



Benjamin Moore  
Barak Cherches  
Itamar Laist

Wi-Fi Applications  
Wi-Fi System Architect  
System Test Architect

## 摘要

CC3x20 和 CC3x3x 器件是 SimpleLink™ 微控制器 (MCU) 平台的一部分，而该平台由 Wi-Fi®、低功耗 Bluetooth®、Sub-1 GHz 和主机 MCU 构成。它们均共用一个简单易用的通用开发环境，其中包含单核软件开发套件 (SDK) 和丰富的工具集。如需了解更多相关信息，请访问 [www.ti.com.cn/simplelink/cn](http://www.ti.com.cn/simplelink/cn)。

WiLink™ 8 是一款在单个芯片上支持 Wi-Fi®、Bluetooth® 和低功耗蓝牙通用连接功能的组合器件。该器件支持 IEEE 802.11 a/b/g/n 频段、蓝牙 5.1 和低功耗蓝牙。

本应用报告概述了 TI 用来测试 SimpleLink™ Wi-Fi CC3x20 和 CC3x3x 器件以及 WiLink™ 8 组合解决方案的策略。本文档旨在帮助开发人员了解 TI 的内部 Wi-Fi 测试范围，该测试用于帮助 TI 确保其 Wi-Fi 产品的互操作性和可靠性。

## 内容

1 引言 - 测试策略.....	3
2 互操作性 (IOP) 测试.....	4
2.1 基本测试.....	4
2.2 长期测试.....	4
2.3 接入点列表.....	5
3 性能测试.....	7
4 稳健性和稳定性.....	7
4.1 稳健性测试.....	7
4.2 稳定性测试.....	8
5 网络堆栈 (仅限 SimpleLink™).....	8
6 功能测试.....	9
7 预认证测试.....	9
8 WLAN 蓝牙共存测试.....	10
9 网状网络测试 (仅限 WiLink™ 8).....	10
10 多角色测试 (仅限 WiLink 8).....	11
11 测试设置.....	11
12 总结.....	12
13 参考文献.....	12

## 插图清单

图 2-1. 包含 230 多个全球部署 AP 的 IOP 实验室.....	4
图 11-1. 通用测试设置图示.....	11
图 11-2. WiLink™ 8 32 网状节点测试设置图示.....	12

## 表格清单

表 2-1. 2021 年 3 月接入点列表.....	5
表 3-1. 性能测试领域.....	7
表 5-1. 网络堆栈测试用例.....	8
表 7-1. 预认证测试平台.....	9

## 商标

SimpleLink™, are trademarks of Texas Instruments.

WiLink™ and are trademarks of Texas Instruments.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

Bluetooth® 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 - 测试策略

在快速发展的物联网 (IoT) 世界和市场中，从个人电子产品到工业机械和工业传感器，很多应用都渐渐开始采用无线方式来连接互联网。这类应用涵盖各种环境中的许多用例，并满足各种各样的需求。

消费者希望通过其互联设备获得出色的用户体验，以便他们可以安全地通过互联网传输数据，而不会出现通信中断。为了实现这一点，开发者需要设计具有出色 Wi-Fi 连接功能的智能物联网产品，并实施安全措施来保护最终用户的隐私。因此，在选择连接器件时要考虑多种重要因素，其中之一就是 Wi-Fi 器件是否能够提供可靠的性能、安全性以及较高的全球互操作性水平。

鉴于这些因素的重要性，TI 大力投资以确保 SimpleLink™ 和 WiLink™ 器件系列能够在现实场景中提供具有出色稳定性和稳健性的无线连接。这类投资涉及综合的测试策略以及专门的测试实验室和自动化测试流程。我们的目标是让 Wi-Fi 技术可随时随地发挥作用。

本应用报告介绍了 TI 的 Wi-Fi 器件采用的测试策略，并提供了以下与测试类别相关的信息：

- 互操作性 (IOP)
- 性能
- 稳健性和稳定性
- 功能
- 预认证
- WLAN 蓝牙共存
- 网状网络 (仅限 WiLink™ 8)
- 多角色 (仅限 WiLink™ 8)

## 2 互操作性 (IOP) 测试

互操作性衡量器件以下方面的能力：正常工作，或者与其他供应商的各种设备进行互操作并提供一致性能。

TI 了解互操作性问题产生的影响和成本，并建立了具有自动化测试功能的综合 IOP 实验室，以减少出现互操作性问题的风险。这类测试范围超出了标准 Wi-Fi Alliance 测试的范围。

TI IOP 实验室包含 200 多个来自不同供应商的接入点 (AP)。该实验室中包含的接入点基于多种不同的 Wi-Fi 芯片组，旨在提供能够代表市场上大多数 AP 的测试覆盖范围。TI 所用的 Wi-Fi IOP 实验室如 图 2-1 中所示。

借助这些扩展测试，TI 工程师不仅找到并修复了许多互操作性问题，而且还实施并测试了各种旨在提升吞吐量、改善功耗以及提高设备整体性能和稳定性的行为和算法。

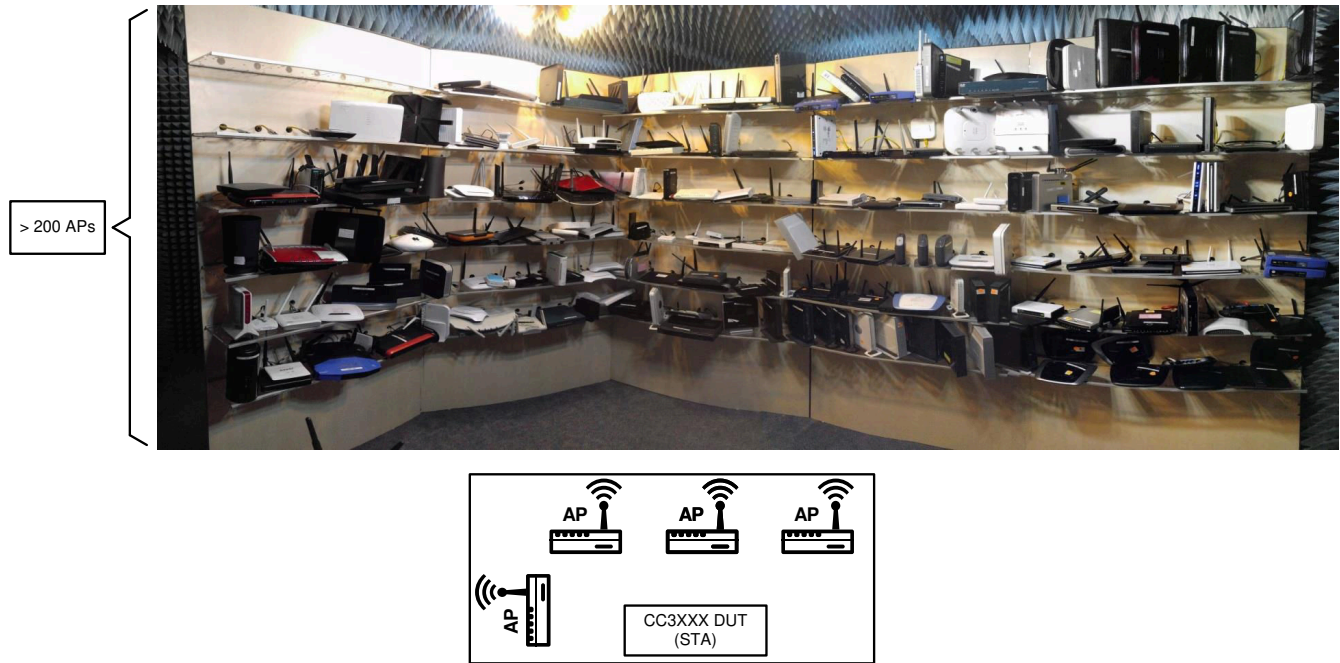


图 2-1. 包含 230 多个全球部署 AP 的 IOP 实验室

以下是每个 SDK 发行版在 TI Wi-Fi 互操作性测试中都会运行的两大测试用例组：

- 基本测试
- 长期测试

### 2.1 基本测试

所有接入点上都会执行基本测试用例，该测试涉及以下步骤：

1. 将 DUT (Wi-Fi STA) 连接到 AP。
2. 使用 DHCP 获取 IPv4 和 IPv6 地址。
3. 打开通向同一网络上服务器的 TCP/TLS 连接 (与 SimpleLink™ 相关)。
4. 运行流量 5 分钟。
5. 测量电流消耗。
6. 断开连接。

### 2.2 长期测试

长期测试用例会在选定的接入点上长时间运行。具体期限因接入点而异，不过全都长于 4 小时；对于一些接入点，这个期限长于 12 小时。

根据客户提供的意见以及这类接入点的市场份额估算，为此类测试用例选择的接入点会不时发生变化。

这类长期测试用例涉及以下步骤：

1. 将 DUT (Wi-Fi STA) 连接到 AP。

2. 使用 DHCP 获取 IPv4 和 IPv6 地址。
3. 在规定的期限内以省电模式保持连接而不处理任何流量。
4. 测量电流消耗。
5. 从同一网络上的其他设备 ping 该设备，并等待期限结束时的回复。
6. 断开连接。

节 4 中所所示的测试用例包含性质类似但涉及不同流量模式或在严苛环境中运行的用例。

### 2.3 接入点列表

会定期对接入点列表进行更新。表 2-1 是截至 2021 年 3 月的接入点列表：

**表 2-1. 2021 年 3 月接入点列表**

供应商	型号
3COM	WL-450
Actiontec	GT701-WG、MI424-WR、MI424-WR Rev. D、MI424-WR Rev. I、PK5000
Air	Live WL-5450AP
Airlink	AR570W Rev. A
Amped	R10000、RTA15、RTA1750
Apple	AirPort Express 第 2 代 A1392、AirPort Extreme 第 1 代 A1034、AirPort Extreme 第 3 代 A1301、AirPort Extreme 第 5 代 A1408、Time Capsule 第 3 代 A1355
Arris	TG1672G、TG1682G
Aruba	3200XM AP 105 PS、800 Aruba AP 125
ASUS	RT-AC66U、RT-N10+、RT-N10E、RT-N12、RT-N13U、RT-N56U、WL-330g、WL-550gE
AT&T	2wire 2701HG-B
Belkin	F5D8230-4 v3000、F5D8231-4 v2、F5D8235-4 ver.2033、F7D1301 v1、F7D5301 v3、F9K1002v5、F9K1102v1、N1 Vision F5D8232-4 v1000、N1 Vision F5D8232-4 v2000
BellAir	BA20E-11
Bergtek	WR150
BT	Home Hub 4、Home Hub 5
Buffalo	WCR-G54、WER-AM54G54、WHR-G301N、WHR-HP-GN、WZR-600HP2、WZR-D1800H、WZR-G300N、WZR-HP-AG300H
Cisco	AIR-AP1252AG-A-K924G、AIR-AP1252AG-A-K9 5G、AIR-AP1262N-I-K9 24G、AIR-AP1262N-I-K9 5G、AP1231、AP541N、AP541N-A-K9、DPC3825、M10、Catalyst 9130AX
Cnet	CQR-980
Corega	CG-WLR300NM
Devicescape	24G
D-Link	DIR-605L、DIR-618、DAP-1522、DAP-2690、DGL4500、DI-634M、DIR-300 A1、DIR-600 HW B1、DIR-601 HW A1、DIR-615 HW、DIR-615 HW C2、DIR-618 A1、DIR-625 HW C2、DIR-628 HW A2、DIR-635 HW B3、DIR-655 A3、DIR-655 HW A4 NA、DIR-655 HW A4 WW、DIR-655 HW A1、DIR-825 HW B1、DIR-868L、DIR-890L、DSL-G225、DWL-8600AP A1、DAP-2690
Edimax	BR-6428nS、BR-6478AC、BR-6574n
EnGenius	ERB9250、ESR9850、ESR9855G
EERO	B010001
FAST	FW3030Rv2
Fritzbox	7390、7490、6842 LTE
Google	Asus OnHub8、TP-Link OnHub、NLS-1304-25
Hawking	HWABN1
Honeywell	WAP-PLUS
HP	V-M200
Huawei	WS322
ipTIME	N104Q、N604M

表 2-1. 2021 年 3 月接入点列表 (continued)

供应商	型号
Levelone	WBR-6003
Linksys	E1000、E1500、E1550、E2100L、E2500、E3000、E3200、E4200、E900、EA3500 24G、EA3500 5G、EA6350、EA6700、EA7500 V2、EA8500、EA9200、WAP4400N v01、WAP55AG、WAP610N、WRT120N、WRT160NL、WRT160Nv3、WRT300Nv2、WRT310Nv2、WRT320N、WRT400N、WRT54G v5、WRT54G2、WRT54GL、WRT54GX ver.2、WRT54G-TM、WRT600N、WRT610N、VLP01
Logitech	LAN-W300N/R
Medialink	MWN-WAPR300N
Meru	MC1500 AP300
MikroTik	hAP RB951Ui-2nD
Motorola	Netopia 33447-02、Arris SBG6580
MOXA	AWK-3131A
MSI	RG70A
NEC	Aterm WR7850S、Aterm WR8500N、Aterm WR8700N
NetGear	AC1900、R7000、B90-7550、DGND330v1、DGND3700、Nighthawk AX8 RAX80、orbi RBR50、orbi RBS50、R4500、R6120、R6200v2、R8000、R8500、VVG2000、WGR614v4、WGR614v9、WNDAP350、WNDR3300、WNDR3700 24G、WNDR3700 5G、WNDR3700v1、WNDR3700v3 24G、WNDR3700v3 5G、WNDR3800 24G、WNDR3800 5G、WNDR4000、WNHDE111、WNR2000、WNR2000 v4、WNR3500v1、WNR3500v2、WNR834B、WNR834Bv2、WPN824 v3、WPNT834
Netis	WF-2404
Pace/AT&T	4111N-031
PCI	MZK-MF150、MZK-MF300N、MZK-WNH rev A
Proxim	Orinoco AP-4000、Orinoco AP-700
Ruckus	ZD1106、zoneFlex R510
Samsung (三星)	CY-SWR1100
Sapido	RB-1602
Securifi	Almond
SMC	WBRP-G
SonicWall	Sonicpoint-Ne
Speedport	W 921V
Tenda	N3、N30、W307R、W311R、W368R
TP-Link	AC1750 C7 v1.1、aD7200、Archer C9、Deco M5、N900 TL-WDR4900v1、TD-W89841N v4、TL-WDR4300、TL-WNR3500、TL-WR2041N、TL-WR641G、TL-WR702N、TL-WR740N v1、TL-WR740N v2.5、TL-WR740N v5.7、TL-WR740N v5.8、TL-WR741ND、TL-WR800N、TL-WR841N、TL-WR845N、TL-WR940N v2.1、TL-WVR450G、WDR7500 v2、WR541G v4、WR941N v6、WRT740n v5.7、WRT740n v5.8、Omada AC1350 EAP225
Trendnet	TEW-625BRP v2.1R、TEW-625BRP v2.2、TEW-637AP、TEW-671BR、TEW-818DRU
Ubiquiti	UniFi AP AC、UAP-AC-PRO
US Robotics	USR5450、USR8054
Verizon	A90-750115-07、MI424WR Rev I
WD	N900-F2F
Xiaomi (小米)	Miwifi
ZIO	3300N v2

### 3 性能测试

性能测试验证器件是否满足所有领域的预期性能水平。这类测试并不是为了发现功能缺陷，而是为了验证新代码版本提供的性能是否与之前的代码版本一致。此测试类别涉及的其中一些领域是吞吐量、射频性能和功耗。

**表 3-1. 性能测试领域**

域	说明
吞吐量	吞吐量测试衡量各种配置中 TLS、TCP 或 UDP 套接字上的最大吞吐量，例如： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 各个频段 ( 2.4GHz 或 5GHz ) 中的各种 WLAN 频道</li> <li>• 各种密码</li> </ul>
射频性能	射频性能测试使用现实用例验证发送和接收特性。具体的特性包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 各种频道上的最大发送功率</li> <li>• 实际连接期间的射频调制率 ( 接入点或基站 )</li> <li>• 各种频道和所有射频调制的 RX 灵敏度</li> <li>• 拥塞环境下的整体性能</li> </ul>
功耗	功耗测试验证器件在各种现实用例中的平均功耗。

### 4 稳健性和稳定性

系统的可靠性在产品的成本效益方面起着关键作用，这是一个非常重要的因素。系统的可靠性定义为系统在以下方面的可能性：系统 ( 包括所有硬件、固件和软件 ) 在指定的环境中在指定的时间内正确完成目标任务。

由于具有可靠的连接非常重要，TI 投入了大量资金来运行综合性测试，从而确保连接稳定可靠。这类可靠性测试主要分为以下两个测试类别：

- 稳健性
- 稳定性

#### 4.1 稳健性测试

稳健性测试验证存在无效输入、有压力的环境条件或大量迭代时，器件能够在多大程度上正常运行。

一些稳健性测试示例：

1. 同时打开最大数量的并行套接字连接 ( TLS 或 TCP )
2. 以不同的流量模式或行为同时运行多种不同类型的连接 ( 例如，一些连接为最大吞吐量，另一些连接具有低吞吐量或处于突发模式，还有一些只用于维持连接而没有流量 )
3. 在已加载环境中运行多种不同类型的连接
4. 在将网络配置为极端动态配置 ( 例如，极短的 DHCP 租赁时间、极短的密钥交换等等 ) 的情况下运行多种不同类型的连接



## 4.2 稳定性测试

稳定性测试验证器件可以按照设计长时间正常工作，而不会出现性能下降或服务中断（例如断开连接）。

一些稳定性测试示例：

- 长时间（数十小时）以最大吞吐量运行连接
- 长时间（数十小时）反复连接网络并断开连接

稳定性测试的具体运行时间是根据测试用例来选择的，所有测试都会超过 12 小时，其中一些重要用例甚至长达 168 小时（7 天）。

这些测试会在模拟现实场景的环境中运行。一些测试会在模拟家庭环境的网络中运行，在家庭环境中，网络上包含多种不同的设备和多种不同的流量类型。

## 5 网络堆栈（仅限 SimpleLink™）

测试网络堆栈及相关协议的工作非常复杂，并且需要多个测试设置和测试用例。这类测试必须考虑到现实场景，例如处理具有不同吞吐量和延迟的多个连接。此外，这类测试必须考虑到网络内的各种不同行为。网络堆栈测试会在每个受支持的 Wi-Fi 角色（基站、接入点或 P2P）和各种不同的频段（2.4GHz 或 5GHz）中执行。

TI 投资研发了以下测试来维持可靠且值得信任的网络堆栈。

**表 5-1. 网络堆栈测试用例**

测试类别	说明
IPv4 或 IPv6 连接	验证客户端和服务器套接字的 IPv4 或 IPv6 行为和连接，包括所有不同的受支持选项和功能。
最大连接数（套接字）	测试打开最大数量套接字（开放和安全）的能力，包括不同套接字类型的组合。例如： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 连接到 16 个真实网页并下载主页</li> <li>• 连接到 6 个安全网页和 10 个开放网页并下载主页</li> </ul>
网络应用和服务	验证 DHCP 服务器、mDNS 客户端及服务器和 HTTP 服务器等内部网络应用与服务的行为。

在测试 CC31xx 或 CC32xx 器件的嵌入式网络堆栈时，TI 使用了一些工具和方法，其中包括：

- 使用 Ixia IxANVL 等行业领先的工具来验证协议实现
- 使用每个受支持的 TLS 密码连接并运行流量几分钟
- 连接上千个不同网站并从中下载内容
- 验证标准 BSD 套接字功能

设备中的 TLS 堆栈让设备可以与云端建立安全的连接。因此，还必须从安全性角度对 TLS 堆栈进行评估。TI 使用以下方法来维护嵌入式 TLS 堆栈并通过更新来修复已知的漏洞：

- 跟踪常见漏洞和风险并修复关键问题
- 维护管理产品事件报告的正式流程。如需更多信息，请参阅：。

TI 每季度会以服务包形式发布针对已确定问题的修复方法。



## 6 功能测试

功能测试用于验证器件提供的各项功能。在大多数情况下，这些都是采用主机接口和 API 的黑盒测试。在这些测试中，工具会激活 API 并验证响应。

功能测试基于定义的边界并涵盖功能的正面测试和负面测试。

功能测试通过以下两种方式执行：

- SDK 测试 (SimpleLink) - 这类测试涵盖 Wi-Fi 器件的内部实现以及驱动程序和 SDK 库
- 专用功能测试 - 这类测试涵盖通过 API 进行 SDK 测试时无法测试的 WLAN 和网络功能

## 7 预认证测试

WFA 认证的目标是确保来自不同制造商的 IEEE 802.11 产品之间具有互操作性，并确认这些产品支持最新规定的最严格安全措施。按照 WFA 对于相关测试计划的规定，TI 使用测试平台供应商产品和最新的 WFA 测试套件工具在内部执行这些认证测试。

表 7-1 中列出了所含的测试平台。

表 7-1. 预认证测试平台

设备角色	测试平台
工作站	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wi-Fi Certified n</li> <li>• P2P</li> <li>• WPS</li> <li>• Power Saving (IOTLP)<sup>(1)</sup></li> <li>• WPA2 Security Improvements</li> <li>• (PMF) ,</li> <li>• SAE</li> <li>• WPA3 v2</li> <li>• MBO<sup>(1)</sup></li> <li>• WMM-PS</li> </ul>
接入点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wi-Fi Certified n</li> <li>• WPS<sup>(2)</sup></li> </ul>

(1) 仅限 SimpleLink™

(2) 仅限 WiLink™ 8

## 8 WLAN 蓝牙共存测试

这些测试验证同时运行 Wi-Fi 和蓝牙或低功耗蓝牙的能力。

在 WiLink™ 8 上，会同时运行多种 WLAN 和蓝牙或低功耗蓝牙用例组合来测试内部共存机制。在每个用例中，测试均会验证场景是否正确建立，并衡量相关的性能指标（例如，吞吐量、音质等等）。Wi-Fi 会使用 SISO/MIMO、20/40MHz 频道、2.4GHz 或 5GHz 频段以及 STA/AP/P2P/网状角色等各种配置进行测试。蓝牙会使用 HandsFree、A2DP、FTP、Discovery 和 Peripheral 等经典蓝牙或低功耗蓝牙配置文件进行测试。

在与外部低功耗蓝牙设备结合的共存配置中对 SimpleLink™ Wi-Fi 进行功能和性能测试。这些测试包括多种用例组合，这些组合涵盖了目标终端设备各种可能的使用场景。各项测试中都使用了共享模式和双天线模式（通过外部开关连接）。Wi-Fi 用例包括 2.4GHz 或 5GHz 连接、TCP 或 UDP 连接，以及运行 TX/RX 流量。低功耗蓝牙配置包括各种 PHY、PDU 大小、连接间隔以及中心设备或外围设备角色。

## 9 网状网络测试（仅限 WiLink™ 8）

此测试旨在验证网状网络的功能和性能。在 WiLink™ 8 发布之前，进行了大量测试来验证网状网络的功能、性能、稳健性和稳定性。每个测试周期会执行功能测试的一个子集。

功能测试包括如下用例：

- 32 个节点连接和断开连接
- 最大跳频数量为 6 的连接
- 网状协议合规性、老化效应和安全性
- 网状网络多角色
- 多播流 - 通过网状网络节点运行多达 32 个流

性能测试包括以下用例中的延迟、吞吐量和抖动测量：

- TCP TX/RX 流量
- UDP TX/RX 流量
- 广播和多播流量
- QoS - 视频、音频和 BE 流量

稳健性和稳定性测试会运行上述测试中的选定用例 12 小时以上或进行 1000 次迭代

## 10 多角色测试 ( 仅限 WiLink 8 )

这些测试验证 DUT 同时运行 2 个角色的能力。测试内容涵盖以下角色组合：

- STA-AP
- STA-P2P
- AP-P2P
- AP-AP

每个组合均在 SISO20、SISO40 和 MIMO 天线模式中进行测试。此外，会让各个角色在相同和不同频道上工作，在此条件下对每个组合进行测试。

在每个配置中，均会测量一个流和多个流（每个角色一个流）中的吞吐量。

## 11 测试设置

本文档中介绍的大多数 Wi-Fi 测试都采用相似的设置。图 11-1 显示了典型的测试设置。

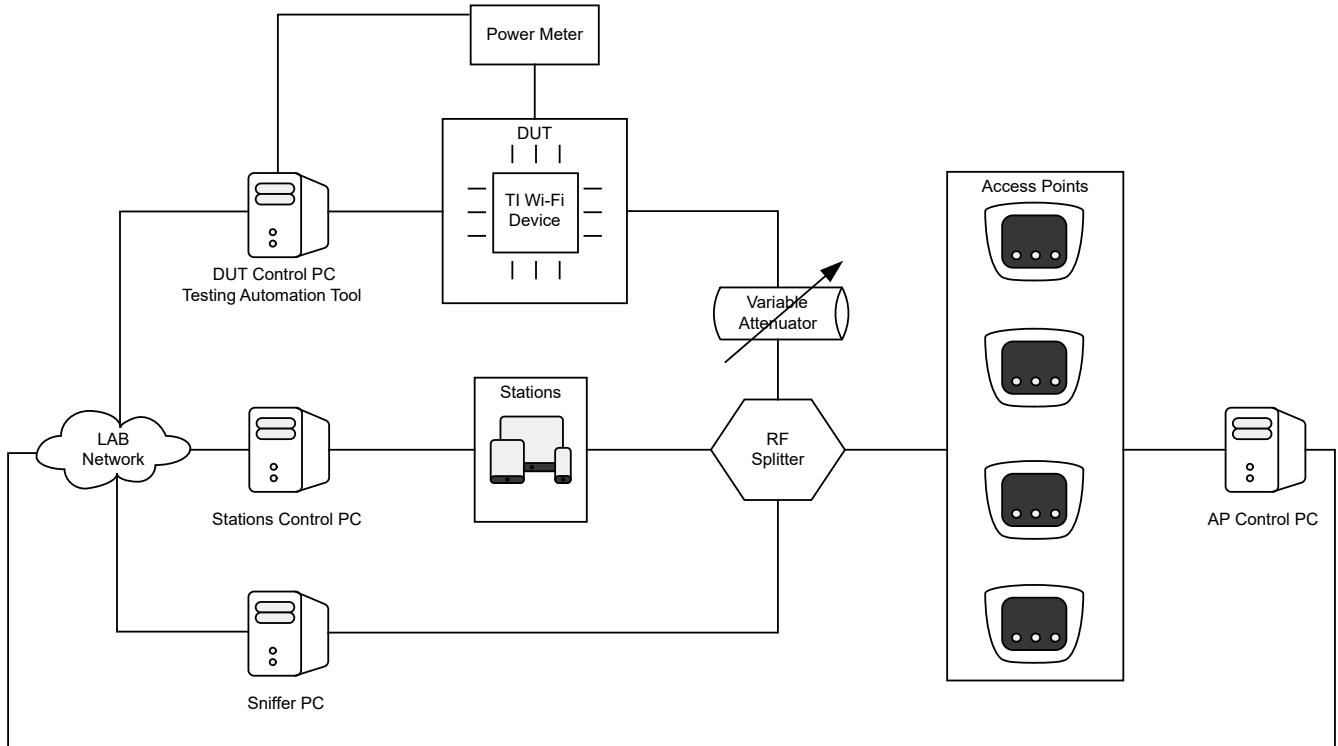


图 11-1. 通用测试设置图示

测试用例会同时根据多个设置运行。实际设置可能会不同。每个设置可能包含不同数量的接入点、基站、仪表和工具。

图 11-2 显示了大多数网状网络测试所用的辐射型 32 网状节点测试设置。其中一些测试根据传导设置运行。

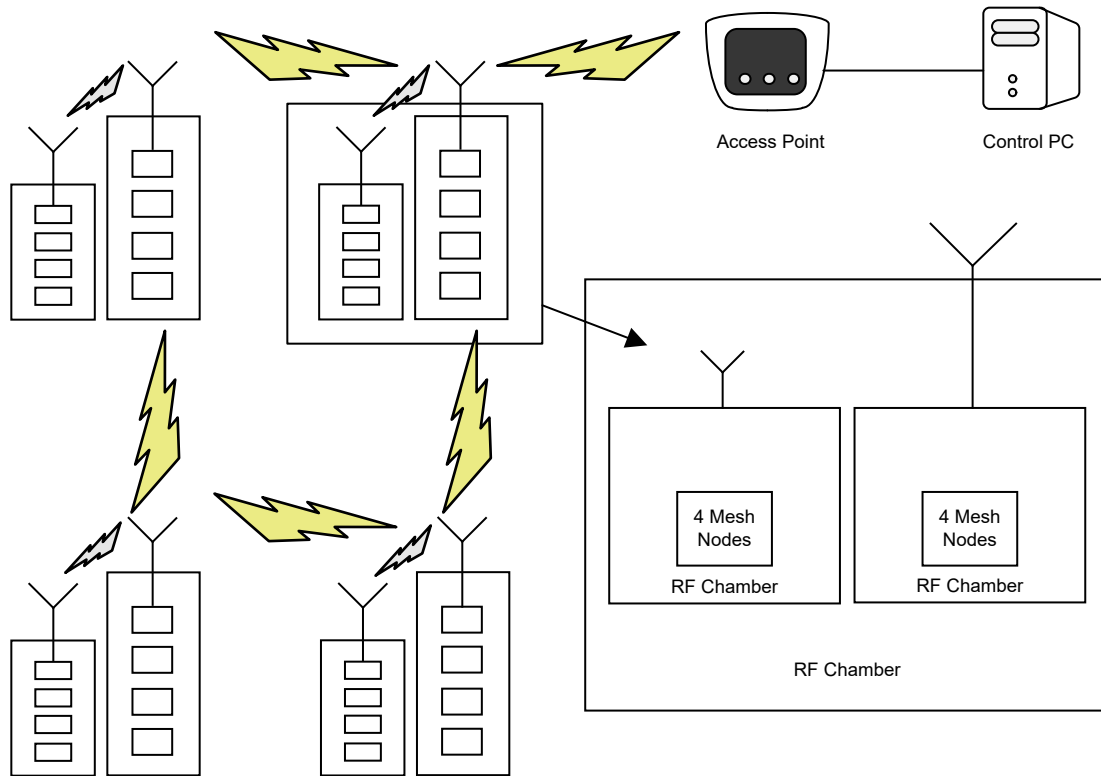


图 11-2. WiLink™ 8 32 网状节点测试设置图示

## 12 总结

若要确保 Wi-Fi 器件具有较高的互操作性、安全性和可靠性，综合的测试策略至关重要。这些因素都会影响 Wi-Fi 解决方案的质量以及 Wi-Fi 相关产品的用户体验。TI 了解这些因素的重要性，正因如此，TI 针对其 SimpleLink™ Wi-Fi 器件投资维护着一个扩展测试策略，其中包括互操作性测试、性能测试、稳健性和稳定性测试、网络堆栈测试、功能测试以及预认证测试。

## 13 参考文献

- 德州仪器 (TI) : [TI Wi-Fi Alliance 认证转移](#)

## 重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 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