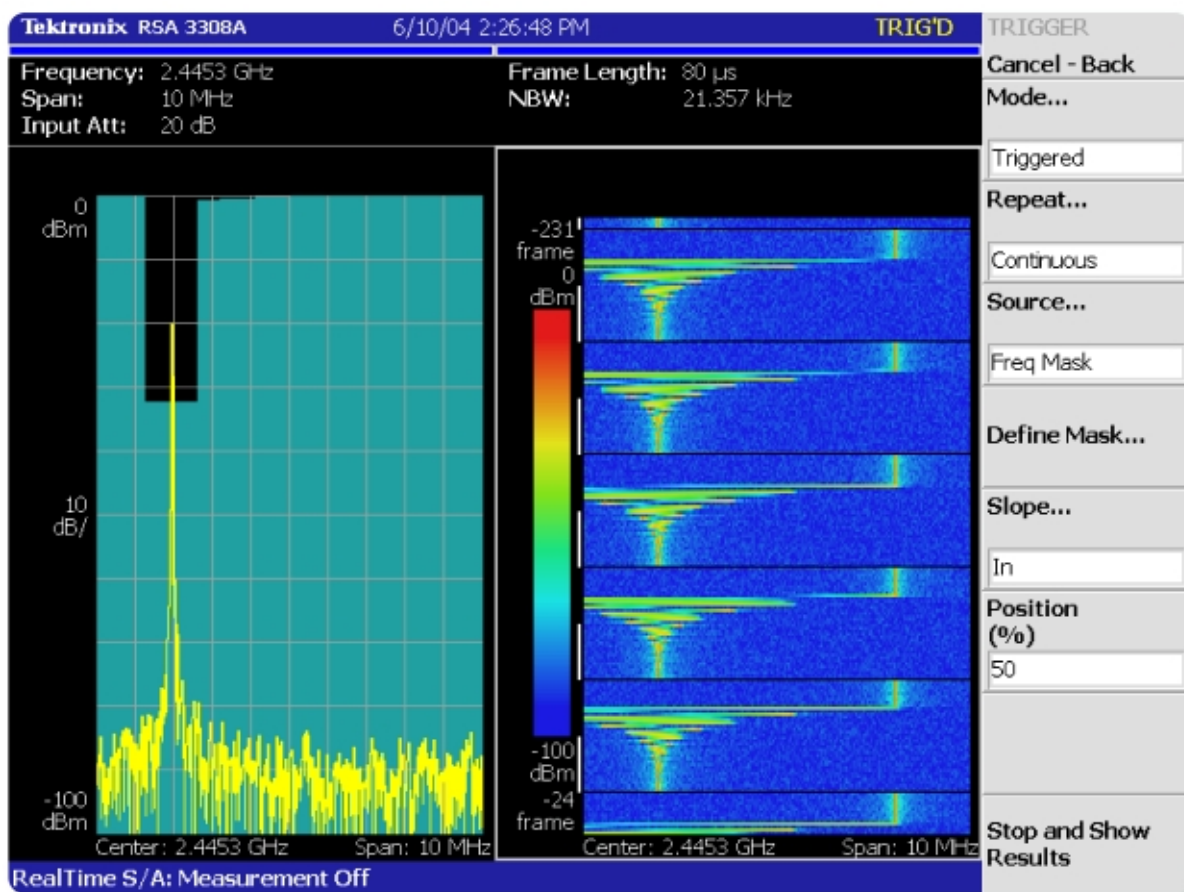


使用实时频谱分析技术，迅速识别 间歇性信号和干扰信号



当前拥挤的 RF 频谱面临的测量挑战

RF 频谱正变得越来越拥挤，越来越繁忙，这就给系统和信号相互干扰带来了更大的可能。今天，RF 信号数量不仅越来越多，而且这些 RF 信号一般具有更大的瞬变和复杂特点，使得 RF 工程师很难在工作环境中识别干扰信号的来源。

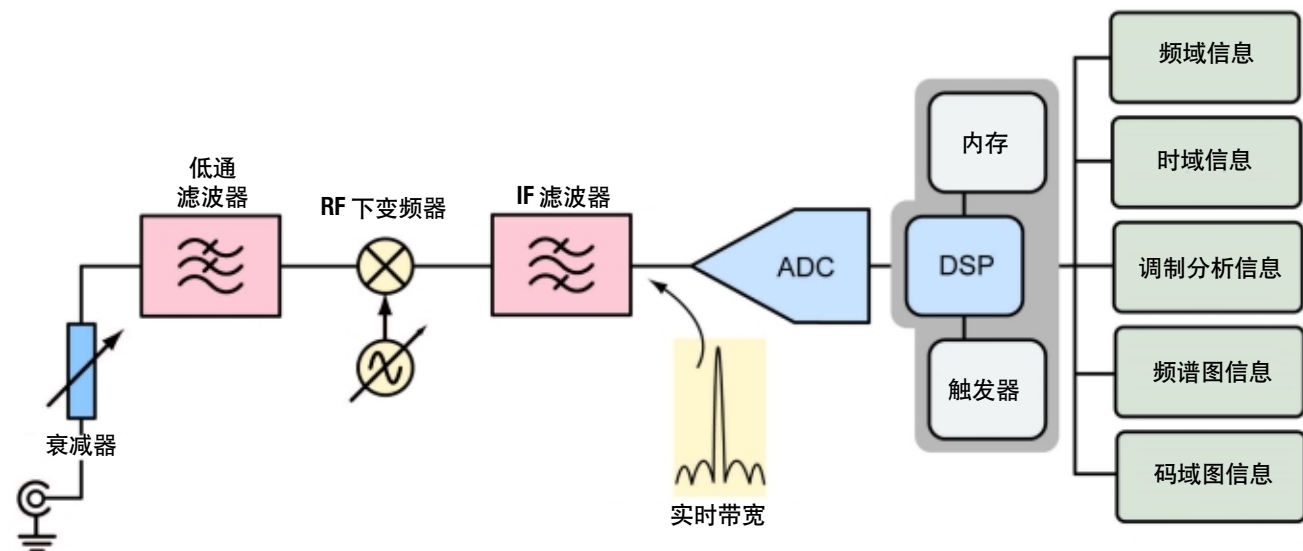
当前采用跳频、脉冲和数字调制等技术的许多 RF 系统中，找到、记录和识别干扰来源正变得更加困难，因为

“问题信号”可能只存在非常短的时间，可能会迅速改变频率，甚至可能会与预计的传输结合在一起，导致服务质量劣化。

在分析这些信号时，传统扫频分析仪很难为工程师和技术人员提供全面识别信号所需的全部信息。工程师需要显示画面，显示频域、时域和调制域的时间相关信息，使其能够迅速、全面、精确地分析信号。

使用实时频谱分析技术，迅速识别间歇性信号和干扰信号

► 技术简介



► 图 1. 泰克实时频谱分析仪方框图。

本技术简介将介绍使用实时频谱分析仪(RTSA)可以可靠地检测和检定瞬时RF信号,大大降低识别问题根源所需的时间。本文将使用大量的不同实例,演示可以怎样在广泛的应用中使用RTSA的独特功能,在这些应用中,识别间歇性信号和干扰信号至关重要。

实时频谱分析：触发、捕获、分析

泰克实时频谱分析仪是为迎接与瞬时和动态 RF 信号有关的这些测量挑战专门设计的。实时频谱分析的基本概念是能够触发 RF 信号,把信号无缝地捕获到内存中,并在多个域中分析信号。这样就可以可靠地检测和检定随时间变化的 RF 信号特点。

图 1 是 RSA 结构的简化方框图。可以在仪器的整个频率范围内调谐 RF 前端,它把输入信号下变频为固定的 IF,其与 RSA 的最大实时带宽有关。然后它对信号滤波,使用 ADC 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。RSA 是为提供实时触发、无缝信号捕获和时间相关多域分析而优化的。

对于小于等于 RSA 的实时带宽的测量跨度,通过数字化 RF 信号,并把时间邻近的样点存储在内存中,这种结构可以在时域中触发信号,然后无缝地捕获输入信号,而没有时间间隔。然后,可以使用 RSA 中提供的各种时间相关的信息分析信号,如图 2 所示。

使用实时频谱分析技术，迅速识别间歇性信号和干扰信号

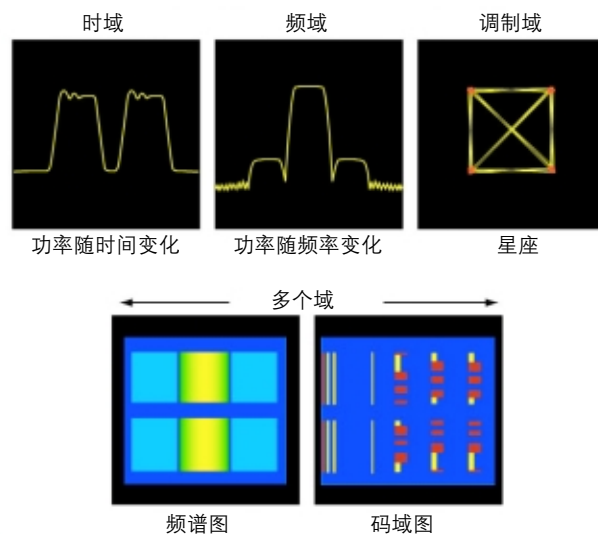
► 技术简介

一旦检测、采集和存储了某个RF信号，RSA可以进行频域测量、时域测量和调制域测量。由于所有这些结果都是从同一套底层时域取样数据中计算得出的，因此RSA可以在不同域之间关联信息特点，了解频率事件、时间事件和调制事件怎样基于公共参考时间相互关联。

这可以全面检定瞬时和动态RF信号，而使用扫频分析仪或矢量信号分析仪很难或不可能捕获和分析这些信号，这尤其适合要求瞬时信号检定的应用，如系统集成、设备调试和频谱监测。

在拥挤的频谱中找到信号

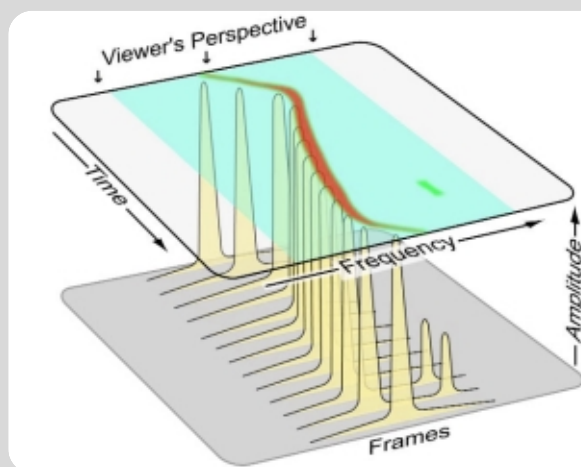
迅速识别干扰信号来源的其中一个关键，是能够在其出现时捕获想要的信号。如果想要的信号是间歇性的、不稳定的或位于RF频谱拥挤部分，那么这会变得尤为困难。找到间歇性信号的主要困难是由其不可预测引起的。在事件发生时，可能已经经过了几秒、几分钟或几个小时的时间。在事件发生时，它在很长时间内都不可能再次发生，因此用户必需保证频谱分析仪已经准备就绪，能够捕获这些信号。由于采用扫描结构、缺乏完善的触发器，使用传统扫频分析仪捕获间歇性信号特别困难。



► 图2. RSA上提供的部分时间相关测量实例。

绪，能够捕获这些信号。由于采用扫描结构、缺乏完善的触发器，使用传统扫频分析仪捕获间歇性信号特别困难。

RSA提供了多种强大的工具，可以在时域、频域和调制域中查看信号特点。通过把RF信号无缝捕获到内存中，然后使用DSP技术处理取样的数据，RSA可以可靠地显示RF信号随时间变化情况。图3所示的频谱图是一个重要的显示图，可以直观地表示信号在时域中怎样随时间变化。这使得工程师能够满怀信心地对突发信号、瞬时信号和跳频信号进行测量，本文后面对此进行了介绍。



► 图3. 传统频域测量提供的瞬时RF信号相关信息非常少。

使用实时频谱分析技术，迅速识别间歇性信号和干扰信号

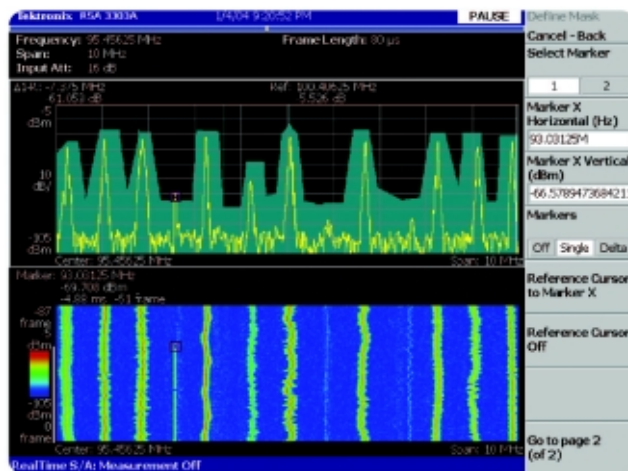
► 技术简介

为解决这个问题，泰克RSA采用频域触发功能，保证一旦干扰信号出现在频谱中，它们将尽快开始无缝记录整个感兴趣的频段。这种无缝捕获功能保证了在时间记录中没有断点，从而可以全面精确地分析测量期间的频谱。

频率模板可以内置在频域中，选择性地排除不感兴趣的特定区域，或可能包含大的现有传输的区域。模板的用途是查找“突入”或“突出”模板区域的信号。这种触发功能保证了只把“预计不到”的信号捕获到内存中，而忽略较大的已知信号。所有这些都可以在不需使用外部滤波器的情况下实现。

在图4所示的实例中，正在监测FM无线电频段中的10 MHz段，因为它存在间歇性小干扰信号问题。这个频段中挤满了许多大的信号，很难找到任何干扰信号。但是，通过使用频率模板触发器，可以屏蔽掉所有已知的FM广播，而由RSA自己找到干扰信号。看一下图4上方的频域图，跨入屏幕黑色区域的任何RF信号都将触发分析仪，导致其把整个10 MHz频谱的无缝时间记录捕获到内存中。

除图4中的频域图外，还有一个频谱图画面，显示了功率和频率随时间变化情况。这两个视图相互关联，在频谱图中选择任何一点都会导致频域图更新，显示该点上的频率随功率变化响应结果。在这种情况下，RSA会显示干扰信号突入模板区域、触发仪器的确切时间。



► 图4. 频谱图显示了功率和频率随时间变化情况，频域图则可以详细查看干扰信号出现的时刻。

扫频分析仪中常用的纯电平触发器比较适合干净的频谱或想要的信号拥有最高功率电平的频段。在当前拥挤的频谱中，间歇性信号位于频谱干净段，或间歇性信号是任何频段中主导信号的可能性非常小。由于纯电平触发功能只感应电平，不能选择频率，因此它不能可靠地检测某个频率上的事件。如果想要间歇性信号与较大的附近连续传输相比很弱，纯电平触发器将不能检测到信号的存在。

纯电平触发器和扫频分析仪结构的进一步局限性在于，在满足触发条件以前，它没有任何方式捕获事件，因此只能在事件发生后进行分析。在当前的RF环境中，纯电平触发器等传统触发功能已经不再适合需要频谱监测的大多数应用。

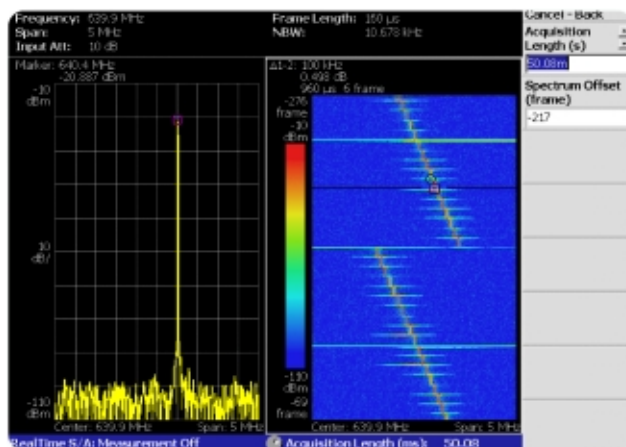
通过无缝实时捕获和多域分析功能，工程师可以迅速简便地提取与感兴趣的信号有关的信息。在频谱图中能够有效查看功率和频率随时间变化情况，保证了工程师可以全面理解感兴趣的信号。

对频谱图进行分析后显示，这个信号在93.03125 MHz上打开，功率电平为-69.7 dBm。其没有功率锯齿，信号拥有良好的频率稳定性(表示这个干扰信号的绿色直线没有水平移动)。但是，有意思的是，信号简短地停止发送，直线中的小缺口表明了这一点。这可能表明干扰信号是脉冲式信号，信号源具有一定的启动功率不稳定性。

检定跳频发射机

检定频率捷变或跳频发射机可能是一件极具挑战性的任务，特别是在发射机没有采用简单的重复模式的发射机中。在这种情况下，精确理解功率参数、频率参数和定时参数之间的相互影响非常关键。传统扫频分析仪不能提供定时信息，因此使用一台测试设备检定频率捷变或跳频发射机异常困难。但是，RSA可以使用一台频谱分析仪在一个传输上进行相关的多域分析，从而降低整体测试时间和测量不确定性。

在下面的实例中，一部640 MHz频率捷变发射机在2 MHz跨度内进行阶跃扫描。通过图5中的频谱图，可以简便地识别发射机的码型；但这只能说明部分问题。必须分析信号质量，即除了传统RF指标外，还必须测量随时间变化的效应，如开关瞬变、频谱邻道干扰和稳定时间。



► 图5. 右侧图：640 MHz 频率捷变跳频发射机的频谱图。可以清楚地看到其间带有频谱邻道干扰散阶跃的跳频码型。左侧图显示了与标尺放在右侧频谱图的同一时间相关的信号频谱。

RSA能够捕获RF频率跨度的无缝记录，使工程师能够在任何时点上分析信号。在本例中，频谱图清楚地显示了在扫描中间段上生成的频谱邻道干扰。通过查看频率和功率随时间变化之间的关系，工程师可以迅速识别潜在问题或干扰来源。

在发射机从一个频率变换到另一个频率时，最重要的特点之一是频率稳定时间。从运行角度看，它会导致质量问题；从监测角度看，它可以揭示独特的特点，进而识别单个发射机。通过RSA中的多域功能，可以分析任何跳的频率稳定时间，而不必重新捕获另一个信号，或使用第二台测试设备。

使用实时频谱分析技术，迅速识别间歇性信号和干扰信号

► 技术简介

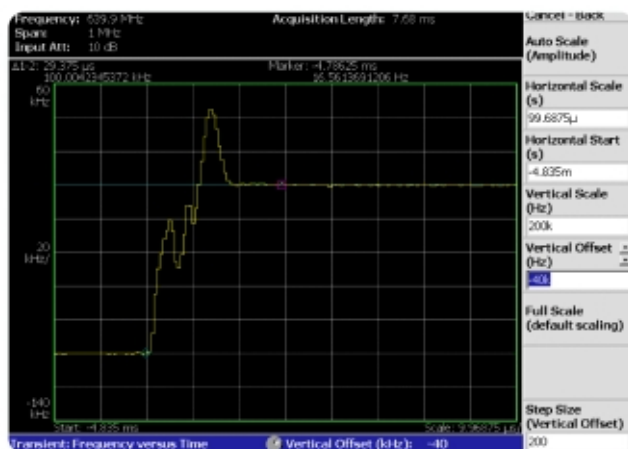
变为 RSA 时域模式可以分析某个跳的开关瞬变(频率随时间变化)。图6中的频率随时间变化图显示了频率变化并不是平滑的线性变化,而事实上,发射机频率在短期内表现出减幅振荡。这可能是由于发射机内部PLL在跳频过程中“锁定”丢失而导致的。左上方画面的增量标尺测得的稳定时间为 $30\ \mu\text{s}$, 频率变化为 $100\ \text{kHz}$ 。

真正的多域分析仪能够从单次捕获的信号中获得与跳频模式、RF性能、频谱邻道干扰和稳定时间有关的所有这些信息,并无缝地把频率跨度的时间记录捕获到内存中,这在必须检定随时间变化的RF信号的环境中异常宝贵。

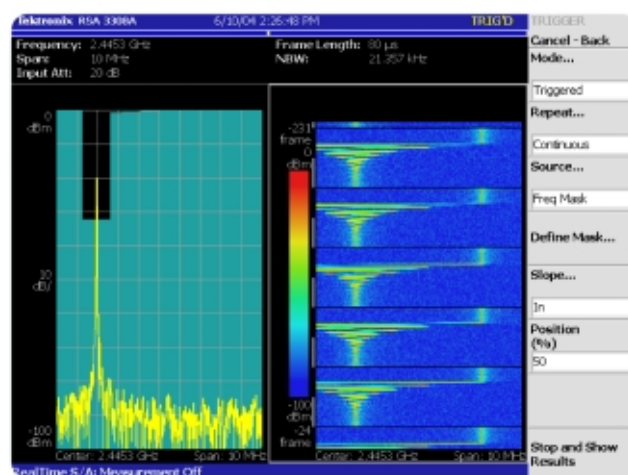
检测和捕获间歇性信号

在检定未知的瞬时信号时,一般需要回答的部分问题是:“这个信号出现的频次是什么?”,“每次出现时信号看起来一样吗?”信号可能每小时出现一次、甚至每天出现一次,因此怎样确保检测到这个信号?真正回答这个问题的唯一方式,是连续监测感兴趣的频谱,把每个事件都捕获到内存中。传统上,这使用连续记录频谱的专用高端监测设备实现。这种方法成本很高,但效率不高,因为绝大部分记录的数据包含的是没用的信息。

RSA 大大提高了这一任务的经济性和效率。通过采用连续触发模式,可以把 RSA 触发器设置成每次在满足“触发”条件时捕获信号。一旦触发,分析仪将捕获很短时间内的频谱活动(由操作人员确定),然后重新准备分析仪,等待下一次触发。下次在感兴趣的信号出现时, RSA 再次触发和捕获,但这次它会把信息追加到内存中,并打上一时戳。这种功能可以有效利用 RSA 中的捕获内存,保证它只装有相关信息。



► 图6. 图5所示的跳频发射机的开关瞬变(频率随时间变化)。标尺显示了在 $30\ \mu\text{sec}$ 内稳定的瞬变的 $100\ \text{kHz}$ 频率阶跃。



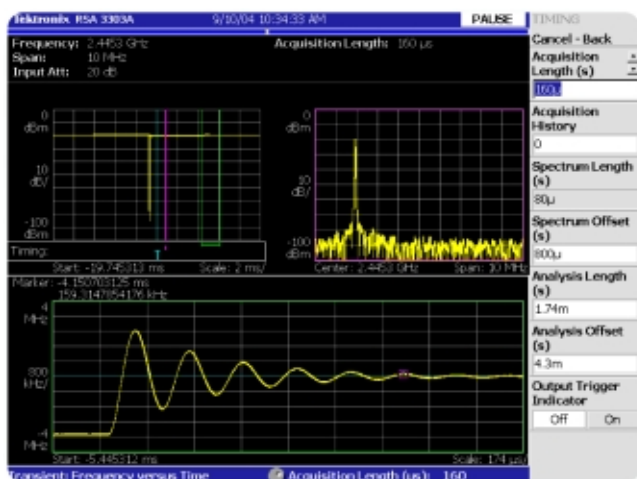
► 图7. 一系列频率跳被捕获到内存中,可以独立分析每个跳。

图7中的信号显示了一个跳到 $2442.24\ \text{MHz}$ 的 $2448.38\ \text{MHz}$ 信号。我们只对检定跳感兴趣。我们想知道每一跳是否相同及这些跳发生的频次。图7的右侧显示了一个频谱图,其中包含在很长时间内捕获的发生5次的跳¹¹。仪器可以无人值守,捕获这些信号,工程师和操作人员则可以把精力放在更紧迫的问题上。

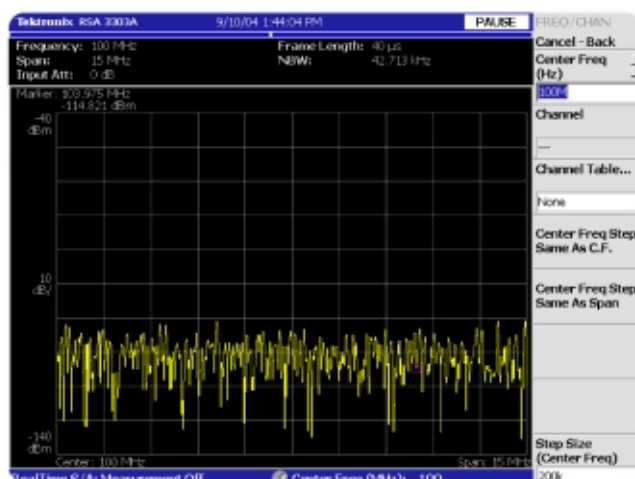
¹¹ 水平黑色直线显示了内存捕获中的断点。

使用实时频谱分析技术，迅速识别间歇性信号和干扰信号

► 技术简介



► 图8. 详细的时间相关多域信息可以深入分析每个跳频。

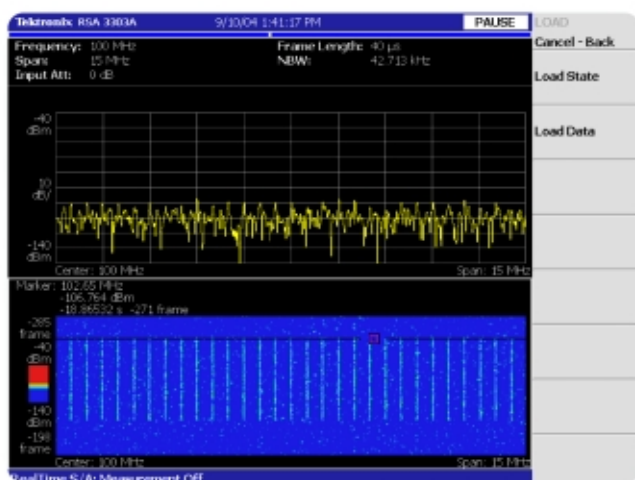


► 图9. 在传统频域图中，频谱中似乎没有任何感兴趣的东西。

一旦内存中存储了足够的信息，可以独立分析每个事件，从而可以检定频率的所有方面。实时频谱分析仪能够显示时间相关的多域信息，可以全面分析功率和频率的变化情况。图8显示了一个跳的多域信息，包括功率随时间变化(左上)、功率随频率变化(右上)和频率随时间变化(下半部分)。

识别小的扩频信号

在许多情况下，问题信号的速度非常慢，以致会消失在频谱分析仪的本底噪声中，找到这些信号变得异常困难，需要耗费大量的时间。在传统扫频分析仪中，在迅速扫描宽频率跨度时，不可能实现低本底噪声，使得找到小信号变得非常棘手。此外，没有任何方式查看信号随时间变化情况。RSA的独特功能可以简便地识别嵌入在本底噪声中的信号。图9显示了15 MHz频谱跨度的传统频域图。但似乎不存在任何信号，而在激活频谱图时，则可以明显看到存在扩频信号(图10)。实时无缝捕获频



► 图10. 在频谱图中，可以清楚地看到扩频信号。

率跨度，使得分析仪能够迅速精确地捕获小信号的时间记录，多域信息则可以异常迅速简便地识别信号和信号码型。

使用实时频谱分析技术，迅速识别间歇性信号和干扰信号

► 技术简介

小结

在工程师进行“不占空”测量、以识别和检定干扰信号或流浪发射机的运行环境中，只有实时频谱分析仪提供了触发、捕获和分析功能，可以简便地识别干扰信号。独特的触发功能保证了可以捕获频谱中的任何变化。实时无缝捕获功能把信号单次事件存储到内存中，可以全面分析信号，而不需重新捕获事件。多域分析功能则可以有效地查看时域、频域和调制域之间的复杂关系。

泰克科技(中国)有限公司
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

如需更多信息

泰克一直维护着一套完善的、不断扩大的应用说明、技术简介和其它资源库，帮助工程师利用最尖端的技术。请访问 www.tektronix.com



© 2004 年 Tektronix, Inc. 版权所有。版权所有。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。 09/04 FLG/WOW 37C-18189-0

Tektronix
Enabling Innovation