF 测试方法

R&S®CMW 覆盖所有的 Bluetooth® RF 发射机以及接收机测试。对于 Bluetooth® Classic，这些测试都必须在信号测试模式下进行。对于 Bluetooth® LE，RF 测试必须在直接测试模式 (DTM) 下进行。

Bluetooth® Classic 的信令测试模式

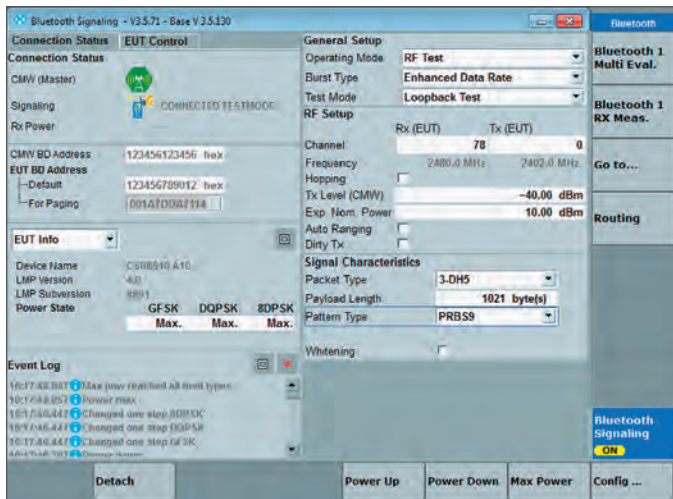
Bluetooth® 核心规范定义了一种测试模式，以便模拟真实的 Bluetooth® 连接在 Bluetooth® Classic EUT 上进行 RF 测试。用户必须通过内部主机控制接口 (HCI) 启用 EUT 的测试模式。通过搜索 Bluetooth® 设备 (查询) 或直接寻找特定 EUT 的地址，R&S®CMW (主设备) 可以与 EUT (从设备) 之间建立 Bluetooth® 连接。

建立 Bluetooth® 连接后，R&S®CMW 即可使用测试控制命令来控制 EUT。环回测试模式是最重要的操作模式。R&S®CMW 将 Bluetooth® 数据包发送给 EUT，EUT 再将数据包回环到 R&S®CMW。收发测试都可以在此模式下进行。

对于发射测试，R&S®CMW 在“标准的”电平下发射，在此情况下，EUT 中通常不会出现误码。EUT 将数据包返回给 R&S®CMW，以便 R&S®CMW 测量 EUT 的发射参数。

对于接收测试，R&S®CMW 在很低的电平下发射。EUT 接收数据包时，会出现误码。EUT 将错误的数据包返回给 R&S®CMW，以便 R&S®CMW 确定误码率。

如果使用 Bluetooth® 测试模式，则在跳频模式以及在固定频率下都可以实现 Bluetooth® 连接。



用于建立 Bluetooth® Classic 连接的测试模式设置。



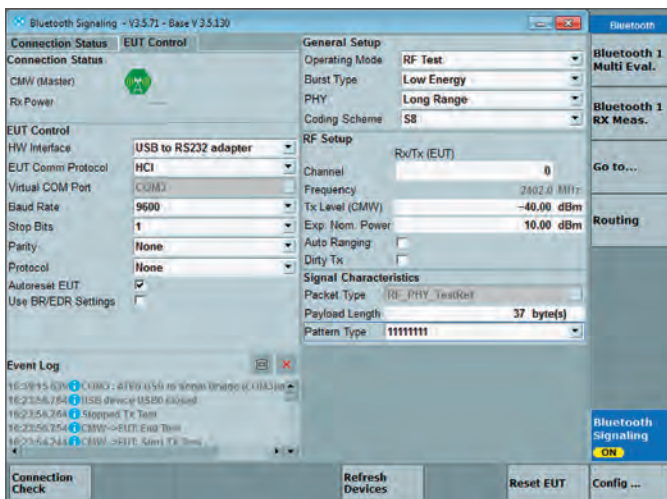
Bluetooth® Low Energy 直接测试模式 (DTM)

Bluetooth® 核心规范定义了一种直接测试模式 (DTM)，以便在 LE EUT 上进行 Bluetooth® RF 测试。DTM 并非基于仿真的 Bluetooth® 连接，而是在测试仪与 EUT 之间使用电缆连接。EUT 通常具有一个使用 HCI 或双线协议的 UART 接口。此接口用于连接 R&S®CMW。

对于发射测试，R&S®CMW 会向 EUT 发送 DTM 命令。作为响应，EUT 会将 LE RF 测试数据包发送到 R&S®CMW。用户可以在 R&S®CMW 上进行有效载荷模式、有效载荷长度以及 Bluetooth® 信道设置，并通过 DTM 命令将相关设置发送给 EUT。

对于接收测试，R&S®CMW 会向 EUT 发送 DTM 命令，以便 EUT 在接收模式下切换到特定的 Bluetooth® 信道。随后，R&S®CMW 会在适当的低电平下将确定数量的 Bluetooth® RF 测试数据包发送给 EUT。在一定的电平下，EUT 能够正确接收部分数据包，而有些数据包中则包含误码。EUT 通过计算每个接收数据包的 CRC 检查和计算出正确接收的数据包的数量，并将此检查与 R&S®CMW 传输的检查和作比较。测试结束时，R&S®CMW 会发送测试

结束命令。EUT 会将通过 DTM 连接正确接收的数据包的数量发送给 R&S®CMW。R&S®CMW 随后计算并显示误包率 (PER)。



设置 Bluetooth® Low Energy 的 DTM 连接参数。



接收机/发射机 RF 验证

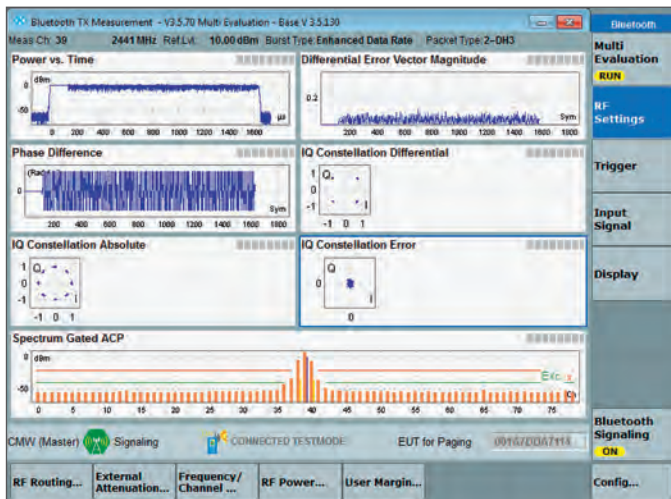
使用 R&S®CMW 平台，能够非常轻松地测试 Bluetooth® RF 性能和质量。R&S®CMW 能够执行 Bluetooth SIG（最高 Bluetooth® 5）指定的所有 RF 测试用例。

发射测量

R&S®CMW 使用 Bluetooth® RF 测试规范方法计算测量结果。所有测量均可在任意 Bluetooth® 信道上进行，并且可以使用不同的参数星座图。

R&S®CMW 可以同时执行不同的发射测量。多项评估视图提供所有发射测量的概览。用户可以从概览图切换到单独的功率、调制及频谱测量显示，以便更详细地查看结果。所有的信号参数都可以直接单独修改，比如 RF 信道、数据包类型、模式类型、数据包长度以及电平。R&S®CMW 有助于用户在实验室灵活地开展故障排查。用户还可以轻松快速地优化 EUT 的 RF 设计。

对于 Bluetooth® Classic R&S®CMW 支持针对所有发射测量的功率控制。除了控制单独的功率步进之外，用户还可以检查 EUT 的当前功率电平对调制及频率参数的影响。



多项评估视图提供所有同步测量的结果概览。左侧屏幕截图为 Bluetooth® EDR 多项评估视图。概览以及单独的 BR、EDR 以及 LE 模式缩放视图将在下面几页列出。

R&S®CMW 传输测量简介

发射测量	Bluetooth® Classic (BR 和 EDR)	Bluetooth® Low Energy
功率	平均功率、峰值功率以及泄漏功率 (BR)、GFSK 以及 DPDK 功率 (EDR)	平均功率、峰值功率以及泄漏功率
调制	Δf_1 和 Δf_2 、平均值、最小值及最大值 (BR)、 Δf_2 99.9% (BR)、DEVN: RMS、峰值、99% (EDR)	Δf_1 和 Δf_2 、平均值、最小值及最大值
频率	频率精度、频率漂移、漂移率 (BR)、 ω_i 、 ω_{0max} (EDR)	频率精度、频率漂移、漂移率 (BR)
频谱	20 dB 带宽、频率范围、相邻信道功率 (ACP) (BR)、EDR 带内杂散 (门控 ACP) (EDR)	带内发射 (ACP)
定时	保护时段 (EDR)、分组定时	-
其他	星座图、绝对值和相对值 (EDR)、相位差图 (EDR)	-

接收测量

R&S®CMW 覆盖 Bluetooth® RF 测试规范要求的所有 Bluetooth® 接收测量。

误码率 (BER) 以及误包率 (PER) 测试

在 R&S®CMW 输出功率恒定的情况下，可以进行 BER 以及 PER 测试，进而完成接收测量。这些测试可以是使用配置数量的 Bluetooth® 数据包进行的单独测量（根据规范测量），也可以是连续测量（以便进行错误分析）。

灵敏度测量

R&S®CMW 提供自动搜索功能，以便于确定接收机灵敏度。R&S®CMW 发生器电平逐步降低，直至达到 BER 或 PER 的配置限值为止。

加扰发射机

Bluetooth® 接收测试需要用到加扰发射机。Bluetooth® RF 测试规范根据不同的操作模式（基本速率、EDR 或 LE），定义了接收测量过程中测试仪 RF 发生器的动态行为。用户可以启用或关闭 R&S®CMW 加扰发射机功能。

下表显示了加扰发射机在“Bluetooth® LE 未编码，1 Mbps”模式下的行为。每传输 50 个 Bluetooth® 数据包，发生器参数就会变化（如该表所示）。每个数据包与定义的频率漂移重叠，使得数据包之间的初始相位在 0° 至 180° 之间变化。

除了规格表模式之外，用户也可以使用单一值模式，以便详细分析 Bluetooth® 接收机。在此模式下，用户能够单独更改载频漂移、调制指数以及符号定时误差，并且能够在必要时激活重叠的漂移。

自适应跳频 (AFH) 测试

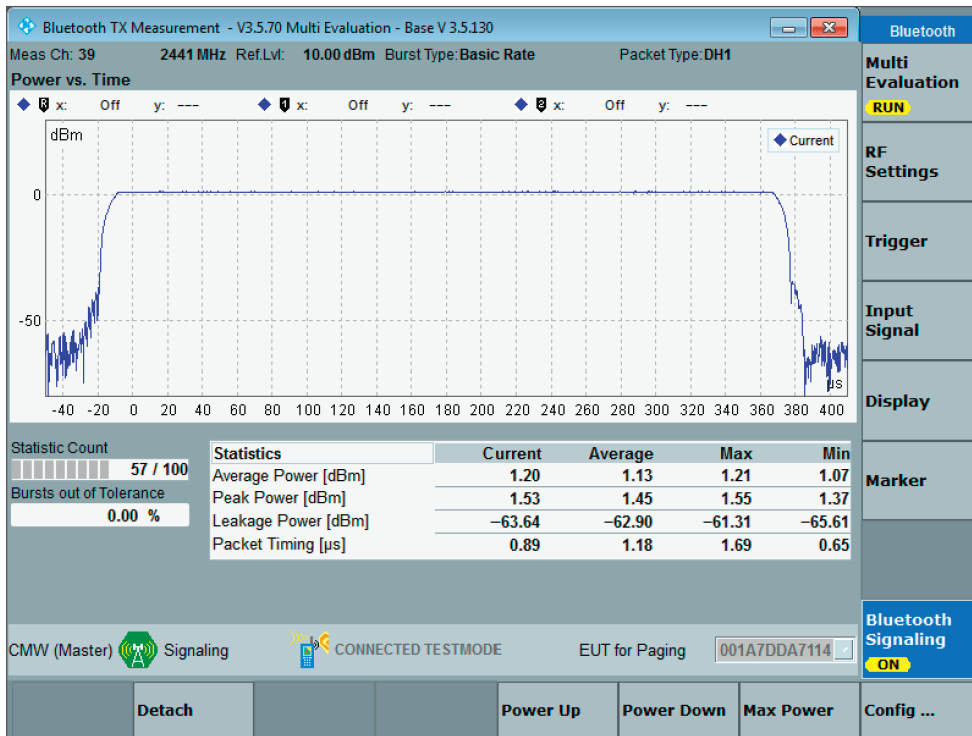
R&S®CMW 提供了适用于 Bluetooth® Classic 的自适应跳频功能。使用该功能，用户能够通过远程控制模式检查受外部干扰影响的 Bluetooth® 连接。

R&S®CMW500 上提供以下（远程）程序：

- AFH 信道映射图生成：查询所有 79 个 Bluetooth® 信道，并在 .csv 文件中以阻止 AFH (0) 或允许 AFH (1) 的方式列出
- 不良信道检测的依据
 - R&S®CMW 和 EUT 结合检测
 - 只检测 EUT
- 用户定义的 AFH 信道映射图：用户可以应用单独设置；如果已释放 20 个信道（最低数量），则 79 个信道中的每个信道都可以阻隔或释放

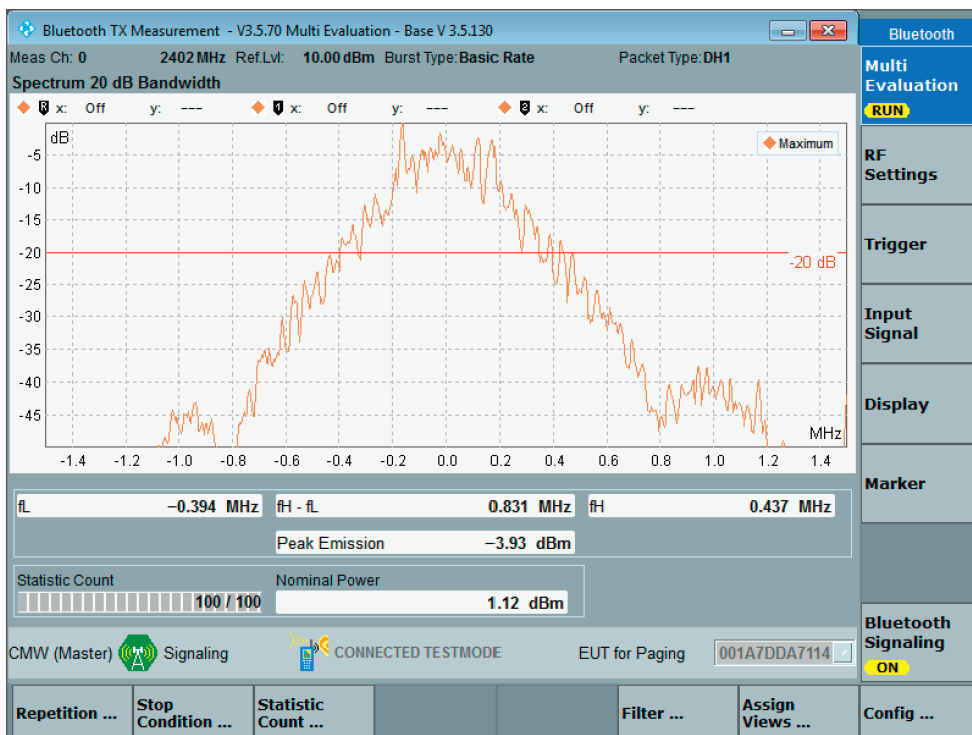
加扰发射机在“Bluetooth® LE 未编码，1 Mbps”模式下的行为			
测试运行	载频偏置	调制指数	符号定时误差
1	100 kHz	0.45	-50 ppm
2	19 kHz	0.48	-50 ppm
3	-3 kHz	0.46	+50 ppm
4	1 kHz	0.52	+50 ppm
5	52 kHz	0.53	+50 ppm
6	0 kHz	0.54	-50 ppm
7	-56 kHz	0.47	-50 ppm
8	97 kHz	0.5	-50 ppm
9	-25 kHz	0.45	-50 ppm
10	-100 kHz	0.55	+50 ppm

基本速率多项评估测量

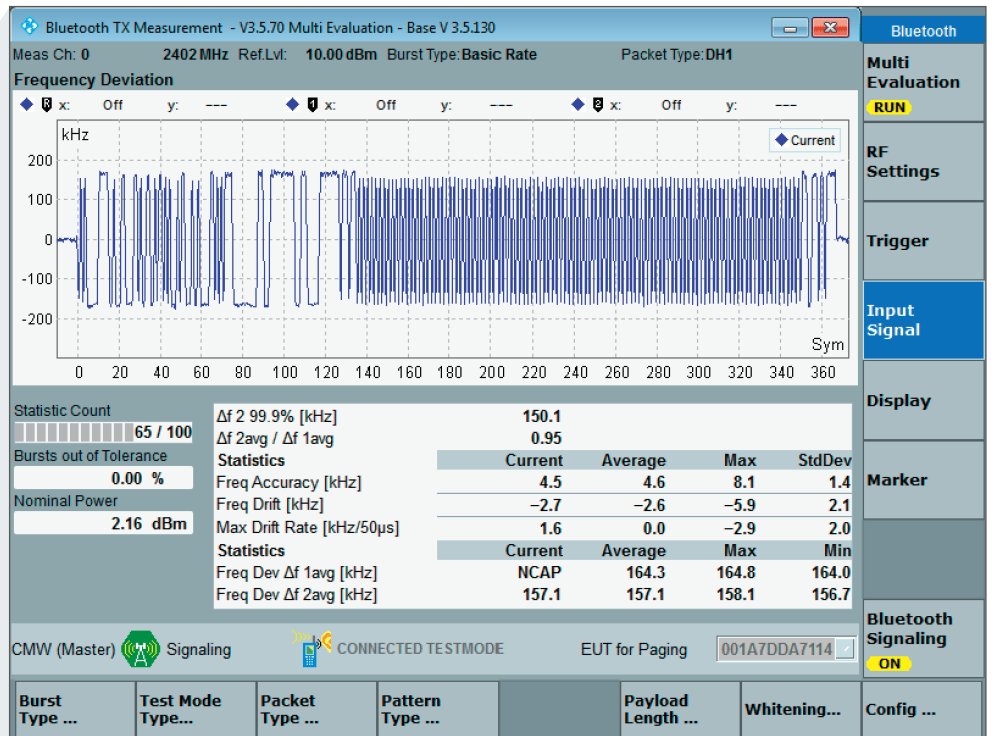


以下概览在一个窗口中显示了所有测量。每项测量均可单独显示，并提供补充详细信息。

功率及分组定时结果。频率、调制以及频谱测量菜单中都有功率控制键。通过此类按键，您可以检查 EUT 输出功率对任何测量结果的影响。



通过占用带宽测量，您可以运行 Bluetooth® RF 测试规范的“频谱 - 20 dB 带宽”测试用例。



频率精度、漂移、漂移率以及频率偏差结果。如选择交替位模式，则根据 Bluetooth® RF 测试规范，R&S®CMW 会显示 Δf_1 和 Δf_2 结果以及 $\Delta f_{2avg} / \Delta f_{1avg}$ 的比率。R&S®CMW 可以放大图形，并且最多可以使用三个光标以详细检查解调信号。

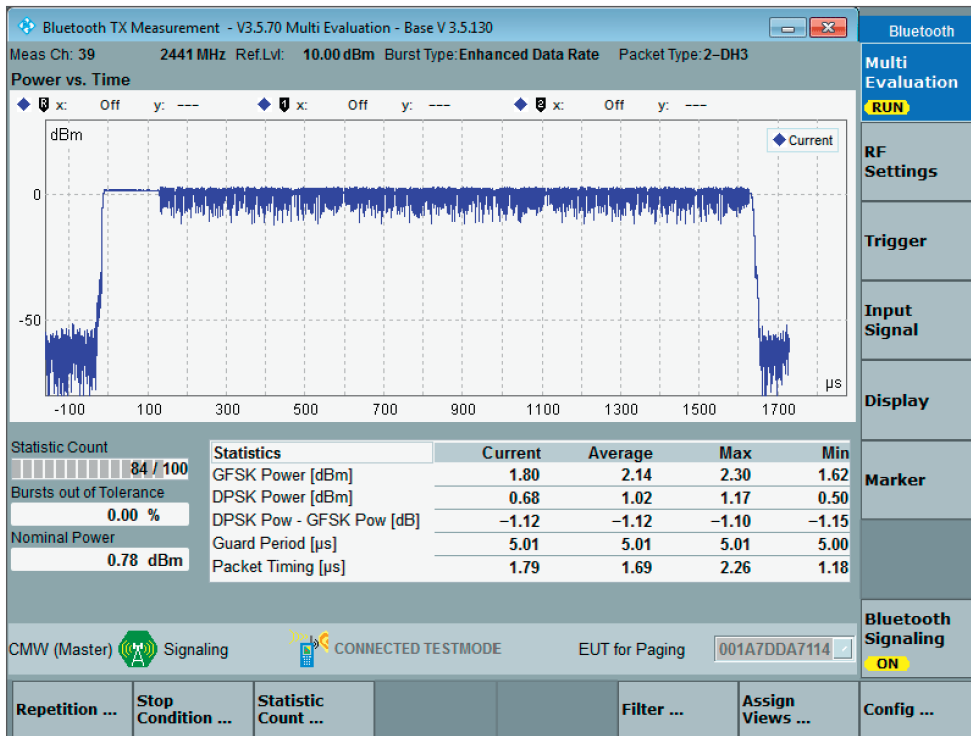


通过输入信号子菜单，您可以设置 Bluetooth® 测试模式信号特性。



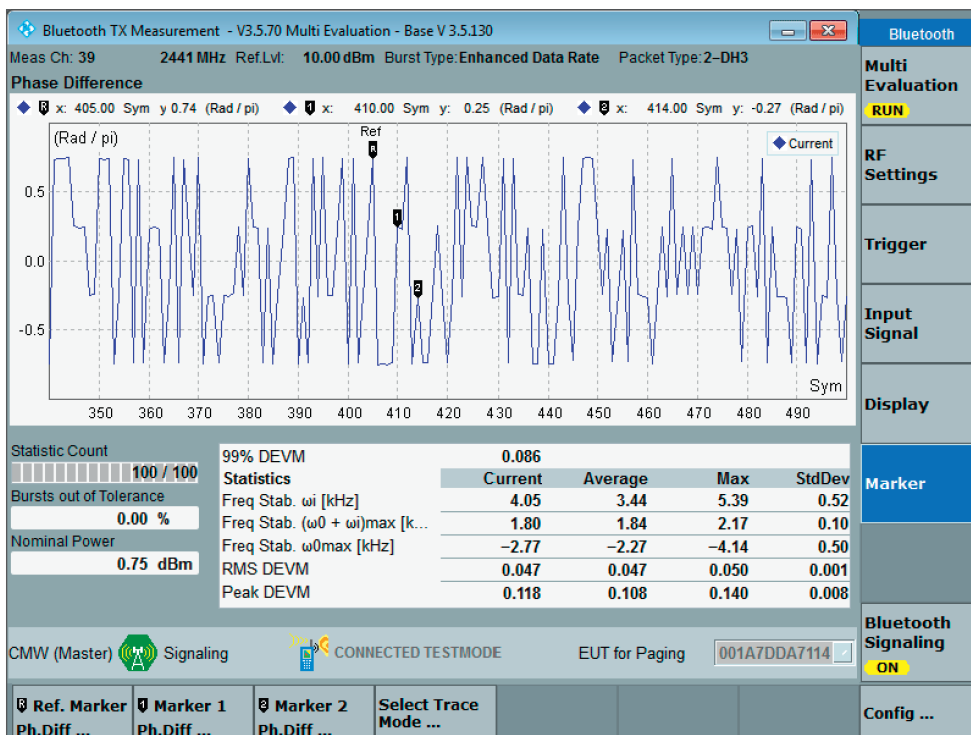
如 Bluetooth® RF 测试规范所述进行 ACP 测量。通过使用标志，您可以读出所有信道的详细结果。或者，您也可以选择在表图中查看所有结果。

EDR 多项评估测量



GFSK 和 DPSK 功率结果。R&S®CMW 也能够测量保护时段及分组定时。

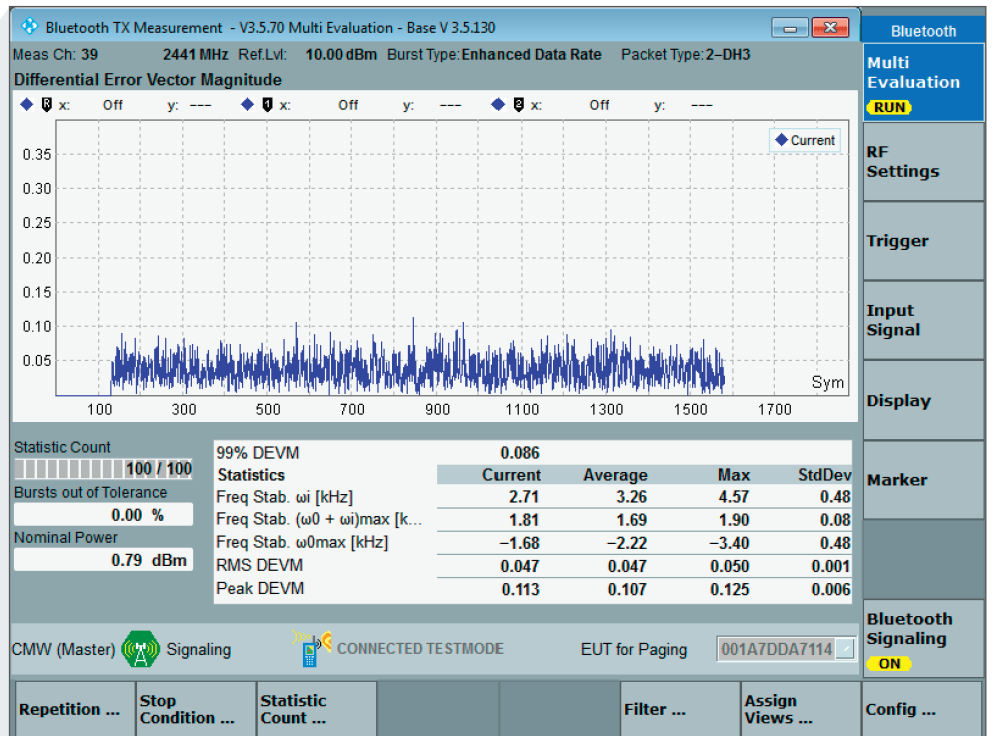
以下概览在一个窗口中显示了所有测量。每项测量均可单独显示，并提供补充详细信息。



相位差图。两个连续符号之间的相位差中包含 DPSK 有效载荷的编码位信息。您可以使用标志来验证每个符号的相位差。



通过 RF 设置子菜单，您可以设置所有的 RF 相关参数，比如 RF 信道、跳频、外部衰减值以及 R&S®CMW 输出功率。

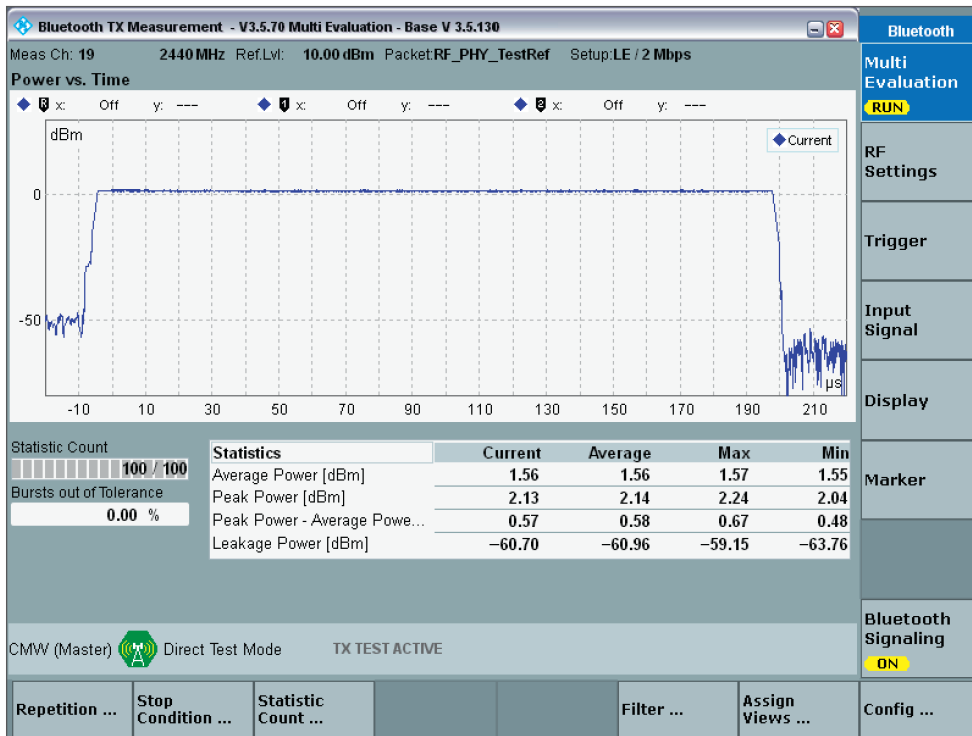


差分幅度矢量误差 (DEVM) 以及频率稳定性结果。所有测量均可使用 Bluetooth® RF 测试规范中所述的方法。



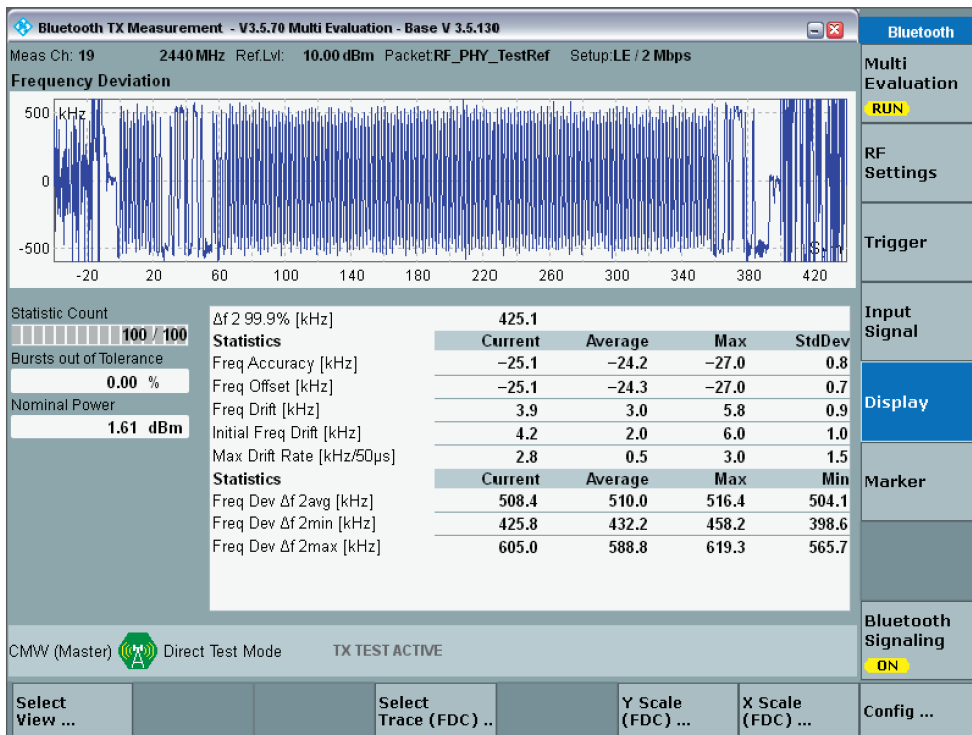
EDR 带内杂散测试用例（门控 ACP）。根据 Bluetooth® RF 测试规范，信道（最多三个）上的电平值可以超出 -40 dBm（详见绿色限值线）。R&S®CMW 会将这些例外的数量显示为一种测量结果。

Low Energy 多项评估测量



以下概览在一个窗口中显示了所有测量。每项测量均可单独显示，并提供补充详细信息。

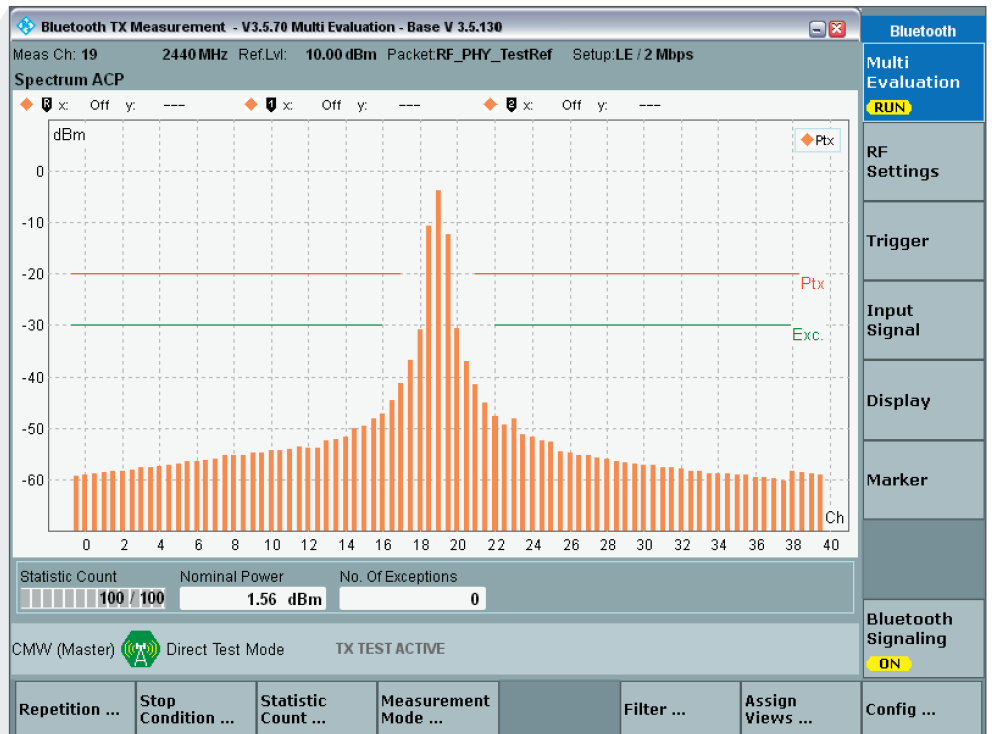
所有的功率结果。R&S®CMW 也可以显示峰值功率与平均功率之间的功率差，符合 Bluetooth® RF 测试规范的检查要求。



在选择位模式 10101010 的情况下，此屏幕会显示所有的频率相关结果，包括 Δf_2 结果。将位模式改为 11110000 后， Δf_1 结果随即显示。结果图可以放大，以便检查每个位的值。



通过输入信号子菜单，您可以设置直接测试模式信号特性。此类设置也涵盖选择 PHY 来测试支持 Bluetooth® 5 的设备。



LE ACP 测量（带内发射）。本例显示了 Bluetooth® 5 设备的 2 Msp/s 信号频谱。使用标志，您可以读出所有信道的详细结果。或者，您也可以选择在表图中查看所有结果（详见下方屏幕截图）。

Channel	Frequency [MHz]	Ptx [dBm]
14	2430.00	-51.42
---	2431.00	-49.81
15	2432.00	-49.21
---	2433.00	-47.90
16	2434.00	-46.71
---	2435.00	-44.39
17	2436.00	-40.76
---	2437.00	-36.57
18	2438.00	-30.94
---	2439.00	-10.60
19	2440.00	-3.90
---	2441.00	-12.39
20	2442.00	-30.58
---	2443.00	-36.94
21	2444.00	-41.09
---	2445.00	-44.82
22	2446.00	-47.18
---	2447.00	-49.00
23	2448.00	-47.89
---	2449.00	-50.95
24	2450.00	-51.44

表图以表格的形式显示了所有已测频率的 ACP 结果。通过 R&S®CMW 前面板上的按键，您可以在图形视图以及表格视图之间切换。

音频质量测试

R&S®CMW 可用于测试常见的 Bluetooth® 音频设备，比如免提套件、多媒体车载装置、扬声器以及耳机。它支持各种 Bluetooth® 配置文件，并且提供多个用于音频测量的测试场景。

自动配置文件 (HFP)

- 应用：电话语音传输
- 音频设备（耳机）测试
- 支持测量 EUT 模拟音频组件（麦克风、耳机及扬声器信号路径）
- 编解码：CVSD、m-SBC、A-law、 μ -law

免提音频网关配置文件 (HFP-AG)

- 应用：电话语音传输
- 音频网关（比如移动电话）测试
- 支持验证 Bluetooth® 音频网关的音频设计
- 编解码：CVSD、m-SBC、A-law、 μ -law

高级音频分配配置文件 (A2DP 接收端)

- 应用：立体声音乐传输
- 音频设备（比如立体声扬声器）测试
- 支持测量 EUT 的模拟音频组件（扬声器及耳机路径）
- 编解码：SBC



使用 R&S®CMW、R&S®UPV 音频分析仪以及 R&S®CMWrun 软件的音频性能测试解决方案。

音频性能测试

对于音频测试，R&S®CMW 能够建立到 EUT 的 Bluetooth® 连接。用户可以在 R&S®CMW 上设置所需的 PIN 码。R&S®CMW 激活所选的音频配置文件，以便进行音频测量。

在免提操作模式下，R&S®CMW 支持 Bluetooth® 音量控制功能，通过此功能，用户可以根据需要在 R&S®CMW 上设置扬声器音量及麦克风音量。

针对所有的音频配置文件，R&S®CMW 可以作为主设备或从设备。

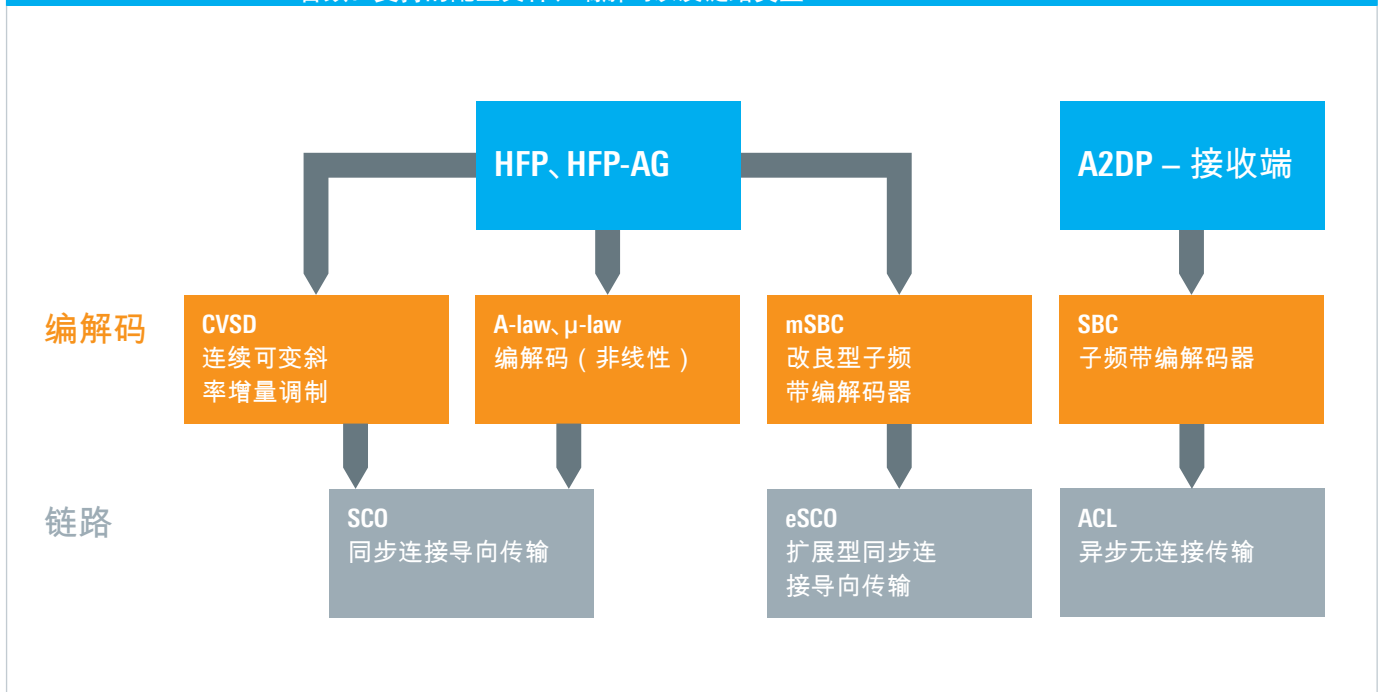
借助 R&S®CMW-B400 音频选件，R&S®CMW 能够在两个音频信道上执行测量。用户在每个音频信道上都能使用模拟和数字音频发生器，以及模拟和数字音频分析仪。这些分量的信号路径可以灵活分配至 R&S®CMW 模拟和数字音频接口，以及 R&S®CMW 内部音频编解码器。第 28 页上的表格显示了不同的测试场景。

音频发生器和音频分析仪既可以在单音模式下操作，以便进行电平失真测量，也可以在多音模式或 FFT 噪声模式下操作，以便进行快速的频率响应测量。在多音模式下，用户可以通过设置频率及电平定义 20 种声音。

在单音模式下，音频分析仪可以测量不同可选滤波器的失真（THD、THD+N、SINAD）、信噪比以及直流电平。R&S®CMW 可以在显示这些测量值的同时显示 FFT 频谱。

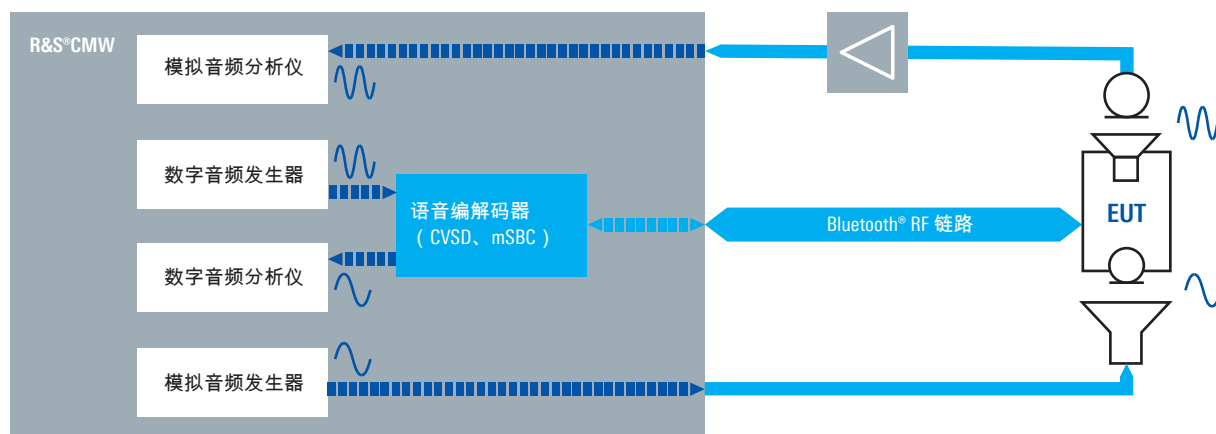
对于更高级的音频测试（比如 PESQ、POLQA），R&S®CMW 可以通过模拟和数字音频接口连接到外部音频分析仪（比如 R&S®UPV）。

R&S®CMW Bluetooth® 音频：支持的配置文件、编解码以及链路类型



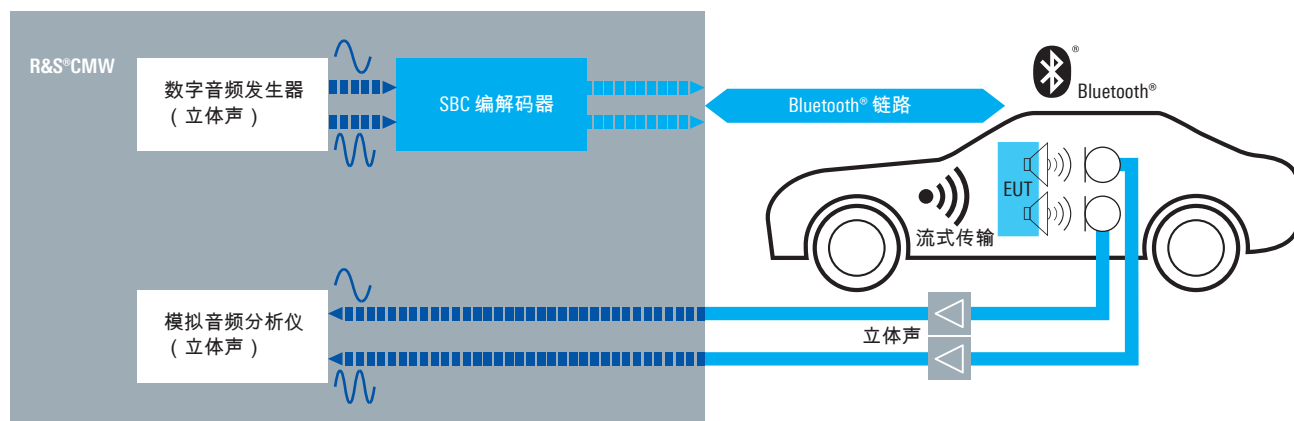
使用免提配置文件的“麦克风及扬声器测试”

测量 EUT 在传输和接收方向的音频特性



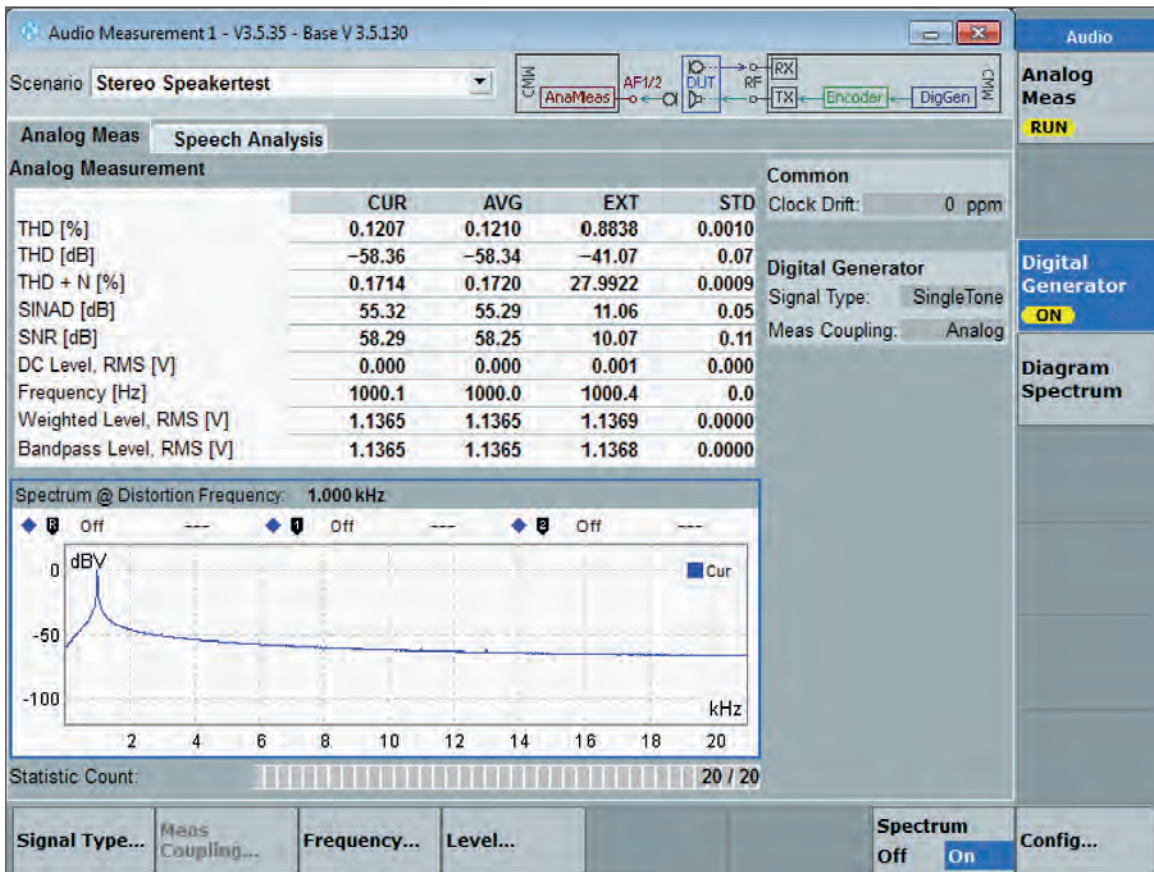
“立体声扬声器测试”场景

测量 EUT 的音频特性以回放立体声
提供音频频谱视图的单音测量

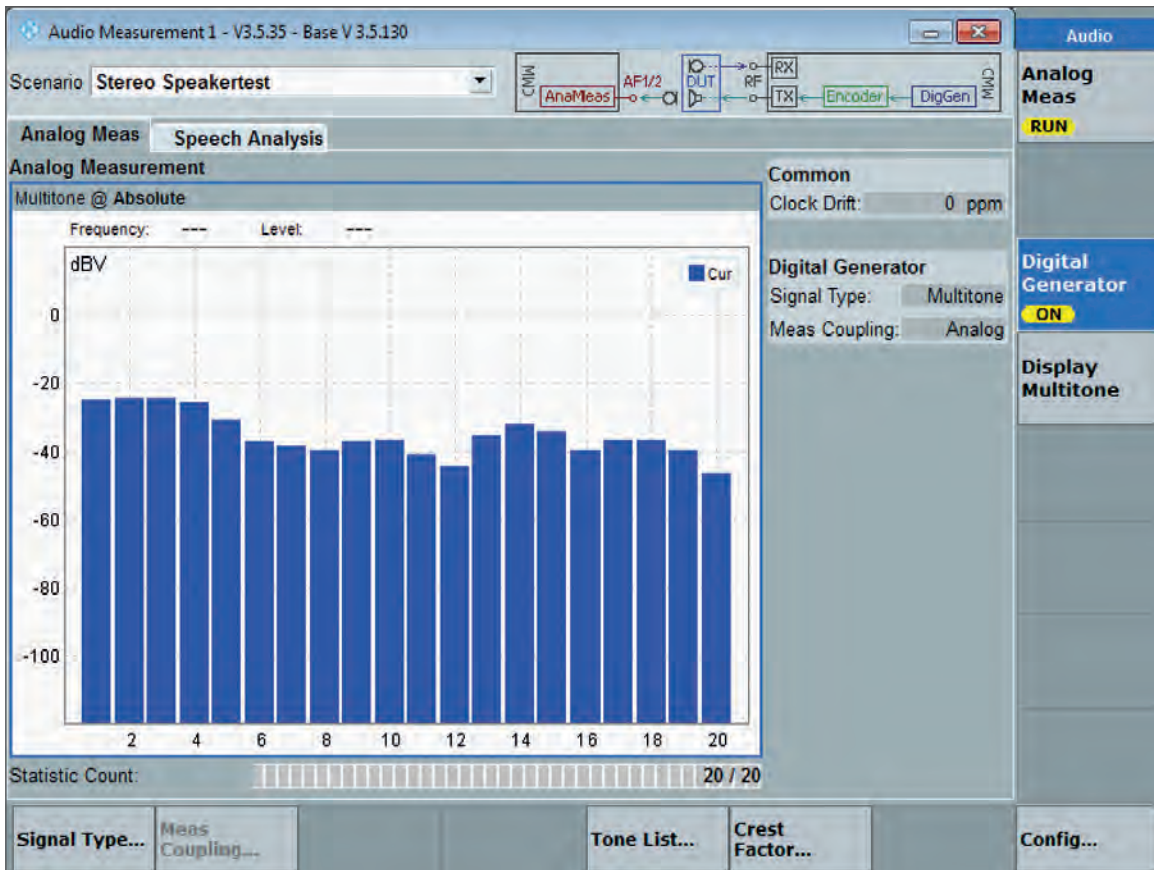


R&S CMW Bluetooth® 音频测试场景

音频测试场景	功能
音频测量及发生器	单机操作音频发生器和分析仪
外部模拟语音分析	允许将外部模拟音频设备作为 Bluetooth® 语音编解码器的接收端和/或接收源。在此场景下，可以使用外部音频分析仪（比如 R&S®UPV）。
外部数字语音分析	如上，但必须使用数字输入和输出接口（SPDIF）
麦克风及扬声器测试	用于设备麦克风和扬声器/耳机特性的测试
立体声外部模拟语音分析	允许将外部模拟音频设备作为 Bluetooth® SBC 编解码器的接收源。在此场景下，可以使用外部音频分析仪（比如 R&S®UPV）。
立体声外部数字语音分析	如立体声外部模拟语音分析，但必须通过数字输入（SPDIF）连接到外部音频源
立体声扬声器测试	用于测试立体声设备的扬声器/耳机特性



提供音频频谱视图的单音测量。



多音模式下的频率响应测量。

生产解决方案

R&S®CMW100 通信制造测试装置带有 R&S®CMWrun 软件，适用于生产测试。此解决方案很好地将灵活性、性能以及设备使用率结合起来。



在信令以及非信令模式下的 Bluetooth® 测试

信令模式适用于实验室应用，比如系统开发以及 RF 开发/认证。在信令模式下，用户可以通过协议层上的消息来控制 EUT。EUT 与测试仪之间可以通过 RF 信号实现通信。在 R&S®CMW 中，信令模式需要用到信号单元硬件。

通过使用非信令模式，可以有效避免因信号及相关硬件引起的通信费用。EUT 可通过无线通信信道（比如 USB）控制，而不是通过 RF 信号。通过此通信信道，测试软件可以发送命令以便控制 EUT。在 ARB 模式下，可以使用预先计算的波形生成信号（从测试仪到 EUT），因此，用户只需要一台 ARB 发生器，无需信号单元硬件。

在非信令模式下只能测试 PHY 层，这在生产验证阶段通常足够了。相比于信令模式，RF 测试可以在非信令模式下更快地进行，但需要使用软件直接控制测试仪以及 EUT。

Bluetooth® LE 直接测试模式

以往，Bluetooth® 生产测试都是在信令模式下进行的。Bluetooth® LE 打破惯例。在 Bluetooth® Classic 生产测试中通常必须使用 Bluetooth® 测试模式，但在 Bluetooth® LE 中没有再作此规定。相反，根据 Bluetooth® 无线技术核心规范，所有的 Bluetooth® LE EUT 都必须支持直接测试模式 (DTM)。在 DTM 模式下，用户可以使用专用通信连接、通过特定命令直接控制 EUT，正如非信令模式下的操作一样。在测试支持 Bluetooth® LE 和 Bluetooth® Classic 的设备时，Bluetooth® LE 所需的无线通信连接通常也用于执行 Bluetooth® Classic 测试。

用于控制 Bluetooth® LE EUT 的命令已经在 RF PHY Bluetooth® 测试规范中作了规定，并且适用于所有的 EUT。用于通过无线通信信道控制 Bluetooth® Classic EUT 的命令是供应商特定的，因此对不同供应商的芯片组需要执行不同的命令。

R&S®CMW100 适合在全自动化机器人生产线上使用。

使用 R&S®CMW100 创新智能信道解决方案具有高度的测试效率

Bluetooth® 设备的单价不断下降，因此需要在保持规定的测试深度的同时尽可能降低生产测试成本。使用非信令模式取代信令模式是一种降低测试成本的好方法。充分利用测试仪的硬件是另一种帮助尽可能降低测试成本的好方法。

为促进最高效地使用硬件资源，R&S®CMW100 都具有一个 RF 通道（一个分析仪/一个发生器）以及八个 RF 连接器。发生器的信号可以分开，以方便在所有端口同时使用。这样一来，您就可以同时在最多八个 EUT 上执行接收测试，并将吞吐量提高八倍。进行并行测试（广播）的前提条件是测试站的所有 EUT 同时做好测试准备。如果不是这种情况且 EUT 采用序列方式，则测试步骤可以交错进行：在测量一台 EUT 的同时，对另一台 EUT 进行下一步测量配置，并且启动另一台 EUT。

在同一共享 RF 信道上处理此类异步多设备操作时，需要一种复杂的软件程序。此类实现必须确保在某个测试步骤结束之前，测试仪配置不会被意外覆盖，且确保在开始新测试之前获得所有结果。

R&S®CMW100 提供创新的解决方案：设备可以拆成虚拟子设备（称为智能信道）。每台 EUT 都连接到一个智能信道。对用户而言，每个智能信道都是独立的。用户可以配置每个智能信道并处理相关结果，无需考虑其他的 EUT。一个智能信道不能覆盖其他智能信道的配置。每个智能信道都有自己的测量结果。在测量某台 EUT 时，用户仍然可以查看其他 EUT 的结果。这进一步提高了测量速度，因为用户可以在测量 EUT 的同时，对另一台 EUT 进行所需的测试仪配置并处理相关结果。

在 R&S®CMW100 中内部处理硬件资源共享：如果硬件资源被某个智能信道占用，则其他智能信道必须等待。但鉴于测量时间很短，所以等待周期往往只有几毫秒。R&S®CMW100 能够单独处理分析仪和发生器资源。总体而言，智能信道功能使得设备共享变得很简单，这是因为多台 EUT 测试不再需要特殊实现。

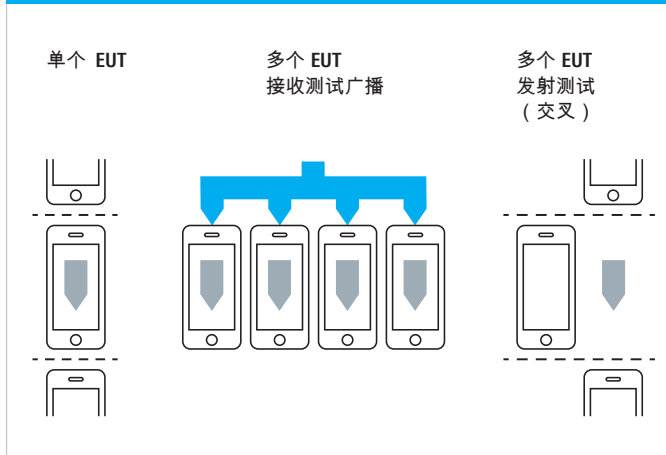
R&S®CMW100 通信制造测试装置的主要特点

- 基于 R&S®CMWrun 的交钥匙生产解决方案，满足不同芯片组供应商的需求
- 创新的智能信道解决方案，便于有效地进行多项 EUT 测试
- 频率范围（最高达 6 GHz）
- 多技术解决方案
- 可在最多八个射频端口上并行测试
- 高测量性能
- 高测量精度
- 支持多种可缩短测试时间并最大程度地提高产能利用率的解决方案
- 最大程度地降低空间需求及占用面积
- 重量轻
- 静音
- 故障平均时间间隔 (MTBF) 长

基于 R&S®CMWrun 的交钥匙生产解决方案，满足不同芯片组供应商的需求

作为交钥匙解决方案，罗德与施瓦茨还提供了 R&S®CMWrun 自动化软件。该软件能够使用供应商特定的 Bluetooth® Classic 命令来远程控制 R&S®CMW 以及 EUT。目前，R&S®CMWrun 支持许多不同芯片组的 Bluetooth® 非信令模式，比如 Broadcom、Marvell、Intel、Texas Instruments 以及 Qualcomm 的芯片组。鉴于 Bluetooth® LE 设备都使用标准化直接测试模式 (DTM)，因此 R&S®CMWrun 支持所有的这些设备。对于多 EUT 测试，可以通过在后台使用智能信道功能执行多个 R&S®CMWrun 实例。

不同的测试场景





进行 Bluetooth® LE 广告信道测试时，建议使用屏蔽箱，比如 R&S®CMW-Z10 RF 屏蔽箱。

Bluetooth® LE 广告信道测试

Bluetooth® LE 广告信道测试是一种无线 (OTA) 测量方法，便于快速轻松地对 Bluetooth® LE 设备进行 RF 测试。此类测试适用于生产应用，也可用于在接下来的检查和开发阶段进行快速的参考测量。在这些测试的过程中，EUT 处于正常操作状态，而非特殊测试模式。

Bluetooth® LE 设备测试，无需控制电缆连接

根据 Bluetooth® 规范，在 Bluetooth® LE 设备上 RF 测试时需要使用直接测试模式 (DTM)，在此模式下，需要通过控制电缆将 EUT 连接到测试仪。这种方法的弊端在于，控制电缆会从根本上改变 EUT 的 RF 特性。在实验室中或者在生产中对 Bluetooth® LE 产品执行 RF 测试时，通常很难将控制电缆连接到 LE 设备。

为解决这个问题，R&S®CMW 在直接测试模式的基础上增补 LE 广告信道测试模式，以便基于广告数据包进行 RF 测量。激活 LE 广告模式后，Bluetooth® LE 设备会定期发送广告数据包，以便建立连接或传输广播消息。这些数据包会在三个 Bluetooth® LE 信道（共 40 个）上发送。这三个信道分别位于 Bluetooth® 频段的最低端、最顶端以及前三分之一处（参阅第8页）。

发射测试

广告数据包可用于可靠地测量 Bluetooth® LE 设备的发射机特性。由于广告信道分布在整个 Bluetooth® 频段中，因此测量结果可以代表所有其他的 Bluetooth® LE 信道。确定发射机的 RF 特性时，通常要测量功率、调制、频率及频谱等常见值。鉴于 DTM 模式下的传输测量基于特定的模式序列（在正常操作模式下通常不会出现此形式），广告信道测量使用数学算法，以便将相关结果与测得的 DTM 值作比较。（在 GUI 中，这些参数均使用星号 * 标记。）

R&S®CMW 使用 EUT 发送的广告数据包进行发射机测量。它基于广告数据包提供以下结果：

- 标称功率
- 带内发射 (ACP, ±10 MHz)
- 频率精度
- Δf_1 * (平均值、最小值、最大值)
- Δf_2 * (平均值、最小值、最大值)
- 调制比 $\Delta f_{2\text{avg}} / \Delta f_{1\text{avg}}$ *
- Δf_2 99.9%*
- 频率偏移*
- 频率漂移*
- 最大漂移比*

接收测试

广告数据包主要用于建立到其他 Bluetooth® 设备的连接。和 WLAN 信标一样，此类数据包中含有执行此步骤所需的所有信息。可使用定义的握手程序来建立连接，并互相确认接收的消息。此类确认程序可用于进行接收机测试。如果发送到 Bluetooth® LE 设备的消息的场强低于设备的接收机灵敏度电平，则通常情况下，接收机无法正确解码此类消息，也就是说，接收机无法发送确认。这通常用于在接收机测试中确定灵敏度电平。

R&S®CMW 基于广告数据包提供以下三种接收机灵敏度测量方法。

定性测量

定性测量是验证接收机的最快方法。R&S®CMW 只需将请求消息发送给 EUT 以要求其建立连接，并且验证 EUT 是否确认此请求。Go/Nogo 测试适用于生产过程中的最终测试。

灵敏度搜索

为确定灵敏度电平，可以先测试是否具有良好的接收条件，然后逐步降低接收电平。灵敏度电平指在此电平下，不会发送任何确认。

误包率 (PER) 测量

PER 测量过程中，在特定的传输电平下将预定义数量的消息发送给 EUT，并计算确认数量。用户可基于未接收的确认数量来确认 PER。

Bluetooth® LE 广告信道测试的主要特点

- 针对 Bluetooth® LE 设备的非常轻松、快速且有效的 OTA 测试方法
- 可执行全面的收发测试的专有测量技术
- 针对快速功能性测试而优化，适用于生产和开发阶段
- 在正常操作条件下测试 Bluetooth® 设备

使用 Bluetooth® LE 广告信道测试具有以下好处

- 在实际条件下测试 EUT
- 基于整个频段的典型频率，可靠地测量收发特性
- 可以在无需使用天线 (OTA) 或远程控制接口的情况下测试紧凑型 Bluetooth® LE 设备

R&S®CMWrun 自动化测试软件

R&S®CMWrun 自动化软件工具是一种现成可用的解决方案，方便通过远程控制配置测试序列。R&S®CMWrun 自动化软件工具可以通过选件增强，并且适用于 R&S®CMW 系列支持的有关常规 RF 测试、预一致性以及卓越用户体验测试场景的所有标准。

应用及测试范围

R&S®CMWrun 自动化软件满足所有的要求，可用于在研发、质量保证、生产及服务过程中对 R&S®CMW 平台执行远程控制测试序列。此类软件可以满足当前及未来无线设备的要求。

R&S®CMWrun 软件引擎基于测试动态链路库（DLL、插入组件）的执行。这种基础架构便于轻松、直接配置测试序列，无需掌握有关如何远程控制仪器的特定编程知识。在配置特定标准 R&S®CMWrun 套件所规定测试项的参数和限制时，它具有很高的灵活性。

在测试最后，可生成易懂的测试报告，其中包含限制、测试结果和结论。报告使用 .csv、.txt、.xml 和 .pdf 格式。

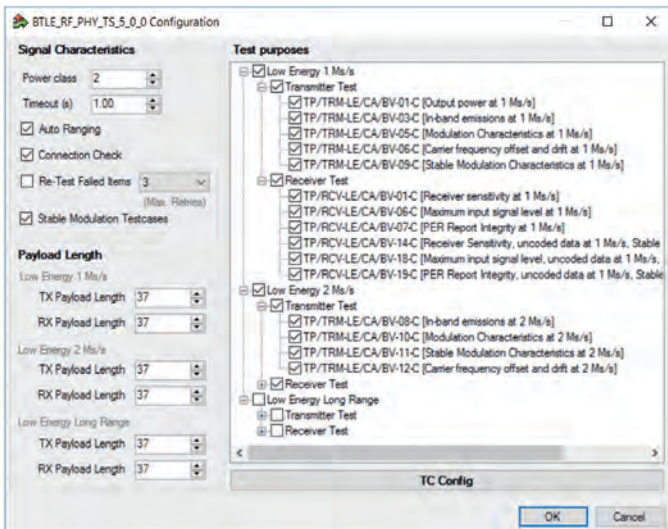
适用于 R&S®CMWrun 的 R&S®CMW-KT057 选件为 Bluetooth® Classic 和 Bluetooth® LE 提供大量的 Bluetooth® 测试 DLL。

Bluetooth® 预认证测试

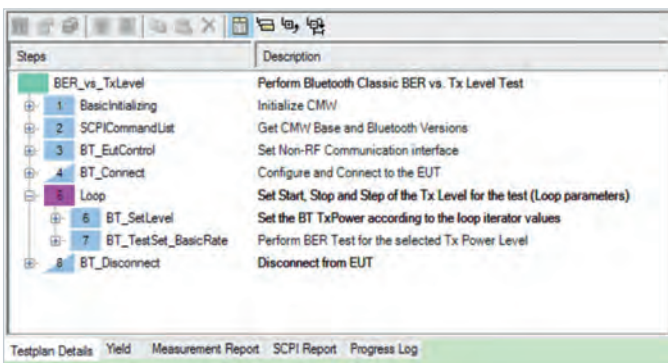
R&S®CMWrun 支持 Bluetooth® RF 测试规范中定义的所有 RF 测试用例。两种 DLL 包含所有的“简单”测试用例，此类测试用例可以使用单射频通道 R&S®CMW 执行。另外两种 DLL 包含“高级”测试用例，此类测试用例需要在测试设置中将附加发生器作为干扰源。用户可以使用 R&S®CMW 或外部发生器中的第二 RF 信道(参阅“Bluetooth® Classic 以及 Low Energy RF 测试用例”见第13页)。

独立测试以及示例测试计划

用户可以使用很多其他的 DLL，以便使用 R&S®CMW 的所有功能创建独立的测试序列。用户也可以使用一些一般的 DLL 来激活和配置测量，而使用其他 DLL 来更改参数以及测试序列内的环路设计。R&S®CMWrun Bluetooth® 软件包中有很多的示例序列，用户在设计序列时可以作为参考依据。



测试 DLL。



测试序列。

从售前支持到售后服务，就在您的门前。

罗德与施瓦茨遍及 70 多个国家/地区，高素质专家团队确保提供最佳的现场支持。

用户在项目的各个阶段的风险始终降低到最小：

- ▮ 探索/购买解决方案
- ▮ 技术工作启动/应用开发/集成
- ▮ 培训
- ▮ 操作/校准/维修

当地的罗德与施瓦茨公司专家会帮助您制定符合您需求的最佳解决方案。

要查找离您最近的罗德与施瓦茨代表机构，请访问：
www.sales.rohde-schwarz.com

有关 R&S®CMW 平台的更多信息以及工具，请访问罗德与施瓦茨客户门户网站：
gloris.rohde-schwarz.com



增值服务

- 遍及全球
- 立足本地个性化
- 可定制而且非常灵活
- 质量过硬
- 长期保障

关于罗德与施瓦茨公司

罗德与施瓦茨公司是一家致力于电子行业，独立而活跃的国际性公司，在测试及测量、广播电视与媒体、安全通信、网络安全、监测与网络测试等领域是全球主要的方案解决供应商。自成立80多年来，罗德与施瓦茨公司业务遍布全球，在超过70个国家设立了专业的服务网络。公司总部在德国慕尼黑。

罗德与施瓦茨 (中国) 科技有限公司

800-810-8228 400-650-5896
customersupport.china@rohde-schwarz.com
www.rohde-schwarz.com.cn
罗德与施瓦茨公司官方微信



Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

北京

北京市朝阳区紫月路18号院1号楼(朝来高科技产业园)
罗德与施瓦茨办公楼
电话: +86-10-64312828 传真: +86-10-64379888

上海

上海市浦东新区张江高科技园区盛夏路399号
亚芯科技园11号楼 201210
电话: +86-21-63750018 传真: +86-21-63759170

广州

广州市天河北路233号 中信广场3705室 510620
电话: +86-20-87554758 传真: +86-20-87554759

成都

成都市高新区天府大道 天府软件园A4号楼南一层 610041
电话: +86-28-85195190 传真: +86-28-85194550

西安

西安市高新区锦业一路56号 研祥城市广场5楼502室
邮政编码: 710065
电话: +86-29-87415377 传真: +86-29-87206500

深圳

深圳市南山区高新南一道013号 赋安科技大厦B座1-2楼 518057
电话: +86-755-82031198 传真: +86-755-82033070

可持续性的产品设计

- 环境兼容性和生态足迹
- 提高能源效率和低排放
- 长久性和优化的总体拥有成本

R&S® 是罗德与施瓦茨公司注册商标

商品名是所有者的商标 | 中国印制

PD 5214.6745.95 | 01.00版 | 2017年2月 (ch)

使用 R&S®CMW 宽带无线电通信测试仪执行 Bluetooth® 测试

文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改



5214674595