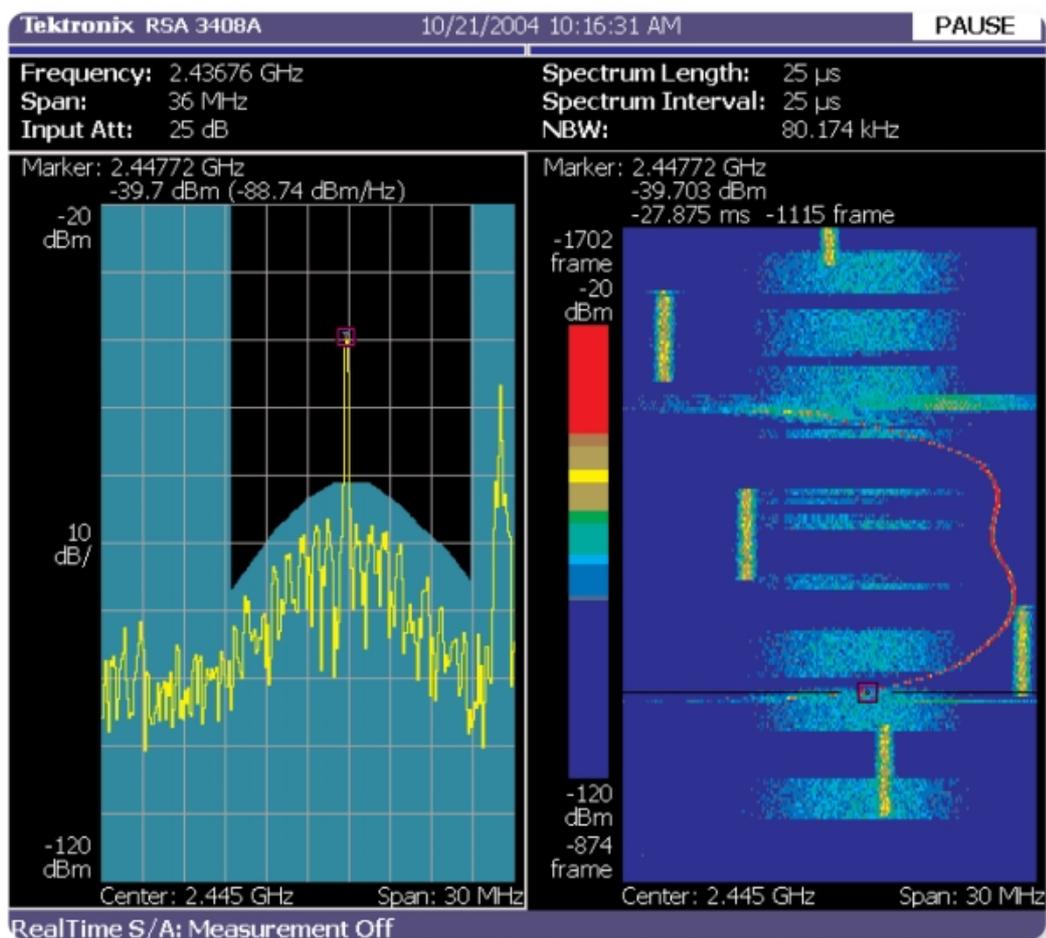


## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用



### 引言

采用多种 RF 通信协议的无线 Combo 设备正日益流行，如无线局域网(WLAN)、蓝牙和 3G 蜂窝标准协议，这些协议增强了无线市场中的连接能力和性能。不管是检验参考电路，还是处理下一代调制格式，Combo 设备都给无线工程师带来了一系列极具挑战性的信号测量问题。在使

用传统信号分析仪时，很难或不可能诊断分组信号瞬变、异步分组碰撞和各种自我干扰模式。泰克实时频谱分析仪 (RTSA) 为迎接各种信号测量难题提供了独特可行的解决方案。

## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

### ► 应用指南

本应用指南重点介绍 WLAN 和 Combo 设备的主要测量问题、RTSA 怎样解决这些问题及为什么传统信号分析仪不能充分解决问题。我们先简要介绍实时频谱分析的主要概念，包括其能够灵活地触发 RF 信号，把这些信号无缝捕获到内存中，根据各种无线标准进行各种时间相关的多域分析。然后，我们将回顾 RSA3408A 实时频谱分析仪使用的 WLAN 测量分析软件。最后，我们将考察通过使用 RSA3408A 可以解决的无线 Combo 设备的部分实际问题。我们还将介绍蓝牙和 WLAN 设备之间的分组碰撞、GSM/WLAN 设备滤波差和屏蔽差导致的内部干扰以及 RF 分组和高速数字逻辑电路之间不想要的交互等问题。

### 实时频谱分析仪 (RTSA)

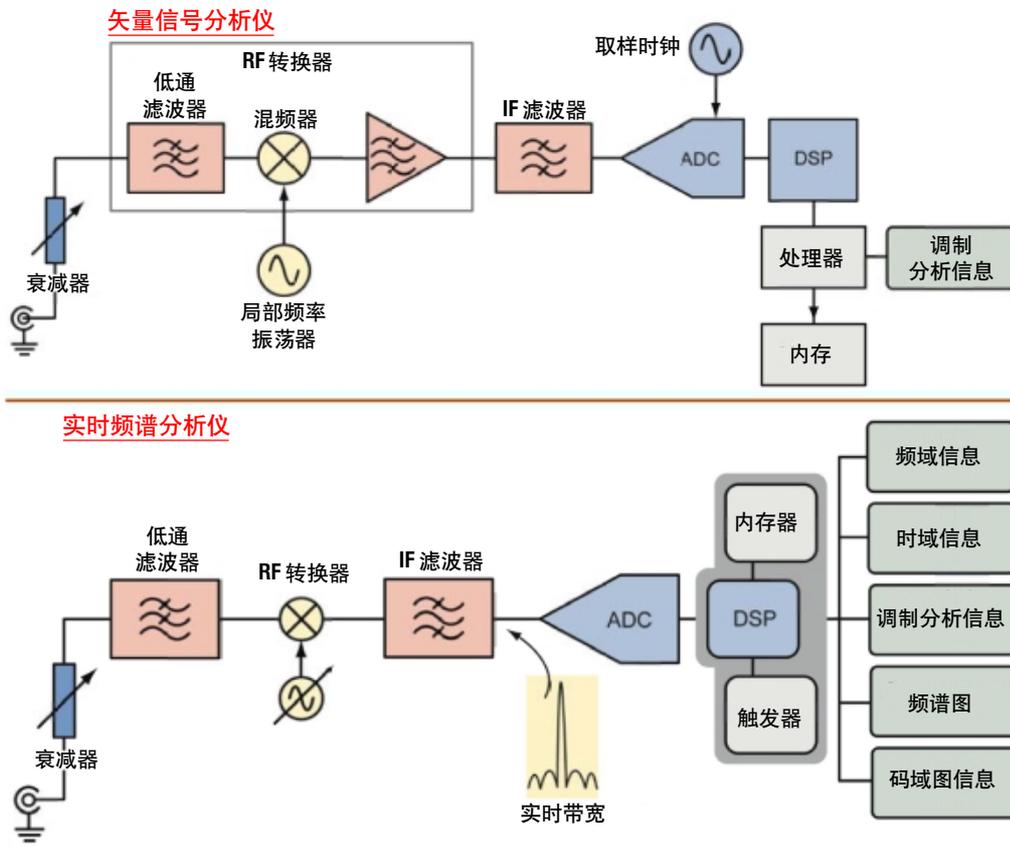
RTSA 旨在迎接动态 RF 信号的相关测量挑战，如 WLAN 和蓝牙等突发分组传输。实时频谱分析的基本概念是其能够触发 RF 信号，把时间同步的数据无缝捕获到内存中，然后在多个域中分析这些信号，进而可以可靠地检测和检定随时间变化的 RF 信号。

图 1 是 RSA3408A 简化的方框图。RF 前端可以从 DC 调谐到 8 GHz，输入信号下变频到与 RSA 的最大实时带宽相关的固定 IF。然后信号进行滤波，由 ADC 进行数字化，然后传送到 DSP 引擎，DSP 引擎管理着仪器的触发、内存和分析功能。这一方框图的许多要素和采集流程都与图 1 所

示的传统矢量信号分析仪 (VSA) 结构类似，但是，RTSA 是为提供实时触发、无缝信号捕获和时间相关的多域分析而优化的。此外，ADC 技术进步可以实现高动态范围和低噪声转换，因此 RSA 能够进行传统的频域测量，其性能相当于或超过了许多扫频分析仪的基本 RF 性能。

传统 VSA 的前身可以追溯到数字连续波 (CW) 调制的开发。早期数字调制开发人员寻求各种工具，希望其在调制域中能够比当时的示波器或矢量分析仪更好地分析矢量信号。这导致了星座分析仪的开发。在开始时，星座分析仪更多的类似于专用示波器。最近，星座分析仪的功能已经与频谱分析仪结合在一起，简化了 RF 信号的下变频工作，从而导致了今天 VSA 的出现。

与矢量信号分析仪不同，实时频谱分析仪的前身可以追溯到对信号智能的需求上，这种需求的出现，是为了解决扫频分析仪的局限性。扫频分析仪只捕获时间很短的 RF 频谱样点，而没有考虑扫描之间很长的时间间隔。对智能领域来说，没有考虑的这段时间间隔代表着重大问题。信号可能会迅速突出现和关闭，故意避开侦听。对智能分析人员来说，漏掉重要的通信侦听可能会导致严重的后果，是不能接受的。这就需要实时频谱分析仪，其能够捕获一切信号，而没有任何时间间隔。泰克早在 20 多年前就开始倡导这一系列测量仪器。



► 图1. VSA 和 RTSA 方框图比较，表明了 DSP 差异。

RTSA 为侦听间歇信号提供提供了一种可靠的解决方案。随着信号的复杂程度不断提高，精确的事件触发能力成为一个关键要求。很快，记录和分析长时间内不活动的信号变得不再可行，这就导致了现代 RTSA 中目前使用的完善的实时触发技术的出现。

通过 RTSA 的频率模板触发技术，工程师可以查看在自由运行模式下不可能看到的难以捕捉的瞬变信号。实时触发使得可靠地检测和捕获间歇性 RF 信号成为可能，即使这些间歇性信号是在存在强大得多的相邻信号时发生的。

许多矢量信号分析仪的运行方式是抓拍调制信号的快照，与此不同，RTSA 在进行时域、频域和调制域测量的时域记录中没有小孔或空白。RTSA 提供的真正的时间相关多域分析，允许用户把多个域中的诊断数据精确地关联起来，迅速了解信号的特点。

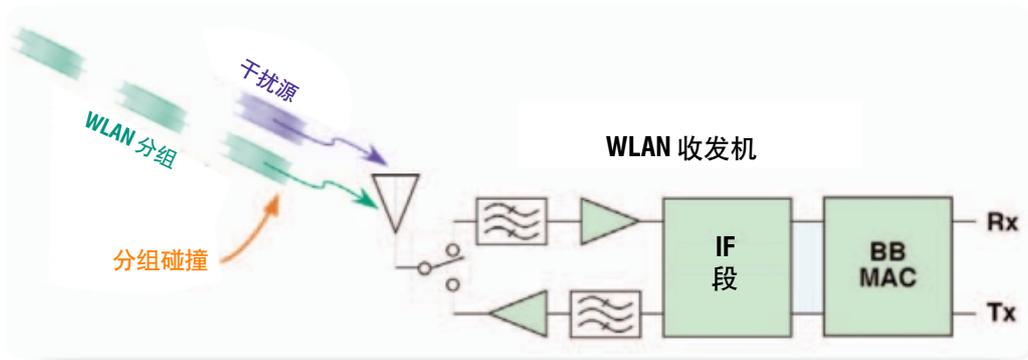
### RTSA 和 WLAN Combo 设备

我们已经讨论了 RTSA 与传统 VSA 的区别。那么，为什么这些差别对 WLAN Combo 设备工程师非常重要呢？

WLAN Combo 设备面临着一系列独特的测量问题，这些问题似乎是未来通信发展方向的核心问题。

## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

### ► 应用指南



► 图2. 干扰信号突发与想要的信号同时到达天线，导致与WLAN分组发生碰撞。

低成本、高速度逻辑设备和错块检测-校正方案的出现，促使通信行业转向通过RF间歇信号突发来传输分组化信息。互联网有效地证明了转向分组化通信的这种强大趋势。WLAN是互联网的延伸，也是一种基于分组的通信系统。

与 WLAN 之类的分组通信系统有关的独特问题是什么呢？

与老式CW连续波通信系统不同，分组通信系统使用异步数据传输。分析 WLAN 信号要求能够捕获特定的异步 RF 信号事件，然后在捕获的记录中有效地找到这些事件进行分析。这样，WLAN 分组通信也和监控行业多年来一样面临着同样的问题，而这个问题对RTSA演进发挥着核心作用。

尽管许多矢量信号分析仪在一定程度上能够检定 WLAN 信号，但其通常位于高度控制的环境中，与更加复杂的

WLANCombo 设备有关的实际环境异步干扰问题很少。

分组碰撞、间歇信号和启动/关闭瞬变等异步事件，都需要分析仪具有适当的触发能力来捕获这些事件，并具有真正的时间相关多域分析来诊断这些事件。例如，WLANCombo 设备在理想信号条件下丢掉 5% 的 WLAN 分组。工程师怎样确定导致分组丢掉的原因是没有控制的分组碰撞，还是媒体访问控制器(MAC)设置的逻辑问题呢？

使用 MAC 作为 VSA 触发源，不仅需要耗费大量时间进行连接，而且如果 MAC 是要诊断的问题的一部分，那么这种作法本身也有问题。在 VSA 捕获记录中搜索 100 个信号突发，发现 5 个突发有问题，是一种效率低下、耗时巨大的诊断方法。通过使用 RTSA 频率模板触发技术，将捕获这个问题进行分析，而没有复杂的外部触发或耗时的数据搜索。

Combo 设备的干扰模式要多于典型收发机。工程师不仅要处理带内和带外辐射法规，还要处理 RF 辐射对并放接收机、收发机和高速微处理器的影响。

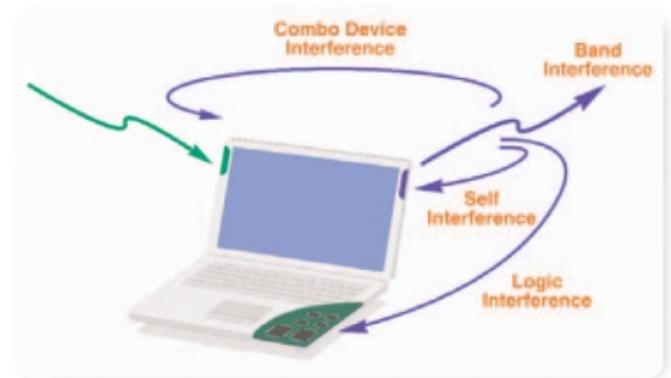
如果没有 RTSA 的触发功能，由于 WLAN 分组的间歇性特点，可能需要耗费大量的时间才能识别与干扰相关的问题。异步 RF 间歇性干扰问题通常会导致项目被推迟，因为工程师需要做大量的工作，才能考察这些无意的零星交互。

### WLAN 专用测量

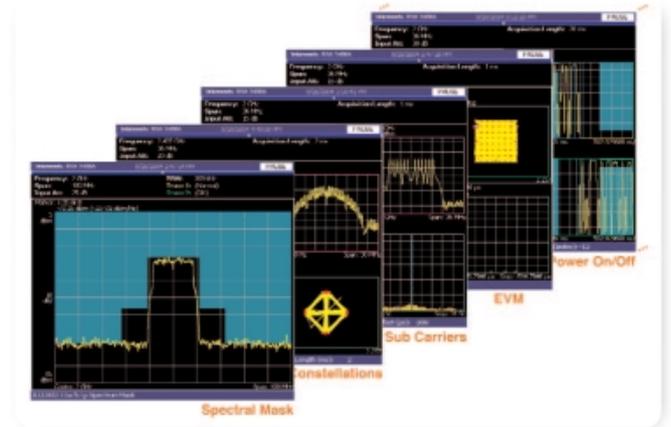
RSA3408A 具有触发及可靠捕获间歇信号的技术能力。为成为有效的 Combo 设备诊断工具，还必须具有一套完整的 WLAN 测量。

RSA3408A 提供了可选的全功能 WLAN 分析软件。分析软件中预置了所有流行的 802.11a/b/g 测量标准，可以迅速检定信号特点。这一完整的分析软件中还提供了频谱模板、EVM、开关功率瞬变、CCK 星座、OFDM 星座、副载波星座等功能。

但是，本应用指南的重点主要是介绍 RSA3408A 独特的测量和分析功能。如需与行业标准测量有关的更多信息，请与泰克代表处联系。



► 图3. Combo 设备干扰模式。



► 图4. 常用的 802.11a/b/g 测量。

RSA3408A 提供了多种独特的 WLAN 分析功能，旨在为工程师提供快速洞察能力和可靠数据。让我们看一下部分 WLAN 分析功能。

# 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

## ► 应用指南

### 时域相关的多域分析

如前所述，RTSA的DSP功能为内存中存储的整个信号提供了真正的时间相关多域分析功能。它可以在时域、频域、调制域、频谱图和码域显示画面之间切换，以最符合逻辑的方式查看信号特点，而不会丢失RSA3408A上的定时信息。

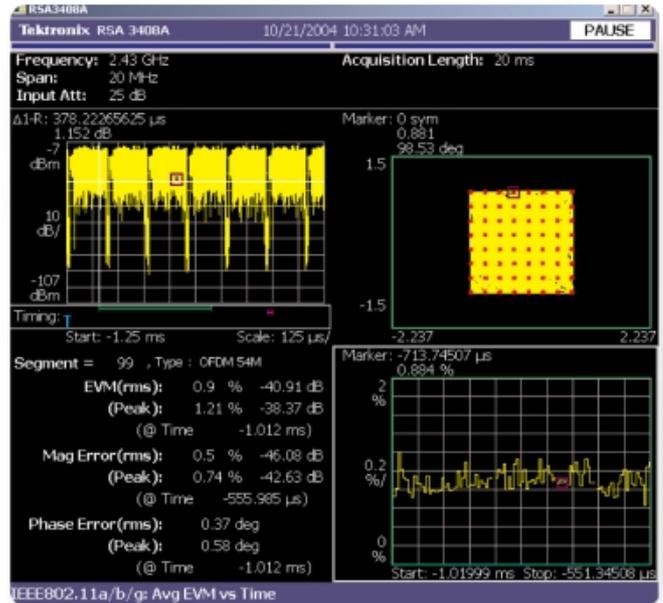
通过RSA3408A的无缝信号捕获功能，在频谱图中设置的标尺可以与其它域中的标尺建立精确的时间关联。

完全时间相关的视图可以从最可以理解的角度进行无缝分析。可以在调制域中查看在频谱图或频率模板触发显示画面中捕获的事件，评估其对误码性能的影响。您只需把标尺放在频谱图中的事件上，然后在星座图上查看相应的码。

在一个域中识别异常事件、然后立即在另一个域中评估该时点上的影响的这种能力，是迅速诊断问题的关键组成部分。

我们可以看一下在使用三个不同显示域分析802.11b分组突发时，多域分析所具有的优势。

可以一次查看功率随时间变化、频谱和EVM。在功率随时间变化图中移动标尺，将随着标尺移动自动显示频谱和



► 图 5. 802.11 多域分析。

EVM。时间相关的标尺移动还可以在频谱图、码星座图及电压随时间变化显示画面中实现。

使用从时间相关的多域分析提供的不同视角，特别适合分析WLAN设备，如瞬变频谱功率对PA线性度的影响、拐角码点上的频谱输出及频谱图中的信号碰撞，都提供了有用的诊断信息。

## 802.11 自动检测

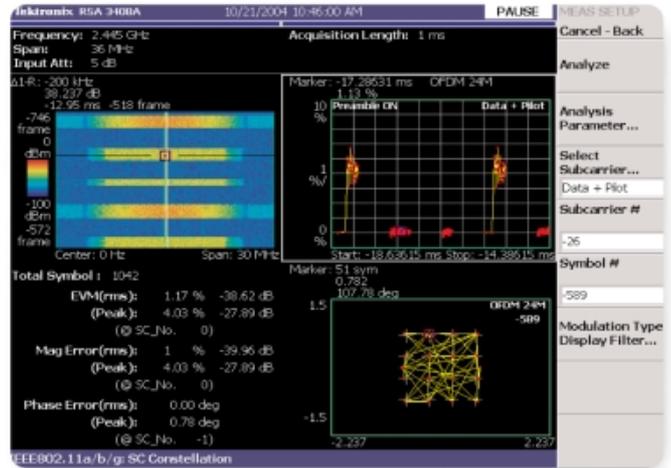
支持 802.11g, 54 MBPS OFDM 的 WLAN 设备要求向下兼容早期的 802.11b 的 11 MBPS CCK 格式。许多设备同时生成这两种信号，这带来了测试问题。

矢量信号分析仪通常必须在分析模式之间切换，以采集信号突发，解调信号，进行调制测量。这可能会非常复杂，因为可以作为同一时间记录的一部分捕获不同的突发。在调制格式和速率之间切换对大多数信号分析仪来说要耗费大量的时间，要求输入格式和速率信息。

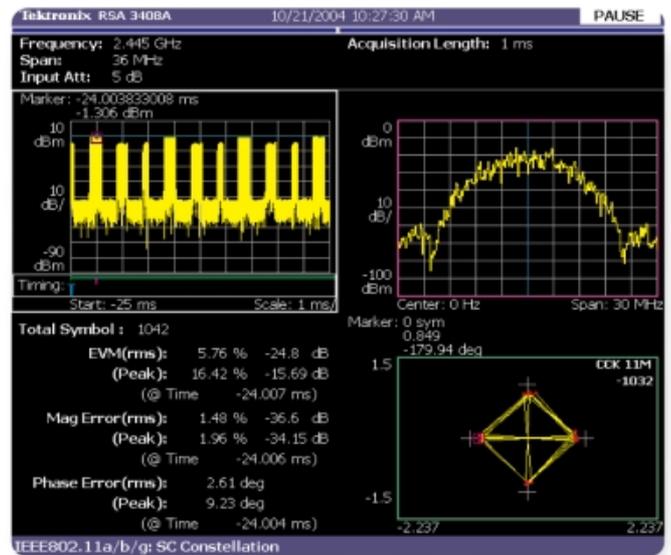
RTSA 可以自动检测 CCK 或 OFDM 调制格式和速率。这对 WLAN 设备非常方便，对许多 Combo 设备至关重要，其复杂的干扰方案在诊断时可能需要混合模式操作。

通过自动检测功能，工程师可以自动放大和分析每个突发，使用仪器选择适当的格式和数据速率。为把分析仪设成自动检测，只需把标尺放在感兴趣的突发上，仪器将完成其它工作。

在评估许多不同的传输分组时，这种关键的泰克功能可以加快诊断周期。通过自动检测功能，工程师可以把精力放在设计上，而不是设置测试设备上。



► 图 6. 自动检测 24MBPS OFDM。



► 图 7. 自动检测 11 MBPS CCK。

## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

### ► 应用指南

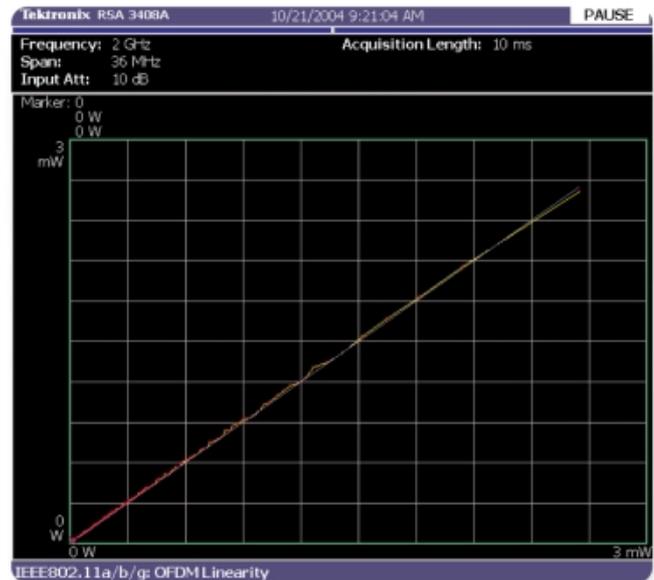
#### OFDM 线性度测量

OFDM 信号因高峰值均值功率比而闻名，如果设置不当，可能会给发射机功放器(PA)的线性放大范围带来明显的压力。

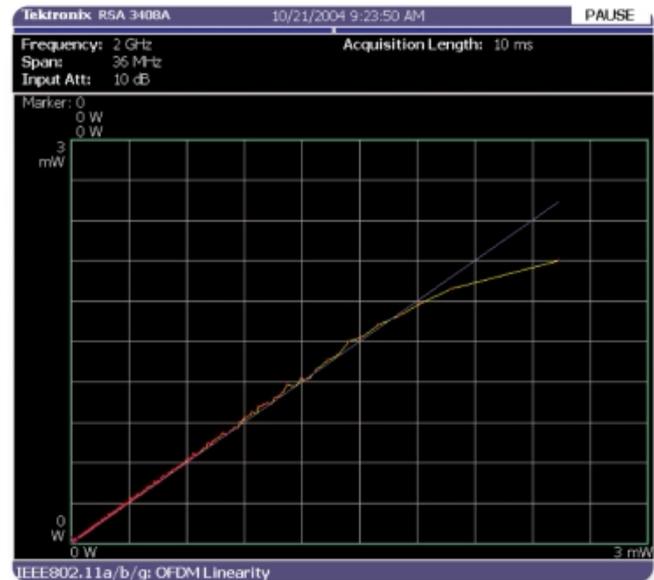
迅速精确地测量功放器的线性度可能是一项困难的任务。矢量网络分析仪(VNA)可以通过 AM/AM 压缩测量，简便地测量功放器线性度。但为此，功放器的输入在检定时不能从设备解耦，使得 VNA 方法并不适合迅速测量线性度。EVM 可能适合判断能够设置最大 PA 功率输出的环境，但由于 EVM 是各种可能的错误来源和确定的错误来源的综合结果，因此很难通过解释 EVM 来确定最大的 PA 输出电平。

RSA3408A 的 WLAN 分析软件提供了杰出的 OFDM 线性度测量显示，旨在迅速显示放大器信号压缩，而不需连接 PA 的输入。与 VNA 的功率输入和功率输出曲线类似，OFDM 线性度测量绘制实际功率输出与预计功率输出图。预计功率输出从收到的码数据中推导得出。

值得一提的是，这一测量的带宽很宽，适合每个 OFDM 载波。VNA 只能分析窄带 AM/AM 压缩测量。OFDM 线性度测量可以应用于实际信号，满足了 PA 的实际带宽和动态范围需求。



► 图 8. 线性(backed-off)功放器设置正确的 OFDM 线性度测量。



► 图 9. 采用压缩功放器的 OFDM 线性度测量。

在完美的线性功放中，预计功率等于实际功率，是45°结果时的一条直线。在功放器输出功率朝着放大器饱和和提高时，直线开始弯曲。实际输出功率达不到预计的信号功率，使直线变弯。

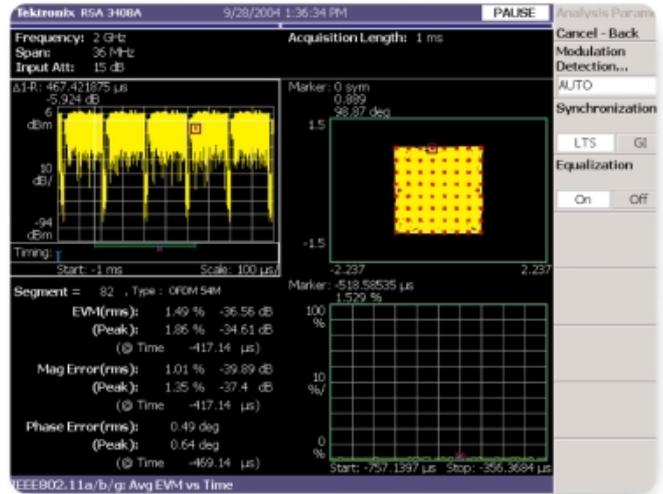
OFDM线性度测量为迅速确定线性度问题，挑选备选功放器或确立 802.11a/g 发射机的工作电平提供了理想的解决方案。通过简单地进入显示模式，可以简便地获得曲线，分析软件将自动预测预计功率，并显示其差异。OFDM线性度是迅速启动及正确运行 WLAN 设备的另一个测量手段。

### LTS/GI 同步

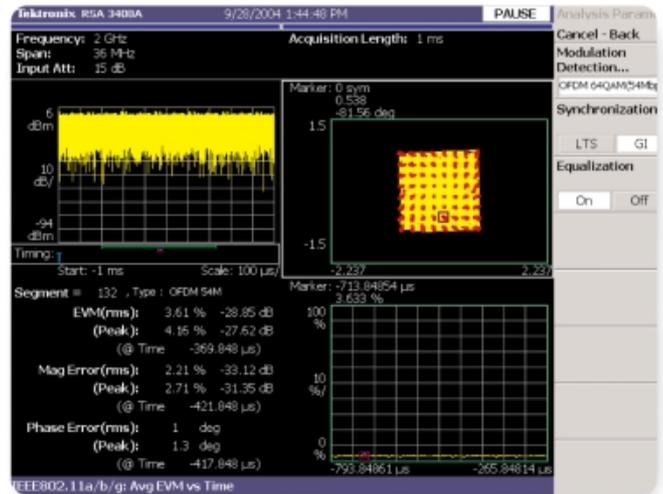
OFDM载波同步是一个复杂的问题，在各种会议上一直是一个流行的话题。为多个载波精确地确定相位和频率及确立色散通道中的码时钟定时可能会非常困难。

泰克独有的、协助迅速分析WLAN信号的另一种功能是在选择 OFDM 同步方法。分组突发前置码中包含的长串序列 (LTS)一般用来同步 WLAN 接收机。分组的初始码提供了已知的数据码型，可以用来估算载频错误和通道色散。

开发环境并不能一直使用 LTS 进行同步。由于平衡器问题、功放器启动瞬变等各种电路问题导致前置码不可用或损坏，可能会阻碍 LTS 同步或致使 LTS 同步质量下降。



► 图10. LTS 同步选项，没有显示任何星座相位旋转。



► 图11. GI 同步选项，显示了部分星座相位错误。

## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

### ► 应用指南

为解决这些问题，泰克不仅提供基于LTS的同步，还提供基于保护间隔(GI)码的同步。可以使用放在分组突发中数据段之间的保护间隔码实现同步。操作人员可以通过简单的菜单选项，选择想要使用的同步方法：LTS 或 GI。

LTS 的长度越长，能够提供的同步精度越高，因此如果前置码功能正常，首选使用更长的 LTS。

GI 同步选项可以用来检查 LTS 同步性能。如果 GI 同步表现的性能要优于 LTS，那么 LTS 同步可能出现了问题。同步方法的选择是诊断OFDM同步问题的一个重要工具，以便在没有正确工作的前置码时，实现连续开发进程。这些独特的 WLAN 分析工具可以帮助 Combo 设备设计人员和生产经理通过可靠的、揭示问题的测量，快速诊断 WLAN 问题。

### 实际环境中的 Combo 设备问题

测试设备必须为要测试的 Combo 设备中的每种标准提供“综合”分析测量功能。RSA3408A能够支持最现代的无线调制标准，包括 802.11a/b/g, GSM/EDGE, W-CDMA, HSDPA, cdma2000, 1xEV-DO, TD-SCDMA 等等。由于 36 MHz 的实时 RF 捕获带宽和超过 78 dB 的动态范围(TOI)，实时频谱分析仪特别适合测量 Combo 设备，并支持许多流行的 WLAN 配套收发机。

与 WLAN 分析选项一样，它采用强大的多域分析软件来支持所有无线标准。除时间相关的多域分析能力外，其它分析软件还可以从已获专利的频域触发能力中受益。因此，RSA3408A 为支持的所有调制技术都提供了同样快速的诊断查看周期。

我们已经考察了强大的 RSA3408A DSP 的优势、独特的 WLAN 分析测量软件及各种无线标准选项。下面我们将考察某些实际环境实例，介绍怎样应用这种技术，解决某些常见的 Combo 设备问题。

### WLAN/ 蓝牙分组碰撞

采用蓝牙个人局域网(PAN)和 802.11b/g WLAN 网络的 Combo 设备拥有一系列独特的 RF 干扰问题，因为它们使用相同的 2.4 GHz 工业 / 科学 / 医疗(ISM)频段。

在宣传中，蓝牙和 WLAN 调制格式通常声称相互兼容及互相补充，但在收发机之间的距离只有几米时，它们会相互干扰，当这些设备必须共存在 Combo 设备中时，这一点表现得尤为明显。

接近问题源于各自的调制格式中缺乏充足的抗干扰(AJ)功能。这两种调制都采用跳频技术。蓝牙采用跳频扩频(FHSS)技术，802.11b/g 采用直序跳频(DSSS)或 OFDM 技术。遗憾的是，在这两种情况下编码增益都很小，几乎没有提供抗干扰保护。

在技术开发前期，干扰问题没有被看作重大问题，因为这些产品被视为独立应用。随着人们日益需要把蓝牙产品与计算机连接起来，高速WLAN连接对许多计算机变得至关重要，WLAN/ 蓝牙 Combo 设备干扰问题迅速显现。

### 信号碰撞

由于信号同时到达及后续干扰引起丢包，设备的正常运行会受到影响。以个人电脑(PC)Combo设备为例，蓝牙鼠标可能会干扰WLAN网上下载。鼠标移动会明显放慢上网速度。

蓝牙和 WLAN 标准和设备开发早期都已经想到了这些问题。设备首先侦听信道，然后才进行传输，以保证信道没有使用。它们增加了载波检测多路访问 / 拥塞检测 (CSMA/CD)协议，以避免干扰蓝牙或 WLAN 传输。

WLAN CSMA协议使用的通话前侦听方法要求接收机必须在一定的时间间隔内侦听信道中的其它信号，这一时间间隔通常是  $10\ \mu\text{s}$ ，然后允许发射机打开。在检测到信号时，传输被延迟随机数量的时间间隔，通常也是  $10\ \mu\text{s}$ 。这个  $10\ \mu\text{s}$  的粒度留下了一个不确定的周期，在这个周期内，另一台设备可以选择接入信道。

遗憾的是，WLAN/ 蓝牙 Combo 设备仍具有异步传输分组。无干扰信道现在并不能保证从现在起一直是无干扰信道。因此，信号分组仍会偶尔碰撞。



► 图 12. 802.11b/g 信号分组与蓝牙信号分组发生碰撞。

### 测量问题

评估 WLAN/ 蓝牙 Combo 设备的分组干扰性能可能会非常困难。需要捕获信号碰撞要求触发技术能够抓住事件。触发蓝牙分组或 WLAN 分组可能会留下一段时间记录，在这段记录中要手动搜索数百个分组，而只有少数分组发生碰撞。只有在信号的幅度相等时，触发功率随时间变化才会可靠地工作，而这种情况非常少见。外部触发是可能的，但在这种情况下，将要求复杂的逻辑和流程，此外还需要电路连接，而这有时很难实现。

可以使用自由运行采集，但可能误导性非常大。异步信号通过高活动周期和低活动周期。自由运行采集还要求广泛的分析时间，以消除无碰撞的数据。

## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

### ► 应用指南

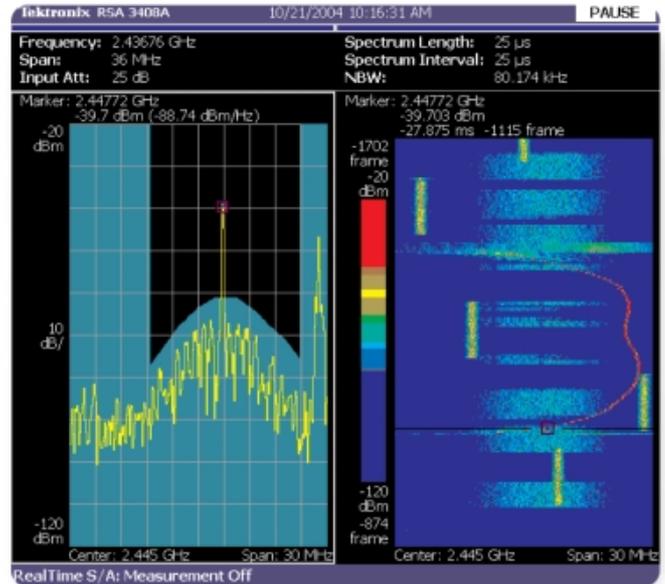
如果没有充足的诊断工具，工程师可能会倾向于仅使用丢包数据。分析丢包数据不能可靠地查看丢包的特点。它是信号碰撞引起的？还是只是功放器设置不当引起的？分析不全面，可能会给项目和生产带来灾难性影响。有些问题可能被看作微小的功放器设置问题，其可能会错误地引导工程师承诺一个时间表，但这些问题没有反映复杂的未知底层问题。而更糟糕的是，如果产品投入到生产中，由于超过元器件容限，出现麻烦的、代价高昂的生产停顿只是时间问题。等到认识到底层问题时，项目可能已经远远滞后于时间表，而且发生了大量的成本。在实际环境设备中，拥有必要的工具、获得清楚的诊断信息至关重要，以便使项目按期完成。您可以看到，捕获 WLAN 和蓝牙分组碰撞的所有这些方法都有缺点，耗时长，或者设置困难。

### 实时触发解决方案

RTSA 可以使用频率模板触发，检测频段中碰撞的信号。这种触发专利技术可以迅速设置测量和捕获异步 WLAN/蓝牙分组碰撞。

为设置频率模板触发，捕获分组碰撞，先捕获一个 802.11b/g 信号分组。捕获的 WLAN 分组应没有蓝牙干扰。在使用频谱图或功率随时间变化图时，把标尺放在 802.11b/g 分组突发的净荷部分。避免使用分组的前置码部分，因为它不包含最宽的频谱包络。

然后，使用 RSA3408A 时间相关的多域分析功能，使用分析仪的 36 MHz 实时带宽，捕获接近的信号，查看 802.11b/g 突发数据净荷部分的相应频谱图。

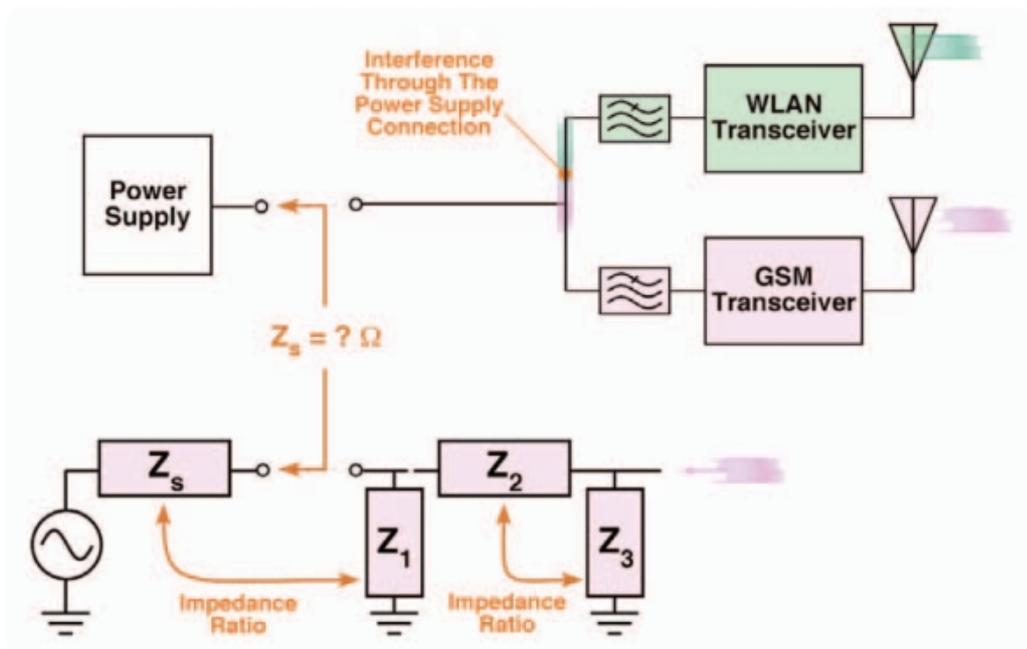


► **图13.** 频率模板触发捕获，802.11b/g CCK信号分组与蓝牙FHSS信号和微波炉信号碰撞。

然后在 802.11b/g 频谱的外部设置频率触发模板。模板应设置得足够远，使 WLAN 分组突发本身不会触发分析仪。然后分析仪准备触发，然后激活蓝牙收发机。

在蓝牙 FSK FHSS 信号跳过 802.11b/g 分组时，它将突破频率模板，在分组碰撞时触发分析仪。同样，与图 13 一样，微波炉的瞬时干扰会突破频谱模板，触发采集信号数据。

在 VSA 中，它会在详细检查后长时间捕获信号，以找到信号碰撞。与 VSA 方法不同，工程师会发现，非常短的捕获长度在 RSA3408A 通常已经足够了。频率模板触发可以有效地识别碰撞信息，只把感兴趣的分组存储到内存中。这消除了搜索长记录、找到偶尔错误的耗时流程，降低了捕获内存要求。在希望时，可以使用触发前延迟和触发后延迟，保证全面捕获 WLAN/蓝牙突发。



► 图 14. 通过电源连接耦合到 WLAN 收发机上的 GSM 干扰，表明在低阻抗系统中很难进行滤波。

值得一提的是，不需要执照的 ISM 频段有许多干扰方案可能。医院、股票交易所和制造厂可能会有非常复杂的 ISM 频段 RF 环境。在现场中，传统上一直很难精确地确定干扰来源。由于开发实验室使用上面列明的同一程序，因此现在可以迅速识别现场中的干扰源。

### 检验同步的信号

最近，许多 Combo 系统 802.11b/g 和蓝牙电路开始在 MAC 级同步传输，避免 RF 级的 Combo 设备干扰。

同步的 Combo 设备要求进行检验，以保证正确操作。这在大批量生产环境中可能是一个明显的问题，因为在这些环境中，工程师不希望物理上探测电路。通过使用频率模板触发技术，可以分析 Combo 设备，同时 RSA3408A 检查规定模板违限及分组碰撞。这为识别失效同步电路中的问题提供了一种快速简便的方式。

RSA3408A 特别适合进行 WLAN/ 蓝牙通信分析，它超越了传统 VSA，使工程师能够查看 Combo 设备在实际环境中的干扰问题。

### GSM/WLAN Combo 设备

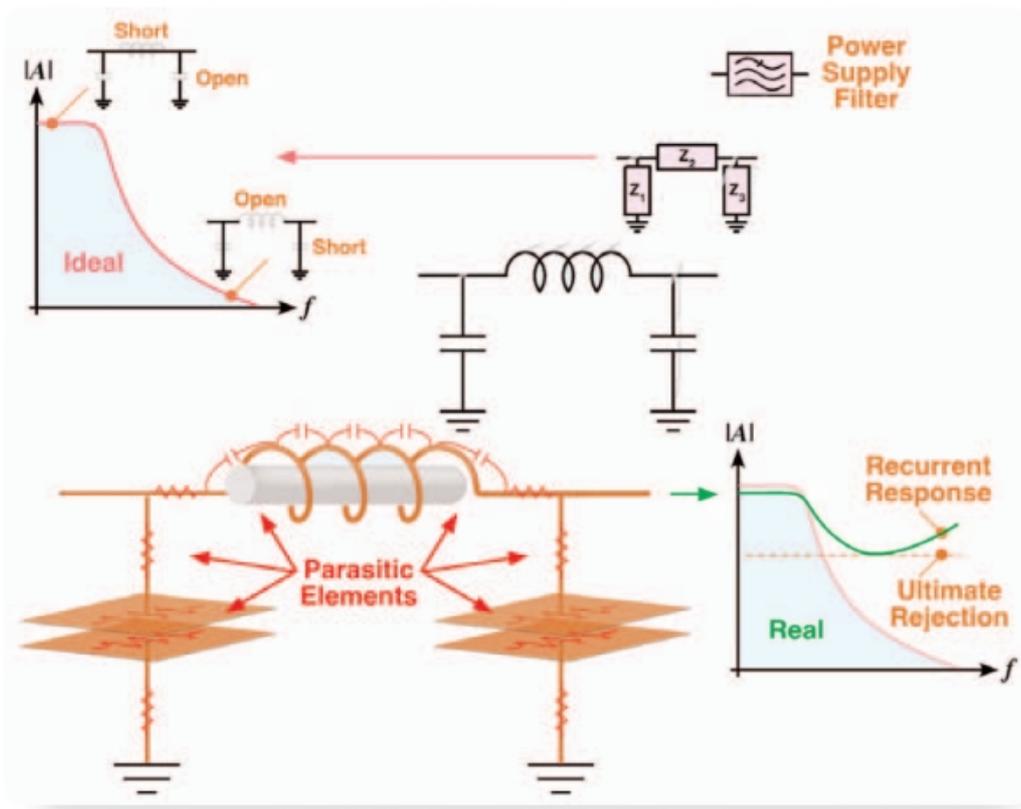
在上面的实例中，我们考察了在同一频段中通过天线相互干扰的两个 RF 信号。下面，我们将考察怎样防止两台 RF 设备通过 Combo 设备内部的连接相互干扰。

### WLAN 对并放的 GSM 设备的影响

WLAN 和 GSM 收发机没有使用同一个无线频段。使用单独的频段消除了两个通信系统之间直接干扰。但是，有许多内部干扰机制，可能会损害在同一块 PC 电路板、同一个封装或同一个产品中工作的两个 RF 收发机的性能。

# 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

## ► 应用指南



► 图 15. 滤波器寄生单元对最终抑制和周期响应的影响。

由于电场或磁场耦合，并发的设备发出的瞬变会通过电路板和线缆传送。它们还会通过电源或控制线路传送，产生意外干扰。

与连续出现或在可预测的时间发生的其它干扰来源不同，分组通信设备导致的干扰是零星的、异步的，因此很难找到根本原因及工程设计方案。在时间上把信号分开，一次只允许一台设备通信，可能会消除并发的干扰。但是，它也会降低 Combo 系统的用处和吞吐量。采用滤波和屏蔽的频谱控制，通常是使两台设备独立运行的常用方法。

在收发机之间增加屏蔽墙可以提供多 dB 的隔离能力。但是，屏蔽效果取决于进入每个屏蔽空间的电源和控制线

路的滤波效果。通常使用馈通滤波器，防止模块之间出现 RF 泄漏。馈通滤波器的效果通常会受到寄生效应及腔和轨迹谐振的影响，腔和轨迹谐振会在 WLAN 和 GSM 频段中耦合能量。

低通滤波器的抑制功能与串联单元和并联单元之间的阻抗比有关。图 15 说明了电容器引线的寄生电阻和电感怎样提高其高频阻抗。它还说明了在作为低通滤波器中的并联单元使用时，电感器中线圈间电容怎样降低其阻抗。另一个影响是屏蔽接线箱的行为特点在 WLAN 频率(2.40 - 2.43 GHz 和 2.50 - 2.60 GHz)附近通常类似于波导谐振器。即使使用良好的滤波器，谐振效应仍会把能量耦合到电源和控制线路中。

另一个常见效应是电源电路和系统中使用的有源器件引起的。由于其它电路中吸收电流脉冲，稳压器不理想会导致输出电压变化。这就提供了一种机制，其中一个收发机中的功放器吸收的高电流会导致另一台 RF 设备发生错误。由于在电源和控制线路上缺少最终抑制，在 Combo 设备内部很难实现充足的内部隔离。这导致许多 Combo 设备设计人员使用临时隔离，以最大限度地降低内部干扰。时域双工(TDD)系统在低成本无线设备中非常流行，原因有很多。在上连和下连之间存在不对称数据净荷时，如 WLAN，TDD 系统工作得非常好。TDD 系统还使用发送/接收(T/R)开关，它简便地集成到芯片上。因此，TDD 方法对芯片上系统(SoC)设计人员极具吸引力。TDD 系统的另一个主要优点是消除了昂贵的发送/接收双工滤波器。使用 TDD 时隙、而不是频段，不再需要使用高 Q、高性能双工器。

典型 TDD 系统(如 WLAN)中使用的成本较低的滤波技术使接收机和发射机更容易受到干扰。通过电源轨迹传送的干扰很容易会阻碍接收机，或在发送的信号中增加过多的杂散信号。很难经济地解决这些问题。

RSA3408A 简便地捕获这个干扰，可以有效协助工程师确定防止干扰必需的频谱控制水平。理解所需的频谱控制水平，是经济地防止干扰的基本步骤。尽管通常首选使用频谱控制，但由于成本限制，许多应用可能都不会采用这种方法。

通过使用临时隔离，WLAN 和 GSM 信号可以保持没有内部干扰。在 WLAN/GSM Combo 设备中使用临时隔离的代价，是其不可能同时实现同步信号操作。这降低了数据吞吐量，即使两个标准在不同的 RF 频段中工作。它不需使用复杂性高得多的屏蔽、RF 滤波和电源滤波。

为使拥有多个发射机和接收机的临时系统或 TDD 系统的吞吐量达到最大，需要精确的定时信息。开关分组突发所需的时间是使停运时间达到最小的重要组成部分，这时在 TDD 系统中不传输任何数据。精确地测量从命令发送一个分组到 RF 分组开始从发射机出现之间的延迟，对设置 Combo 设备的数字定时非常重要。我们将使用 WLAN 开机和关机瞬变说明这一点。

## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

### ► 应用指南

#### WLAN 开机瞬变和关机瞬变

在传送 WLAN 分组时，存在着开机瞬变和关机瞬变。WLAN 标准要求把这些瞬变保持在最小范围内，以在前置码过程中保证充分的 RF 功率，避免系统等待功放器关闭的周期过长。

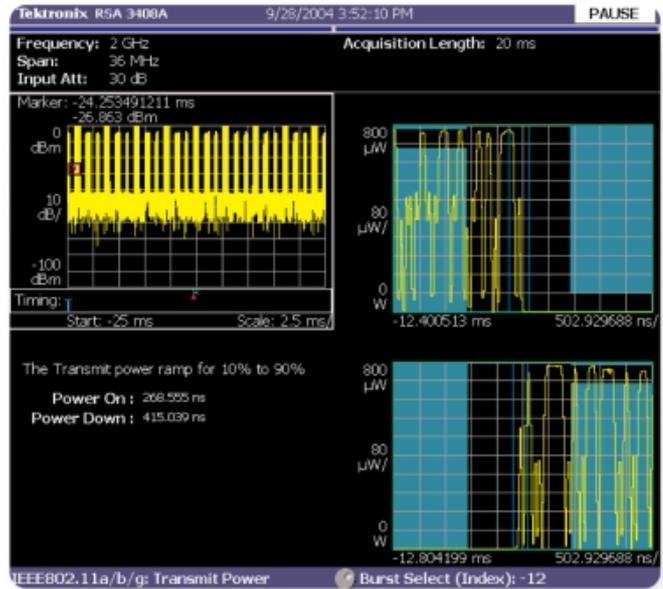
RSA3408A 可以自动测量 WLAN 和 GSM 分组的开机瞬变和关机瞬变。在功率随时间变化图或频谱图中，您只需把标尺放在想要的分组上，然后进入开机/关机测量模式即可。自动检测功能会选择想要的 WLAN 格式和速率。然后，RSA3408A 分析软件会画出相应的无线标准模板，显示测量结果。

RSA3408A 方便地提供了开机时间瞬变和关机时间瞬变。通过使用连接发送分组命令行的外部触发，可以测量命令和实际 RF 脉冲之间的定时。然后再次把标尺放在触发后的第一个分组突上。在显示画面左下角的时间记录中增加开机时间，可以获得发送命令和 RF 分组之间的总时间。

检验通过发射机的延迟，使得工程师能够补偿电路定时，从而可以以最小的空转时间实现连续数据传输。

功率瞬变测量对许多电路都非常重要，因为响应通常取决于功放器，通常是独立于 WLAN 部分的半导体。为功放器提供的电源电流不足或控制线路上的电容过高，可能会降慢系统性能，破坏兼容能力。

工程师必须检验在调制信号实际到达功放器之前，功放器已经启动，并准备进行传输。这种提前定时功能通常



► 图 16. RSA3408A 上的 WLAN 开机测量和关机测量。

在控制软件中设置。优化这一定时需要实现一个关键平衡，即保证功放器稳定，以进行传输；及使功放器开机时间达到最小，以延长电池使用时间。功放器变化(如模具变化或模具收缩)可能要求复位定时。保证最优定时的最可靠的方式是测量开/关信号瞬变。

#### 可视化问题

通过使用 RSA3408A，可以触发、捕获及迅速分析这些瞬变事件。必需指出，许多 RSA3408A 分析测量提供了与底层电路性能有关的大量信息。

RSA3408A 的深内存和独特的触发功能，可以在一次采集捕获大量的信息。实时频谱分析仪在 36 MHz 带宽时提供了超过 1 秒的捕获缓冲器，在 5 MHz 带宽时提供了 10 秒的捕获缓冲器，同时提供了触发功能，可以在适当的时间填充缓冲器，在评估复杂的电路问题过程中提供了大量的信息。

工程师将发现，RSA3408A 上的 RF 分析通常是诊断许多问题最快速的方式。在多个域中分析丰富的信息内容，可以从顶层测量中识别详细的电路问题。

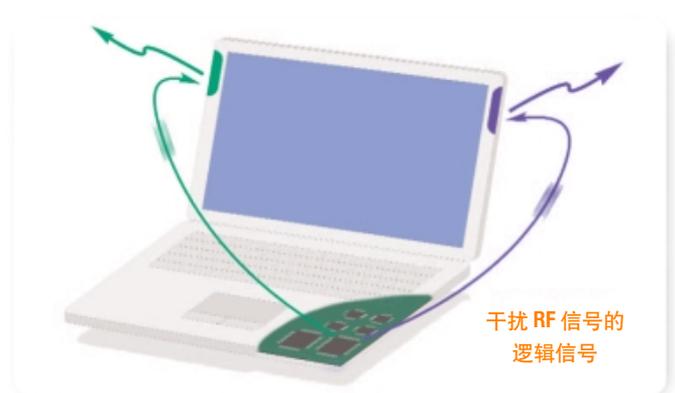
在前面的实例中，RSA3408A 不仅提供了与 RF 干扰问题有关的信息，还提供了与数字定时有关的信息。这类测试设备可以最简便的设置能力提供最宽的诊断能力，为工程设计提供了最佳的价值。

### RF 突发和逻辑信号

Combo 设备工程师经常遇到的实际环境问题是高速微处理器逻辑和时钟信号与 RF 信号交互问题。

最近几年，微处理器速度已经接近微波设备。时钟速度为 2.4 GHz 的微处理器并不少见，这一频率正是 802.11b/g WLAN 和蓝牙设备运行的同一频率。

过去，数字逻辑频率通常要远远低于无线工作频率。这明显简化了对不想要的干扰的滤波工作。工程师将使用低通电源滤波器和屏蔽技术，防止灵敏的 RF 接收机中发生数字逻辑干扰。相反，RF 信号很少干扰数字逻辑，因为逻辑电路不够快，不能对 RF 能量作出反应。



► 图 17. 高速数字逻辑干扰。

由于 RF 数据链路现在集成到拥有上千兆赫时钟的电路板上，防止逻辑干扰 RF 信号及防止 RF 干扰破坏数字逻辑的挑战变得非常之大。现代分组通信和逻辑控制功能带来了干扰，这些干扰一般具有间歇性特点，这使挑战变得更加复杂。

### RF 信号的逻辑干扰

RF 工程师多年来一直担心落在 RF 频段中、降低接收机灵敏度的微处理器时钟谐波。这个问题仍然存在，而且挑战在不断加剧，因为除了谐波以外，干扰现在更可能来自基础频率。

在干扰 WLAN 链路的数字逻辑信号中，最常见的机制是进入非常灵敏的接收机的逻辑信号。接收机中的大量增益使其最容易受到干扰。现在逻辑时钟位于 RF 频率上，Combo 设备设计人员担心这些信号会通过天线、前置放大器或 IF 段进入接收机。

在逻辑信号进入接收链时，它与想要的信号竞争，可能会导致 EVM 提高，最终产生误码。

## 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

### ► 应用指南

识别把逻辑噪声或时钟信号耦合到 RF 中的方式，通常通过试错流程实现。怀疑有问题的通路将被删除或滤波，直到 EVM 达到最小。

### 时钟干扰的类型

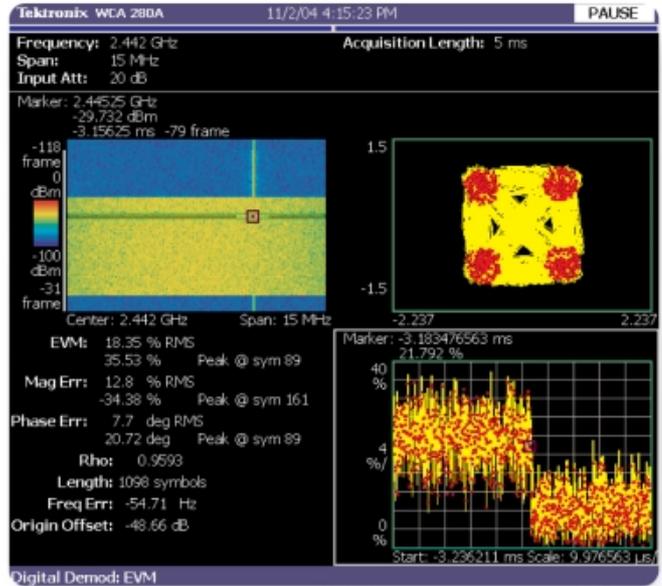
降低接收机灵敏度的数字干扰问题识别起来比较简便，与此不同，逻辑设备的 RF 分组干扰隔离起来尤为困难。

过去，调试到达高速数字逻辑的 RF 分组及导致的问题的需求很少。高速时钟、高精度定时和低压逻辑，使逻辑干扰在许多电路中更加常见。Combo 设备设计人员面临着一个特别困难的工作，因为通常来说，这些产品的小型便携式特点会严重限制屏蔽和滤波选项。

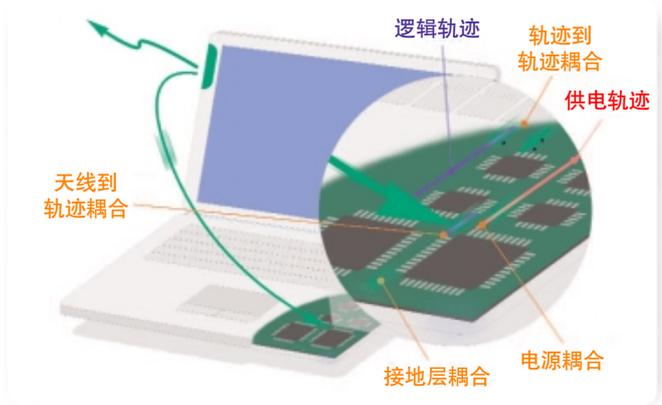
在本节中，我们将重点介绍 Combo 设备设计人员日益面临的一个问题，即发射机信号干扰数字逻辑的问题。

并发的 Combo 设备 RF 发射机会在高速微处理器和时钟和逻辑线路中增加抖动，进而会干扰数字定时，导致数据错误和系统问题。

对到达数字逻辑信号的 RF 分组，可能会有多种不同的耦合机制。天线辐射的 RF 可能会耦合到逻辑轨迹上。RF 输运线会耦合到逻辑线上。RF 分组可以通过电源连接和接地层传输。诊断哪种无意耦合模式导致了逻辑问题在间歇性分组突发中可能会非常困难。



► 图 18. 间歇性的时钟信号在突发的前半部分导致了较高的 EVM。



► 图 19. WLAN RF 突发和数字逻辑信号。

### 传统测试解决方案的局限性

示波器通常是诊断高速逻辑问题的首选设备。遗憾的是，高速示波器通常缺乏足够的动态范围，显示或触发 RF 分组突发。高速示波器一般只有 8 位数字转换器的动态范围，其动态范围小于 48 dB。

扫频分析仪的动态范围要比高速示波器大得多。但是，扫频分析仪缺乏实时无缝捕获能力，而这对查看随时间变化的间歇性干扰必不可少。

### RSA3408A 的动态范围

RSA3408A 的动态范围要远远好于典型的高速示波器。由于 14 位模数转换器(ADC)，RSA3408A 提供了大于 78 dB 的动态范围(TOI)，因此，用户可以查看幅度远远低于快速示波器上一般能够查看的信号。

在试图确定不想要的系统相位瞬变的成因时，查看幅度低得多的信号特别有用。RF 通常会作为相位抖动，出现在数字时钟和逻辑线路上。

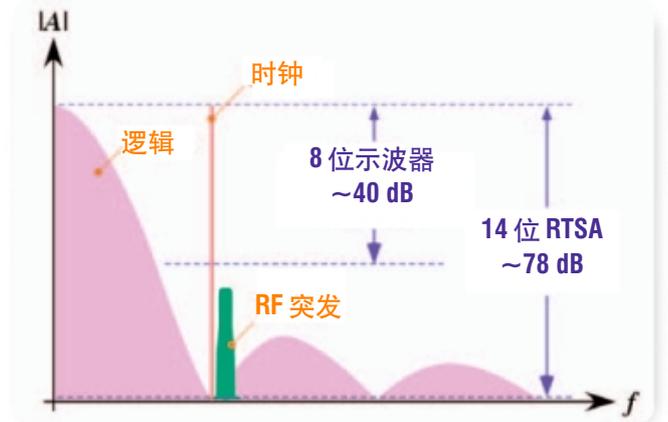
相位抖动过高，可能会导致定时问题，引起数据或控制错误。信号分析仪必需能够检定这种抖动，查看其成因。动态范围是能够全面查看和理解干扰的频谱签名的关键。

### RSA3408A 捕获时钟线路上的瞬变

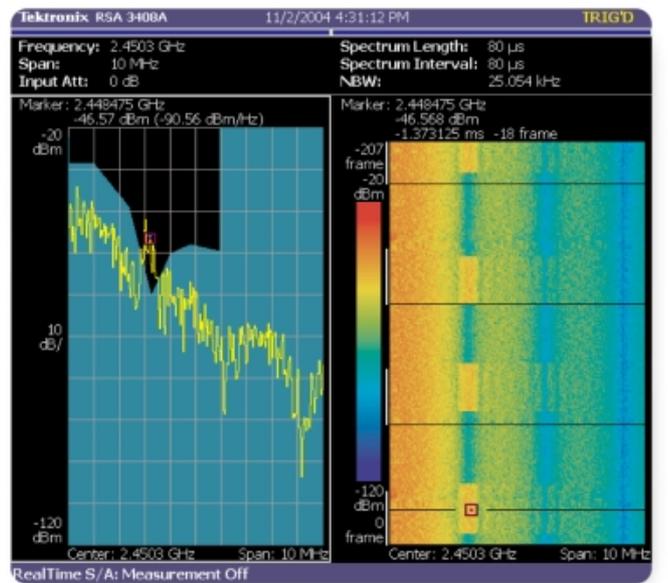
RSA3408A 独特的频率模板触发和高动态范围，使其能够简便地找到被损坏的逻辑和时钟轨迹。在无线设备关机时，频率模板触发可以设置成略微超过捕获正常逻辑或时钟频谱图。然后可以在无线设备开机时，如果分组突发耦合到轨迹上，频率模板触发将捕获事件。普通示波器看不到的杂散信号会清楚地出现在 RSA3408A 上。

此外，RSA3408A 的宽动态范围可以全面查看杂散信号，因此其成因将更加清楚。这一点非常重要，因为逻辑设备的分组干扰要求隔离耦合模式，确定要修复的无意电路错误。

没有任何其它独立分析仪能够象 RSA3408A 这样，清楚、可靠地捕获数字逻辑上的 RF 间歇性信号。



► 图 20. 高速示波器与实时频谱分析仪的动态范围比较。



► 图 21. 数字逻辑信号上的 RF 突发。

# 实时频谱分析在 WLAN 和 Combo 设备中的应用

## ► 应用指南

### 摘要和总结

WLANCombo 设备带来了一系列独特的测量挑战。异步 RF 信号分组及并发的通信系统之间的各种干扰模式，导致了许多情况下很难触发和捕获关键事件。

除为 WLAN 提供充足的带宽和足够的动态范围外，信号分析工具还必须提供基于标准的测量功能，以支持 Combo 设备。仪器还必须能够切实有效地处理这些复杂的突发 RF 信号。许多分析仪，如传统的矢量信号分析仪，要求耗时的长时间捕获搜索，而这在当前时间紧迫的环境中是不可行的。

RSA3408A 为 WLANCombo 设备工程师提供了独特的解决方案。由于频率模板触发和无缝信号捕获及时间相关的多域分析能力，该分析仪为设计和调试基于分组的 RF 通信系统提供了许多独特的工具。

本应用指南指明了当前部分 WLANCombo 设备面临的挑战。在本应用指南范畴之外，还有许多其它的 Combo 设备测量挑战。您可以与泰克代表处联系，获得相关辅助工具和信息。

泰克致力于为无线通信行业提供优异的产品，迅速提供诊断信息，帮助您取得成功。

### 泰克科技(中国)有限公司

#### 泰克北京办事处

北京市海淀区花园路4号  
通恒大厦1楼101室  
邮编：100088  
电话：(86 10) 6235 1210/1230  
传真：(86 10) 6235 1236

#### 泰克上海办事处

上海市静安区延安中路841号  
东方海外大厦18楼  
邮编：200040  
电话：(86 21) 6289 6908  
传真：(86 21) 6289 7267

#### 泰克广州办事处

广州市环市东路403号  
广州国际电子大厦2807A室  
邮编：510095  
电话：(86 20) 8732 2008  
传真：(86 20) 8732 2108

#### 泰克深圳办事处

深圳市罗湖区深南东路5002号  
信兴广场地王商业大厦G1-02室  
邮编：518008  
电话：(86 755) 8246 0909  
传真：(86 755) 8246 1539

#### 泰克成都办事处

成都市人民南路一段86号  
城市之心23层D-F座  
邮编：610016  
电话：(86 28) 8620 3028  
传真：(86 28) 8620 3038

#### 泰克西安办事处

西安市东大街  
西安凯悦(阿房宫)饭店322室  
邮编：710001  
电话：(86 29) 8723 1794  
传真：(86 29) 8721 8549

#### 泰克香港办事处

香港铜锣湾希慎道33号  
利园3501室  
电话：(852) 2585 6688  
传真：(852) 2598 6260



© 2004 年 Tektronix, Inc. 版权所有。全权所有。Tektronix 产品，不论已获得专利和正在申请专利者，均受美国和外国专利法的保护。本文提供的信息取代所有以前出版的资料。本公司保留变更技术规格和售价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。本文提及的所有其它商号分别为其各自所有公司的服务标志、商标或注册商标。11/04 FLG/BT 37C-18400-0

**Tektronix**  
Enabling Innovation