

解决最棘手的 RFID 测试挑战

引言

随着 CMOS 的最新发展, 可望使 RFID 技术进一步深入人们的生活, 其表现在: 嵌入式 RFID 数量不断提高, 各种 ID 中心和 T 引擎论坛成立, GSM 协会支持把近场通信(NFC)功能集成到手机中。高精度供应链管理、无接触售点(POS)交易、防伪造和资产追踪/监测技术的魅力正推进该技术的快速发展。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战

应用指南

RFID 中的主要挑战是优化性能、互通性、把 RFID 集成到设备及其它技术中(如蜂窝技术、WLAN、蓝牙、Zigbee、等等)及存在干扰时的现场测试。

本应用指南提供了一种系统详细地 RFID 性能分析方法以及安装 RFID 系统的环境,其中使用了泰克 RSA3000B 系列实时频谱分析仪(RTSA)提供的多种功能。RFID 有各种频段及 RFID 应用(如表 1 所示),但本应用指南将提供采用射频耦合的多个超高频(UHF)频段(300 MHz – 3 GHz)实例。下面列出的挑战和解决方案通常也适用于传导性耦合系统(LF 和 VHF 频段)。

本应用指南中要解决的 10 个 RFID 分析挑战如下:

1. 优化指配频段内的性能
2. 评估密集模式阅读器 / 读写器性能
3. 检验传输时长
4. 触发特定频率和时间上的信号
5. 存储系统测试数据
6. 在时域、频域和调制域中把数据关联起来
7. 时域测量
8. 解调跳频信号
9. 调试串行数据连接
10. 调试嵌入式 RFID 收发器

应用	标准编号	名称
用于动物	ISO 11784	代码结构
	ISO 11785	技术概念
	ISO 14223	扩展代码结构和编码
货运集装箱	ISO 10374	自动标识
	ISO 18185	安全电子封印
货物管理	ISO/IEC 18000-1	参考结构
	ISO/IEC 18000-2	135 kHz 以下的空中接口
	ISO/IEC 18000-3	13.56 MHz 时的空中接口
	ISO/IEC 18000-4	2.45 GHz 时的空中接口
	ISO/IEC 18000-6	860 MHz – 960 MHz 时的空中接口
	ISO/IEC 18000-7	433 MHz 时的空中接口
	ISO/IEC 15961	数据协议: 应用接口
	ISO/IEC 15962	数据协议: 数据编码规则
	ISO/IEC 15963	唯一标识符
	TR 18001	应用要求
TR 18046	性能测试方法	
TR 18047	一致性测试方法	
标识“接近”卡	ISO/IEC 14443-1	物理特点
	ISO/IEC 14443-2	射频和功率
	ISO/IEC 14443-3	初始化和防碰撞
标识“邻近”卡	ISO/IEC 14443-4	传输协议
	ISO/IEC 15693-1	物理特点
	ISO/IEC 15693-2	空中接口和初始化
	ISO/IEC 15693-3	防碰撞和协议
	ISO/IEC 18092	近场通信接口和协议
近场通信	ISO/IEC 18092	近场通信接口和协议
<p>ISO: 国际标准化组织 IEC: 国际电工委员会 TC: 技术委员会 SC: 分会 WG: 工作组 JTC: 联合技术委员会 TR: 技术报告 接近: 几毫米 – 几十毫米 邻近: 几十毫米 – 0.7 米</p>		

表 1. RFID 标准

要解决的 10 个 RFID 分析挑战

应用指南

	北美	欧洲 (302 208)	新加坡	日本 (未定)	韩国 (新)	澳大利亚	阿根廷、 巴西、秘鲁	新西兰	中国
频段(MHz)	902–928	866–868	866–869 923–925	950–956	908.5–914	918–926	902–928	864–929 不规则	840–845 920–925
功率	4 W EIRP	2 W ERP	0.5 W ERP 在上方频段中 为 2 W	4 W	2 W ERP	4 W ERP	4 W ERP	0.5 – 4 W ERP	2 W ERP 100 mW @ 频段边缘
通道数量	50	10	10	12	20	16	50	变化	20

图 1. 各国在 800/900 MHz UHF ISM 中为 RFID 分配的频谱。

RFID 挑战 #1：优化指配频段内的性能

我们首先概括介绍对所有标准及非标准(专有)实现方案至关重要的 RFID 参数。如需更详细地了解 RFID 基础知识，请参阅泰克应用指南“使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量”(37W-19258)及“射频标识(RFID)技术概述”(37W-18055)，网址：www.tek.com。

要解决的第一个挑战是许多 RFID 阅读器要设计成能够在各国工作。图 1 显示了各国在 UHF 工业、科学和医疗(ISM)频段中为 RFID 分配的频谱。可以看出，分配的频谱可以窄到 2 MHz (新加坡和欧洲)，也可以宽到 26 MHz(北美)。除日本外，每个发达国家都认可在 433.5 – 434.5 MHz 频段(如 ISO 18000-7 系统)中工作的系统，这些系统采用频移键控技术(FSK)，使占用频谱数量达到最小。

在只允许 2 MHz 频谱的地区，欧洲和新加坡的阅读器和标签之间的数据速率要低得多。此外，欧盟及亚洲部分地区使用的频谱模板限制了数据传送速率，其只相当于北美可能实现的 30% (前者每秒读取 500 次，后者每秒读取 1500 次)。例如，这可能会限制通过码头大门的叉车上的货盘装货速度。系统吞吐率是资产追踪系统流程中一个重要考虑因素，特别是在考虑传送带产品间隔、速度或通过阅读器的成组(货盘)产品时。

此外，与任何国际无线发射装置一样，RFID 收发器必须满足本地与产生干扰有关的法规，并设计实现最优的抗干扰能力。实现这一点基本上有三种方法：跳频(FH)、先听后说(LBT)、或同步(其中使用频率规划，把阅读器限定在某些通道，以便不会相互干扰)。美国根据 FCC 47 CFG 第一章第 15 节采用跳频技术，大多数欧洲国家则根据 ETSI EN 302 208-1 采用 LBT 或同步技术。

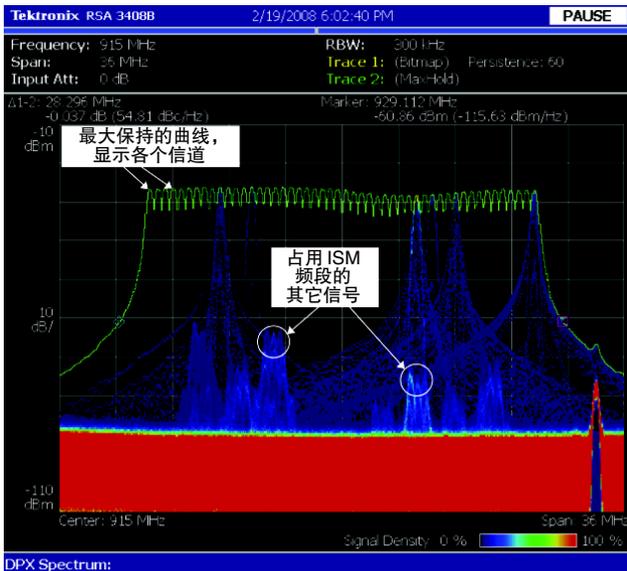


图 2. 阅读器发出的跳频信号的 DPX 画面, 其设计满足 ISO18000-6C 标准, 可以在北美和南美(区域 2)工作。这些信号持续的时间仅 ~5 ms, 与泰克实时频谱分析仪 DPX 每秒 48,000 个频谱的处理速率相比, 扫频分析仪(SA)捕获这些信号所需的时间要长得多。

解决方案 #1: 使用实时 RF 发现真实的 RF 环境

在评估 RFID 系统性能时, 第一步是使用 RSA3000B 数字荧光显示技术, 称为 DPX™ 或实时 RF, 评估感兴趣的频率跨度中发生的情况。

通过 DPX (实时 RF), 您可以:

- 查看同一频段中使用的其它 RFID 信道和系统
- 发现可能存在的其它 ISM 频段设备(双向无线电、无绳电话、Zigbee 设备、等等)
- 检测潜在干扰和系统劣化

对北美的 UHF 频段, 我们先按 RSA3408B 前面板上的 DPX 按钮, 然后把 RTSA 的中心频率调到 915 MHz, 把跨度调到 36 MHz。这种跨度允许捕获感兴趣的整个 26 MHz 频段, 同时监测通道 1 (中心在 902.75 MHz)和通道 50 (中心在 927.25 MHz)的调制边带行为。

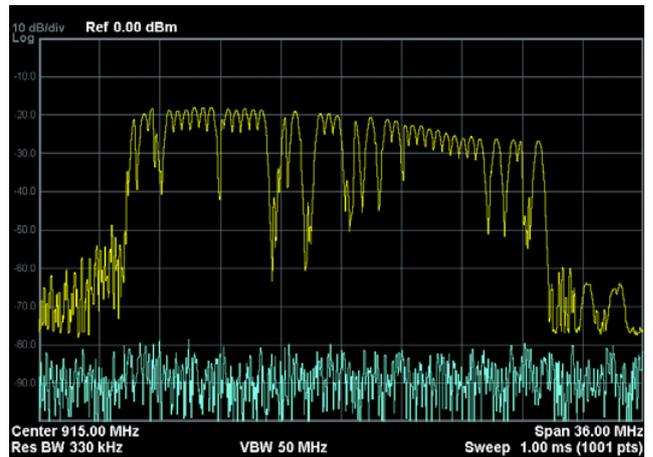


图 3. 扫频分析仪在 30 秒后显示的与图 2 相同的 RFID 阅读器。

在图 2 中, 我们看到 RSA3408B 上的 DPX 画面。画面有典型的 X 轴和 Y 轴, 其中横轴是频率, 竖轴是幅度(单位为 dBm)。差别在于更新速率及新增了颜色等级, 表示暂时信息或基于时间的信息。颜色表示信号密度或信号在该特定频率和幅度上停留多长时间。与任何其它信号分析仪相比, 其显示瞬态信号或迅速变化信号的能力也明显提高。例如, RSA3408B DPX 画面保证捕获和显示持续时间仅 31 μs 或略长的信号。如需详细了解 DPX, 请参阅入门手册“实时频谱分析仪中的 DPX 基础知识”(37W-19638), 网址: www.tek.com。

在监测阅读器输出仅 30 秒后, 我们就可以发现大量的信息。其中我们可以看到, RTSA 已经捕获了全部 50 条信道, 如 MaxHold 曲线(绿色)上的峰值所示。此外, 很明显, 事实上有大量的其它信号占用该频段; 只有 DPX 支持这种快速视图, 能够查看在不同时间周期、甚至在不同幅度占用同一频率的信号。这些较小的信号并不是标签(我们将看到标签响应在 DPX 画面中的显示), 而是 ISM 频段中工作的部分其它无线设备, 不管声称的扫描速率是多少, 在图 3 的扫频分析仪(SA)上都无法看到。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战

应用指南

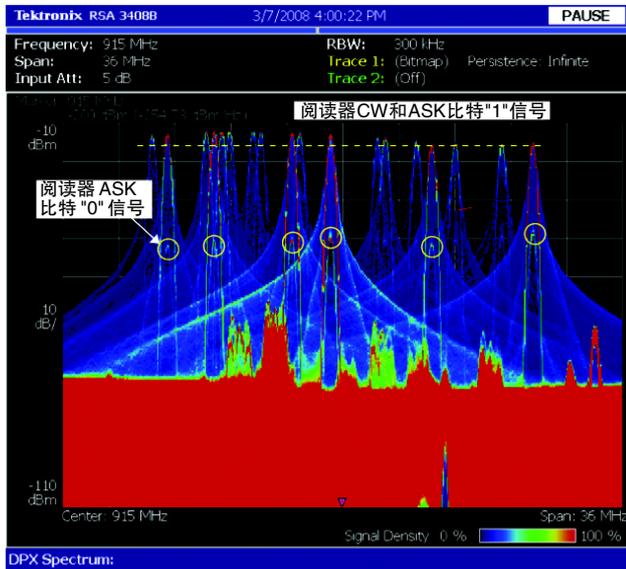


图 4. RFID 阅读器和标签交互的 DPX 画面，注意在没有干扰信号的时候标签做出响应。

SA 画面将用相当长的时间，显示全部 50 条通道，因为这个特定实例中的每一跳都持续大约 5ms 的时间。图 3 所示的 SA 要求 11 ms 的信号周期，才能以 100% 概率显示每个跳频。在系统以最大读取速率工作，即阅读器采用 ‘FM0’ 编码，反向链路(从标签)后向链路频率 (BLF) 位于 640 kbps 的最大数据速率时，这对 EPC GEN 2 阅读器尤其成问题。在这种模式下，读取时间最快可以达到 175 μ s，因此扫频分析仪需要长得多的时间，最终才能看到所有交互。最后，扫频方法将在 max hold 画面上显示所有通道。我们从来没见过的是下面 MaxHold 曲线和当前曲线之间的干扰信号。让我们考察一下其重要意义。

为进行测试，我们把大量的标签放到读写器的读取范围内，同时使用 DPX 和 PC 进行监测，其中 PC 显示了读取成功。我们把标签响应出现在 PC 上的时间与 RSA3000B DPX 画面上看到频谱形状和频率位置的时

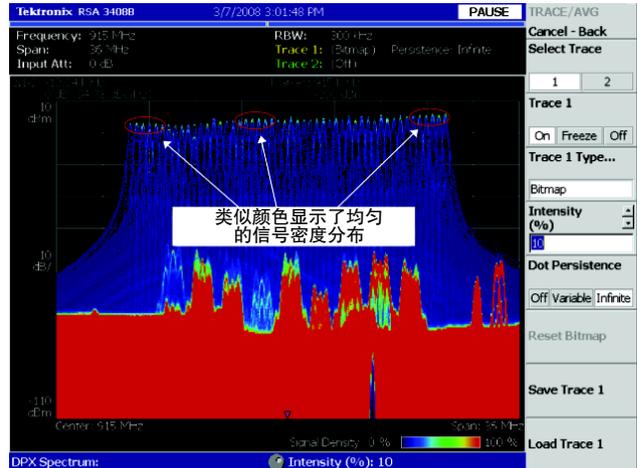


图 5. 在短短几秒钟后带有无穷大余辉的 DPX 画面。

间关联起来。参阅图 4，注意可能会看到阅读器在哪些频率上成功地与标签交互。随着阅读器停留时间延长，以完成标签交互，信号的密度提高(变得更红)，可以看出这一点。来自阅读器的 ASK 小信号也可以看作幅度较高的阅读器 CW 和高幅度 ASK 状态信号中包含的较窄、幅度较低的形状。注意，所有成功轮询都发生在没有干扰源、且信噪比较高的频率上。这明确表明了为什么标签成功阅读的机会在干扰最小的环境中会提高。

在进行频率规划，把每个阅读器限制在某条通道(或多条通道)时，可以使用 DPX，保证调制边带所在电平不会给同一地点其他的阅读器使用的通道带来干扰。注意图 4 中心的阅读器和标签信号频谱扩展很宽，停留的时间要超过其它通道；由于信号密度较高，所以曲线颜色更深表明了这一点。这可能是邻道读取失败的根源，应采取措施，保证阅读器中的滤波足以抗击这种干扰。

要考虑的下一个项目是跳频信号的频率和幅度分布。在理想情况下，阅读器信号将以伪随机模式跳动，把信号密度均匀地分布在全 50 条通道中。此外，阅读器信号的幅度应该与其在分配的 26 MHz 频段中相同。

现在通过调节 Trace/Avg 设置降低辉度，并把 Dot Persistence 设为 Infinite，查找均匀的频率分布。这将使信号保留在显示画面上，随着信号密度提高(即它们在该特定频率和幅度用的时间更长)，信号会从蓝色频谱移向红色频谱。

下一步是监测显示画面，确认通道信号密度以均匀的方式变化，这意味着跳频算法干扰了跳频信号。如果任何一条信道或各条信道以快于其它信道的速度显示更多的信号密度，那么需要精炼跳频算法。

对采用有源标签的 RFID 系统，在指配频段内部优化性能面临着更大的挑战，因为它们不同于无源/有源标签，其拥有机载电源(如电池)，依赖来自阅读器的信号，为电容电路充电。ISO18000-7 标签一直处于有源状态，ISO18000-6C 则允许采用有源标签(称为第三类和第四类)。因此，尽管高能耗的有源标签可能特别适合存在干扰的环境，但标签本身现在已经成为辐射源，进而成为干扰源。为同时减少产生的干扰和受到的干扰，干扰已经成为许多系统需要考虑的因素，因为雷达、车库/大门开门装置、业余爱好者无线电和远程无键输入设备(欧洲)在这个频段或在这个频段非常近的地方运行。

使用同样这些 DPX 显示设置所要考察的下一个领域是幅度平坦度或阅读器发射机在使用跳频算法时的频率。

图 6 是 922 MHz 区域中 10 dB 左右的幅度衰落。这个问题要更糟，因为通过使用 DPX 画面，我们可以看到还有一些电平更低的 ISM 信号作为干扰源。因此，信噪

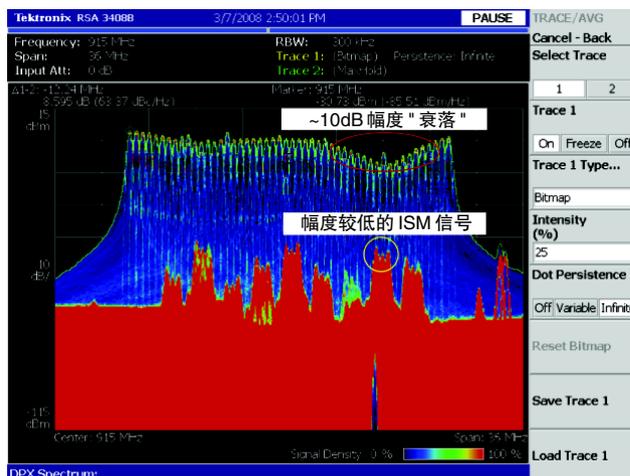


图6. DPX画面中的MaxHold显示特定频段中通道操作频响的速度要比扫频方法快得多。

比从频谱其它部分的55 dB下降到这个频率区域中仅25 dB或更低。应采取措施，使阅读器发射机(最可能的是输出放大器)或天线的频响平坦化，以降低或消除干扰源。

上面的实例都使用跳频方法。DPX还特别适合分析先听后说(LBT)实现方案，直观地实时 RF 显示信号交互。在 LBT 模式下，在该通道频率及超过一定幅度时，阅读器开始不能广播。DPX将显示阅读器事实上是否跳到该频率、然后是跳出该频率还是停留在该频率。实时更新信息可以看到这一切，而不需触发采集、然后再执行捕获后分析。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战

应用指南

挑战 #2: 评估密集模式阅读器 / 读写器性能和

挑战 #3: 检验传输时长

前面我们已经讨论了在单个阅读器环境中工作的阅读器。事实上，许多 RFID 系统将在多个阅读器或密集模式环境中实现。

- 单个阅读器环境：环境中只有一个阅读器运行
- 多个阅读器环境：同时运行的阅读器数量小于提供的通道数量
- 密集阅读器模式：挑战性最高的环境，阅读器数量超过通道数量(即在提供了10条信道的环境中，阅读器数量大于10)

“工作环境”一词定义为阅读器 RF 信号衰减低于 90 dBc 的区域(半径大约为 1 公里)。因此，不管是根据设计，还是由于相邻 RFID 阅读器，许多阅读器最终会在密集模式环境中工作。

例如，在阅读器固定及拥有精确频谱规划的航道或仓库应用中，在 1 公里内相邻设备发出的干扰可能会达到最小；但是，采用嵌入式 RFID (如 NFC) 的移动设备应预计到密集阅读器模式环境，因为缺少控制措施，保持消除干扰的安全距离。在这种情况下，在部署 RFID 系统的环境中，特别是在嵌入式/移动 RFID 中，发现存在哪些信号，了解在存在干扰时阅读器和标签的行为变得更加关键。

为处理这种环境，已经通过密集环境认证的 ISO18000-6C 阅读器通常会切换到使用米勒调制副载波(MMS)编码。这种精心设计的编码每个比特提供了更多的重发数量，在存在噪声时解码起来更简便，但对相同的标签反

向散射链路频率(BLF)较慢。共有三种不同的 MMS 方案，即 Miller-2、Miller-4 和 Miller-8。数字表明了多少个 BLF 周期定义一个数据符号。例如，在使用最慢的 BLF(40 kHz)时，Miller-8 的数据速率是 $BLF/8 = 5$ kbps。在这么慢的速率下，发送一个 96 位 EPC 和 16 位错误校验需要 22.4 ms，对应的每秒标签读取数量不到 45 次(在包括所有开销时会更低，如前向链路命令)。Part 15 只在单个频率上允许最长不超过 400 ms 的工作时间。因此，不管阅读状态如何，查询器在这段时间过了之后必须腾出通道，然后跳到一个不同的频率。工作方式满足 ISO18000-7 标准的阅读器和标签采取不同的方法，以较慢的传送速率使用更长的 RF 传输，提高信号抗干扰的能力。这要求把最大传输时长提高到 60 秒，传输之间的最小静止周期为 10 秒。在这么慢的传送速率上，传送需要识别集装箱所有货物的整个 128 KB 数据可能要用两分钟的时间。

#2 和 #3 解决方案：任意波形发生器、深存储器和连续触发

可以使用泰克任意波形发生器(AWG)仿真密集模式环境，进行预一致性测试，执行密集阅读器模式认证。AWG5000 系列或 AWG7000 系列可以编程，直接在 IF 频段和 UHF 频段中生成 RFID 信号，进而只使用一台仪器仿真各种信号，如多个阅读器或多个标签。这降低了配置函数发生器和 RF 信号发生器所需的时间和成本。

分析仪通常要求深存储器，以捕获所有这些交互。一般情况下，交互通常会被延迟，因为阅读器通常会尝试多个重复查询，命令标签降低链路频率(如使用 MMS 编码)，检验其是否根据 LBT 实现方案要求腾出通道。

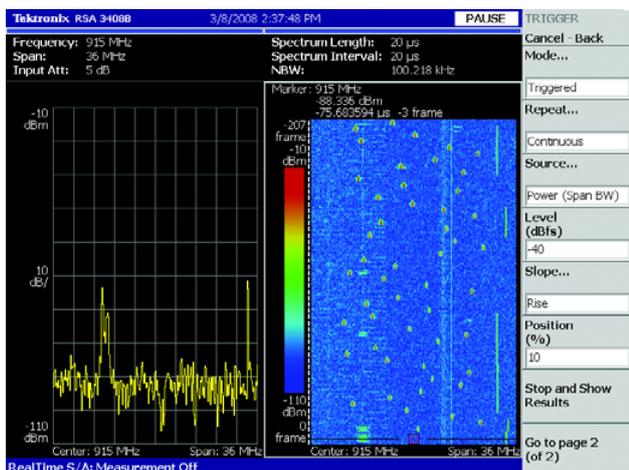


图7. 连续模式触发设置及每次发生触发事件时捕获的多个无缝采集的频谱图。

为检验 433 MHz 频段, RSA3000B 上 500 kHz 的跨度通常会提供最长 102.4 秒的存储器, 远远超过检验 60 秒传输及 10 秒静止周期所需的时间。多出的存储器可以用于特殊情况, 在数据传输错误的情况下可以不包括 10 秒的静止周期。因此, 可以进行长存储器捕获, 如果看到超过 60 秒的突发, 那么可以执行分析, 确定是否发生传输错误或中断。

RSA3000B 并不是简单的单次采集设备, 这为查看和分析跳频信号和突发信号提供了另一种方式。通过使用频谱图画面, 并把触发菜单中的“Repeat”设置变成“Continuous”, 如图 7 所示, 可以实现这一点。连续触发不仅允许在发生触发事件时采集到存储器中, 还可以重新准备触发, 等待未来触发事件, 再次无缝地存储到存储器。通过使用这种工作模式, 用户可以把 RTSA 设置成短采集, 然后每次在出现跳频或信号开关(如进入或离开静止周期)时允许仪器触发。不仅可以进行多次

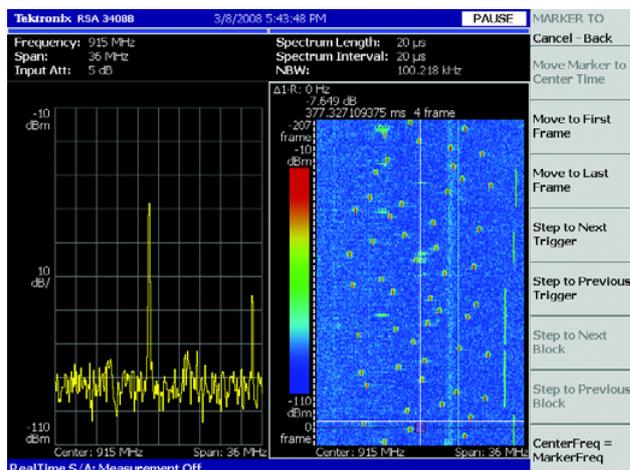


图8. 使用参考标记测量 ~377 ms 跳频/突发间隔(1-R), 并能够把标记分步移动到每个采集触发点上。

采集, 还可以直接测量这些采集之间的时间。图 7 和图 8 窗口左侧的频谱图画面中的白色表示各个采集, 白条顶部是触发点。标记菜单允许用户简便地频谱图内部导航, 它提供了一种方式, 可以把标记从一个触发点移动到另一个触发点, 及移动到第一个采集或最后一个采集(帧)。用户只需设置一个参考标记或增量标记, 然后把标记移动到一个触发上, 读出跳/突发之间的时间即可, 如图 8 所示。

有人可能想以类似视频播放的方式, 在更新频谱画面时自动播放采集, 在 RSA3000B 上可以使用称为 Auto View 的宏命令实现这一点。按前面板上的 MACRO 按钮, 可以调用仪器上安装的任何已有宏命令程序, 如图 9 所示。可以从 www.tek.com/rtsa 上下载 Auto View 和其它 RSA3000B 宏命令程序, 也可以咨询泰克销售代表。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战 应用指南

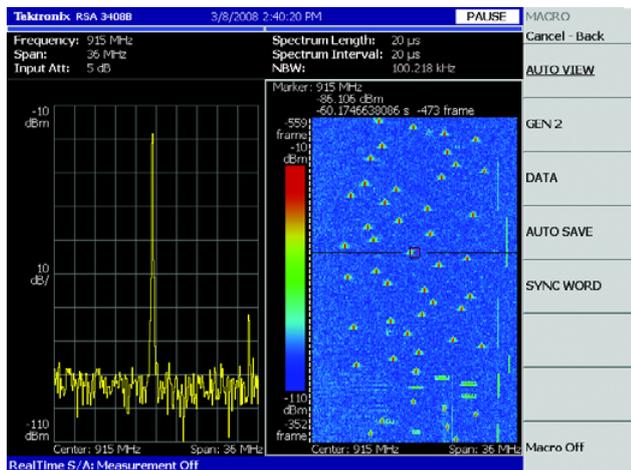


图 9. 按前面板上的 MACRO 按钮，在侧面聚焦菜单中显示 RSA3000B 上安装的所有宏命令程序，包括 Auto View 宏命令。

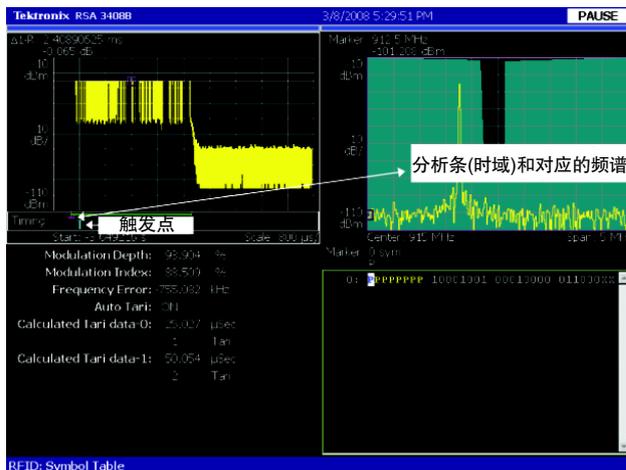


图 10. 这个图显示了触发点前面的频谱。

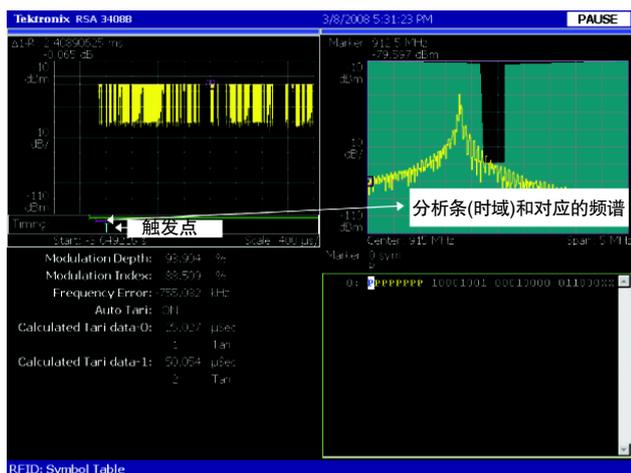


图 11. 触发点时域数据的 FFT 显示了由于调制边带在该时点超出模板而触发仪器。

挑战 #4: 触发特定频率和时间上的信号，进一步进行分析

如前面几节所示，RFID 信号通常在有其它信号的情况下工作。只触发所需信号可能是一个挑战，特别是在其不是监测跨度内幅度最高的信号时。在许多情况下，只有阅读器信号的被调制部分或只有标签响应本身才是真正想要捕获和分析的东西。在这种情况下，您不会关注标签响应前几毫秒或更长时间的 CW 信号或轮询。

解决方案 #4: 频率模板触发

频率模板触发(FMT)允许在触发频域信号时选择频率。通过简单地定义模板，用户可以忽略选择的频率跨度中的其它信号，即使信号的幅度较高。对 RFID 应用，这可以只在存在特定调制边带时触发(即阅读器被调制或只在标签响应时)。

FMT 的另一个用途是使用同步和频谱规划方法，其中为阅读器指配特定通信通道，使用滤波，以使其不会相互干扰。在这些情况下，工程师可能想只触发在特定通道 / 频率上工作的阅读器。

在某些 RFID 工作模式下，捕获频域事件可能是一个挑战。例如，在 ISO18000-6C 标签在最快速模式下响应时(FMO 编码，最快的链路频率为 640 kbps)，读取时间大约为 175 μ s。幸运的是，FMT 规定在 RSA3408B 的 36 MHz 带宽上可以触发最快 20 μ s 的信号。

RSA3000B 在洋红色条指明的左上角窗口所示的时域数据部分执行快速傅立叶变换(FFT)，在右上角显示得到的频谱。符号“T”是触发点。图 10 显示了触发点之前的频谱。图 11 显示了触发点上时域数据的 FFT，触发事件是在该时点上超出模板的调制边带。在本例使用的 5 MHz 跨度中，RSA3000B FMT 可以 100% 触发持续时间 > 160 μ s 的所有信号，提供了最长 10.24 秒的记录长度。

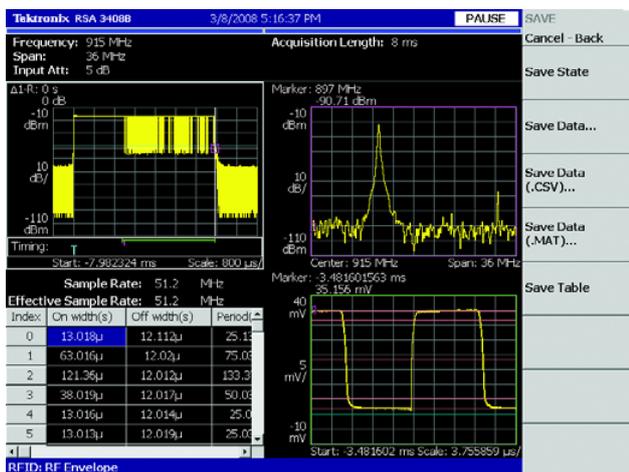


图 12. RSA3000B 上提供了 Save Instrument States(保存仪器状态)、Save Data Formats(保存数据格式)和 Save Tables(保存表格)等功能。

挑战 #5: 存档系统性能

我们讨论了使用DPX发现感兴趣的频谱中发生的情况，清楚地了解阅读器/标签交互。然后我们讨论了触发信号，捕获无缝采集。下一步是保存数据，以便进一步进行分析。这里的挑战是文件大小及捕获的信号时长可能会非常大，但感兴趣的区域只是整个采集的一小部分。这个挑战的另一部分是保存的文件格式要易于导入到其它分析工具或数据库软件中。

解决方案 #5: 文件格式和分段保存

RSA3000B提供了各种数据保存格式。如图12所示，用户可以把数据保存成.MAT格式，简便地导入到MATLAB®，IQ随时间变化可以保存为.CSV，实际显示的表格也可以存储成CSV格式。屏幕截图也可以保存为.bmp，以进行文件管理。RSAVu是RSA3000B用户

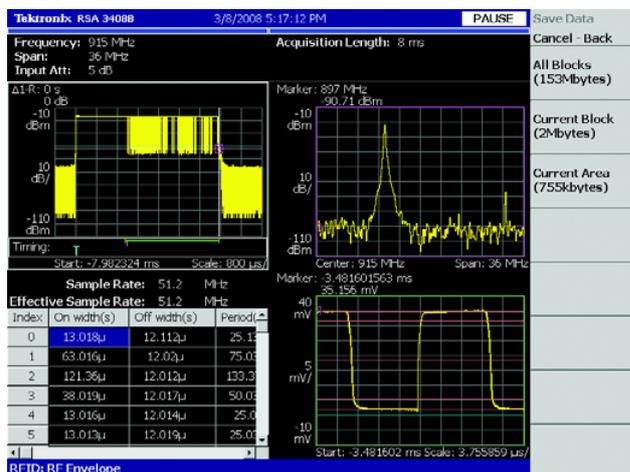


图 13. RSA3000B 上的 Save Data(保存数据)选项。

界面的离线版本，可以作为独立应用安装在单独的PC中，用于离线文件管理或以后重建测量，而不必重新捕获数据。

通常会进行长时间的采集，但用户可能只想存储部分信号，以备将来参考。通过这种方式，用户不必滚动通过长采集数据，找到这几毫秒的所需信号。如果进行多次采集(使用前面讨论的“continuous trigger”模式)，那么可以使用“save all blocks”选项保存所有数据。如果只关注目前显示的采集数据，那么用户可以选择“save current block”。其它选项是只保存被分析的部分(图13左上角中的信号部分，下面有一个绿色分析条)。

一旦采集了信号，最好先把它保存到存储器中，然后再继续下一步，分析数据。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战

应用指南

手动(嵌入式 / 专有)
调制类型: ASK, SSB-ASK, DSB-ASK, PR-ASK, OOK, FSK
解码格式: Manchester, Miller(M_2), Miller(M_4), Miller(M_8), Modified Miller, FM0, PIE (Type A), PIE (Type C), NRZ

图14. 在“Standard Type”参数设为“Manual”时,RSA3000B上支持的调制类型和解码格式。

挑战 #6: 在时域、频域和调制域中把数据关联起来

一旦成功解调,我们可以开始进行相关分析,帮助了解阅读器和标签是否达到预期性能,如果没有,为什么没有。是幅度毛刺导致频率错误吗? 如果某个位没有正确解码,是因为FSK或ASK调制错误吗? 能够把各个域中的数据关联起来将有助于回答这些问题。

解决方案 #6: 时间相关多域分析

可以帮助实现多域分析的两种RSA3000B功能是时间相关标记及View: Define菜单。首先,必需设置RTSA,分析来自阅读器和/或标签的数据。

在用户选择DEMODO工作模式,加载采集的数据进行分析后,下一步是确定信号参数,“Meas Setup”屏幕简化了这一操作。如果被测系统不符合ISO标准,用户可以选择“Manual”。否则,用户可以选择13种预先配置的标准中的一种,RTSA将根据选择的链路(查询器或标签)自动设置参数。图14显示了预先配置的当前提供的标准,以及在选择手动模式时可以使用的调制和解码选项。

用户技巧!

为使用标记选项,只需在要分析的区域上双击鼠标左键,然后单击右键。然后使用前面板上的“Marker to”按钮(标为“Marker”,下面有一个箭头),从侧面聚光菜单中选择“Analysis Time = Marker Time”,选定部分下面将出现一个绿色分析条。

BLF (kHz)	编码	数据速率(kbps)
40	FMO	40
	MMS-2	20
	MMS-4	10
	MMS-8	5
256	FMO	256
	MMS-2	128
	MMS-4	64
640	MMS-8	32
	FMO	640
	MMS-2	320

图15. 根据选择的反向散射链路频率(BLF)和编码类型,反向链路(从标签)的数据速率。

在设置调制和数据编码参数后,最后要输入的参数是比特率(在ISO18000-6C中是Tari)。在某些情况下,比特率(或Tari)是未知的。这在ISO18000-6C可能会尤其困难,因为标签的比特率变化很大,如图15所示。在这个参数未知时,用户只需把“Auto”功能切换到“On”。

现在RSA3000B已经被设置成分析信号。最后一步是选择要分析的采集信号部分。这在采集/分析菜单中完成或使用概况窗口(左上角)的标记完成。

一旦选择了所需的部分,使用前面板上标有“Measure”的按钮,在第2页选择“Symbol Table”。现在按前面板上的“Meas Setup”按钮,从侧面聚光菜单中选择“analyze”,可以执行分析。之所以从符号表测量入手,是它允许用户迅速查看比特是否以预计方式解码,这特别适合ISO标准测试,其中将用黄色高亮度显示前置码数据,有效表明成功地进行分析。

这时，显示屏将如图 16 所示：将有一个概况窗口(左上角)，一个频谱视图(右上角)，符号表(右下角)和调制数据(左下角)。在带有反向散射标签响应的 ASK 中，查询器和标签之间的差异非常明显。标签的峰到峰幅度变化要低得多，而查询器则使用深得多的调制，因此幅度变化更大。

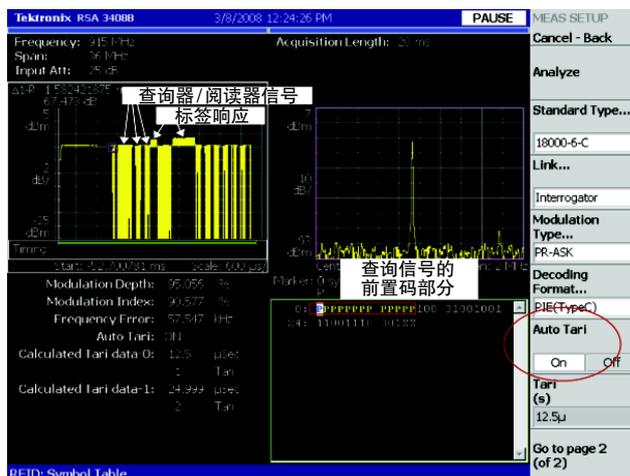


图 16. 测试 ISO18000-6C (EPC GEN2)时的 Auto “Tari”。注意 ‘P’ 表示前置码。对交互的其它部分，帧同步将用黄色 ‘S’ 表示。

RFID 标准测量		标准					
菜单	测量	ISO 18000-4 Mode 1	ISO 18000-6 Type A, B & C	ISO 14443-2 Type A & B	ISO 18092 (424 k)	ISO 15693-2	ISO 18000-7
Carrier	Carrier Frequency	■	■	■	■	■	■
	OBW/EBW	■	■	■	■	■	■
	Ave. Power for Pwr. On	■	■	■	■	■	■
Spurious	Spurious	■	■	■	■	■	■
ACPR	ACPR	■	■	■	■	■	■
Power On/Down	Transmission Power	■	■	■	■	■	■
	Rise & Fall Time	■	■	■	■	■	■
	Settling Time	■	■	■	■	■	■
	Over/Under Shoot	■	■	■	■	■	■
	Off Level	■	■	■	■	■	■
RF Envelope	On/Off Width	■	■	■	■	■	■
	Duty Cycle (%)	■	■	■	■	■	■
	On/Off Ripple	■	■	■	■	■	■
	Rise Time	■	■	■	■	■	■
	Fall Time	■	■	■	■	■	■
FSK Pulse	On/Off Width						■
	Period/Duty						■
	On/Off Ripple						■
	Slope 1, 2, 3						■
Constellation	Modulation Depth	■	■	■	■	■	■
Eye Diagram	Modulation Index	■	■	■	■	■	■
Symbol Table	Frequency Error	■	■	■	■	■	■
	Bit Rate (Measured)	■	■	■	■	■	■
	Tari Length (0 & 1)	■	■	■	■	■	■
	Indicated Preamble	■	■	■	■	■	■
Marker	Turn Around Time	■	■	■	■	■	■

表 2. RSA3000B 在各种 RFID 标准上提供了自动配置和测量功能。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战

应用指南

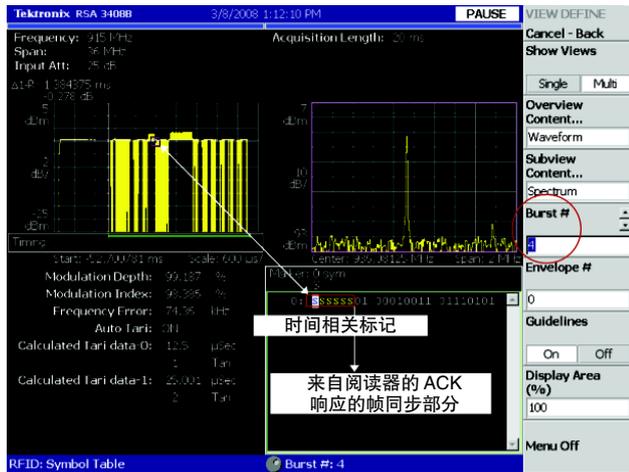


图 17. 突发设为 #4, 这是来自读写器的 ACK 响应。注意概况窗口(左上角)中的标记(红色正方形)表明显示了采集的哪个部分。

“View: Define” 菜单允许用户完成两件关键事项: 在各帧(突发)之间简便地导航采集数据, 配置显示画面、以便查看所需的参数。

在按前面板上标有“Define”的按钮时, 会出现一个侧面菜单, 如图 17 所示。“Overview Content”和“Subview Content”允许从大量不同显示画面中选择任何一个画面, “Burst #”和“Envelope #”则允许迅速导航采集数据。

例如, 如果想查看 ISO18000-6C 系统上是否从查询器到标签返回正确的 ACK 信号, 只需旋转 Burst #, 进行

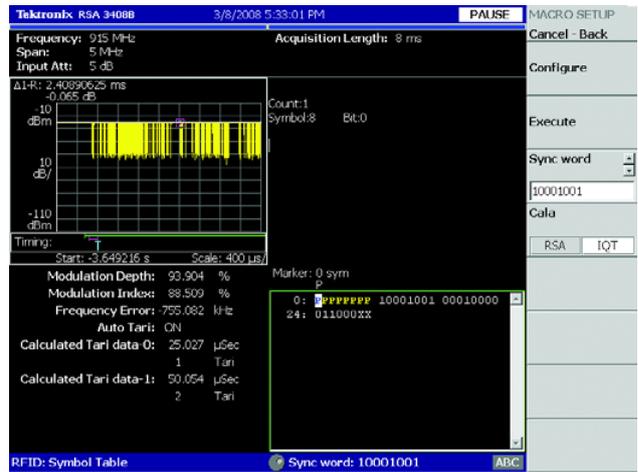


图 18. Sync word 宏命令自动找到一个数据字符串。这里, 它已经找到字节 ‘10001001’, 这个字节在符号 8 上发生一次(就在前置码后面)。

观察就可以了, 标记会自动移到选定突发的开头。进行这一操作, 直到标记位于标签第一个响应的后面(其中应包含 RN16); 符号表(图 17 左下角)将自动用解码的数据进行更新。这里, 我们看到预计的响应、帧同步、后面跟着 01 和 RN16。

Sync Word 宏命令允许用户在符号表中搜索给定的数据字符串(如 RN16, ACK, CRC 位, 等等), 如图 18 所示。如需更详细地了解这一宏命令和其它宏命令, 可以参阅文档: www.tektronix.com/rfid。

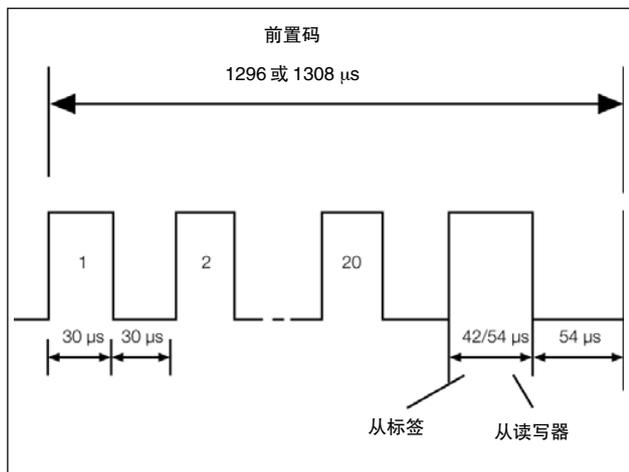


图 19. ISO18000-7 前置码。

挑战 #7: 定时测量

RFID 中传送的所有数据对信号时长都有一定的容限，不管是一个数据比特、一个为标签供电的 CW 信号、还是阅读器和标签之间的响应时间(称为响应时间)。响应时间是指从查询器跳变的最后一个比特到标签响应第一个跳变的间隔。响应时间长可能会给 RFID 系统的容量和吞吐量带来负面影响。

解决方案 #7: 时间相关标记、自动定时测量和 GEN2 Macro (适用于 ISO 18000-6C)

让我们看一下使用时间相关标记、自动定时测量和 GEN 2 宏命令分析/检验定时参数的部分实例。第一个实例是确认 ISO18000-7 信号上的前置码定时。

根据 ISO 18000-7 文件，“前置码应由 20 个 60 μ s 周期的脉冲组成，其中 30 μ s 高，30 μ s 低，后面跟着一个最终的确定通信方向的同步脉冲：42 μ s 高，54 μ s 低(标签到查询器)；或 54 μ s 高，54 μ s 低(查询器到标签)。”

为检验这些参数，我们隔离来自读写器的其中一个突发，并解调数据。

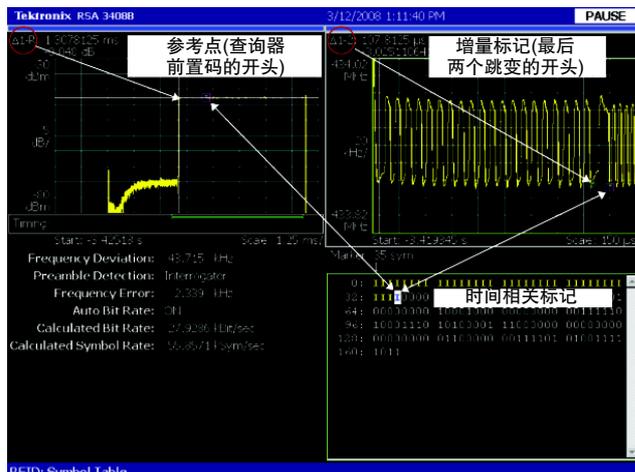


图20. 使用时间相关标记检验ISO18000-7查询器('1')信号的前置码。

在执行解调后，我们看到前置码表现为黄色 '1' (对读写器)，另外画面读数(左下角)标明这个信号是一个读写器，这一点非常实用，因为这个标准中的信号采用频移键控(FSK)，不象许多其它 RFID 标准中使用的 ASK 那样容易辨别。

RSA3000B 提供了 20 ns 的定时分辨率，可以检验 RFID 定时参数，如前置码长度。为检验前置码长度，先在概况窗口中设置参考标记，然后沿着符号表移动标记。在进行这一操作时，标记会在概况窗口(左上角)和子视图窗口(右上角)中一起移动，其中概况窗口显示幅度随时间变化，子视图窗口显示频率随时间变化。因此，在指明的前置码部分最后，我们可以在所有窗口中直接读出标记，其拥有相同的横轴(时间)，因为它们都显示了完全相同的时点。通过在概况窗口中读取增量时间($\Delta 1-R$)，我们看到前置码持续了 1308 μ s，满足标准要求。我们还可以在每个窗口中独立设置标记。因此在子视图窗口中，增量标记($\Delta 1-2$)也读出最后两个同步脉冲的时长总计 $\sim 108 \mu$ s，满足标准要求。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战

应用指南

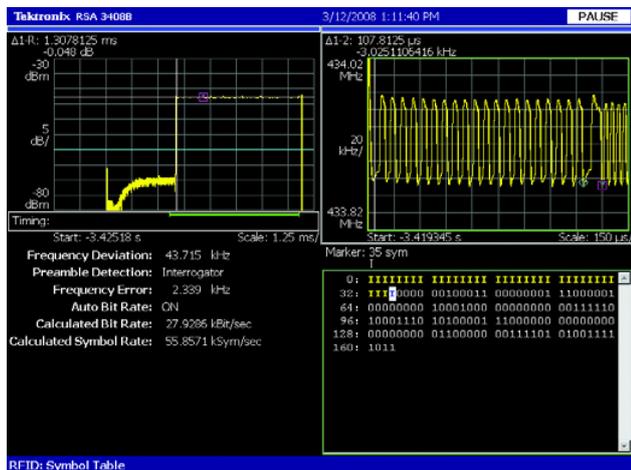


图 21. FSK 脉冲参数测量屏幕。

FSK脉冲测量模式还适用于一目了然地显示分析周期内部所有定时。如图 21 所示，“On”和“Off”时长是~30 μs，后面是~54 μs 的最后两个跳变(Index 19 关，Index 20 开)。另外，还可以分析频率上升时间，即被测设备从一个频率状态跳变到另一个频率状态所需的时间。

第二个实例是在 ISO18000-6C (EPC GEN2)信号上进行前置码定时和RF包络测量。前置码定时至关重要，因为它为所有未来通信确立了判定点。如果这个定时超出可以接受的极限，那么阅读器将不能正确解码所有未来的信号。

ISO18000-6C 信号中四个特别关键的定时参数是：Delimiter、Data 0 (Tari)、RTcal 和 Trcal，如图 22 所示。通过使用前面介绍的标记方法，或使用 RF 包络测量，可以读取这些参数。但是，最简便的方法是使用宏命令，从 RF 包络测量中自动导入结果，然后计算和显示这些参数，如图 23 所示。

除前置码定时外，标准为下面每个 RF 包络参数提供了规范：波纹开，波纹关，脉宽开，脉宽关，占空比。波纹指标旨在使来自标签反向散射调制方法的噪声或振铃的影响达到最小。如果噪声和振铃影响太大，那么将损害查询器检测标签响应中包含的所有信息的能力。脉宽指标为查询器检测和解码标签发出的数据提供了充足的时间。占空比规定了查询器可以发送功率的时间长度。



图 22. ISO18000-6C 阅读器信号前置码中包括的关键定时参数。

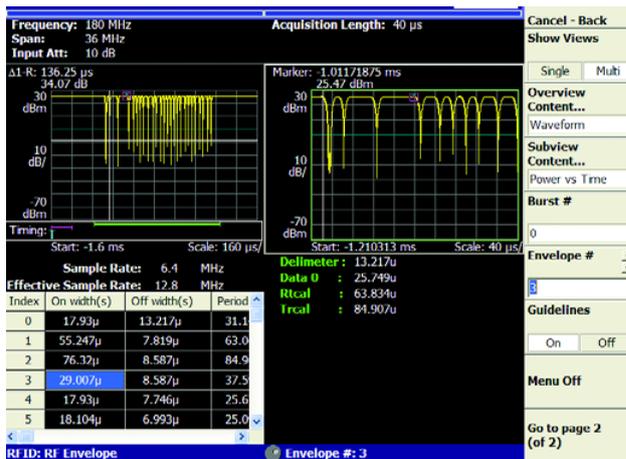


图 23. 自动测量 RF 包络和前置码定时参数：Delimiter, Data 0, RTcal 和 Trcal。

所有这些测量都在 RF 包络表中进行和显示，如图 23 所示。

挑战 #8: 解调不是在跨度中心捕获的跳频信号

在使用一般频谱分析仪和矢量信号分析仪软件分析时，不可能解调偏离分析仪设定中心频率的频率上的信号。因此，如果设置了 5 MHz 跨度和 915 MHz 中心频率，捕获的信号恰好位于 908.75 MHz，您仍能解调信号，对吗？

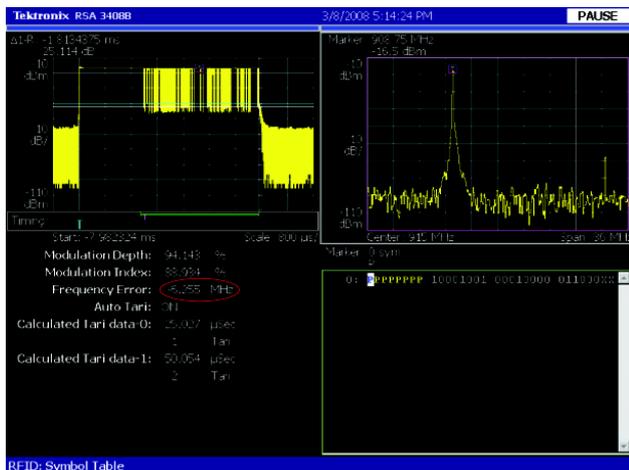


图 24. 在捕获跳频信号时解调偏离中心的频率(在本例中偏离中心 6.25 MHz)。

解决方案 #8: RSA3000B 能够解调捕获带宽中任何地方的信号

俗话说“一张图抵得上千言万语”，图 24 说明了一切：RSA3000B 可以解调捕获带宽内部任何地方的信号，因此不必担心采集的跳频信号是否恰好位于(或非常接近于)分析仪上设置的中心频率。不用浪费时间调节分析仪分析信号，而只需在概况窗口中选择分析区域，选择“Analyze”就可以获得 RSA3000B 上提供的所有测量，而不管信号在跨度中哪个位置发生，也不必重新捕获跳频信号数据。

挑战 #9: 调试串行数据连接

必需使用某个串行接口把数据从 RF 接口传送到外设(如 PC 或记录器)，这一般作为 RS-232/422/485、SPI 或 I²C 实现。

RS-232 异步接收机模块可能是一个问题点。在理想情况下，您希望查看每个(串行)时钟周期的数据位移，然后保持一会儿。然后，查看数据终端就绪(DTR)输出，确保其被确认。在适当的时间确认 DTR 是阅读器到 PC 吞吐量中的最大问题。



图 25. DPO4000 上的 RS-232 触发和解码功能。

解决方案 #9: DPO/MSO 4000 系列示波器

MSO4000 系列混合信号示波器增加了 16 条集成式数字通道，满足了嵌入式系统设计人员的需求。在上面提到的 RS-232 实例中，我们可以把 MSO4000 上的逻辑探头连接到 RX 数据(或 SOUT)上，其表明 RFID 芯片什么时候从卡上接收数据。使用数字分析还有助于保证缓冲器中的值就是预计值，并检查中间信号的值，如计数器。下述模块有助于完成这一点。您只需使用与您的数据连接相匹配的其中一个模块即可。

DPO4COMP – 计算机串行触发和分析模块可以触发 RS-232/422/485/UART 总线上的分组级信息，并提供了许多分析工具，如信号的数字视图、总线视图、分组解码、搜索工具和分组解码表及时戳信息。DPOEMDB 嵌入式串行触发和分析模块可以触发 I²C 和 SPI 上的分组级信息，并提供了许多分析工具，如信号的数字视图、总线视图、分组解码、搜索工具和分组解码表及时戳信息。

如需更多信息，请参阅泰克应用指南“调试嵌入式系统设计中的低速串行总线”(48W-19040)，网址：www.tek.com。

要解决的 10 个 RFID 分析挑战 应用指南

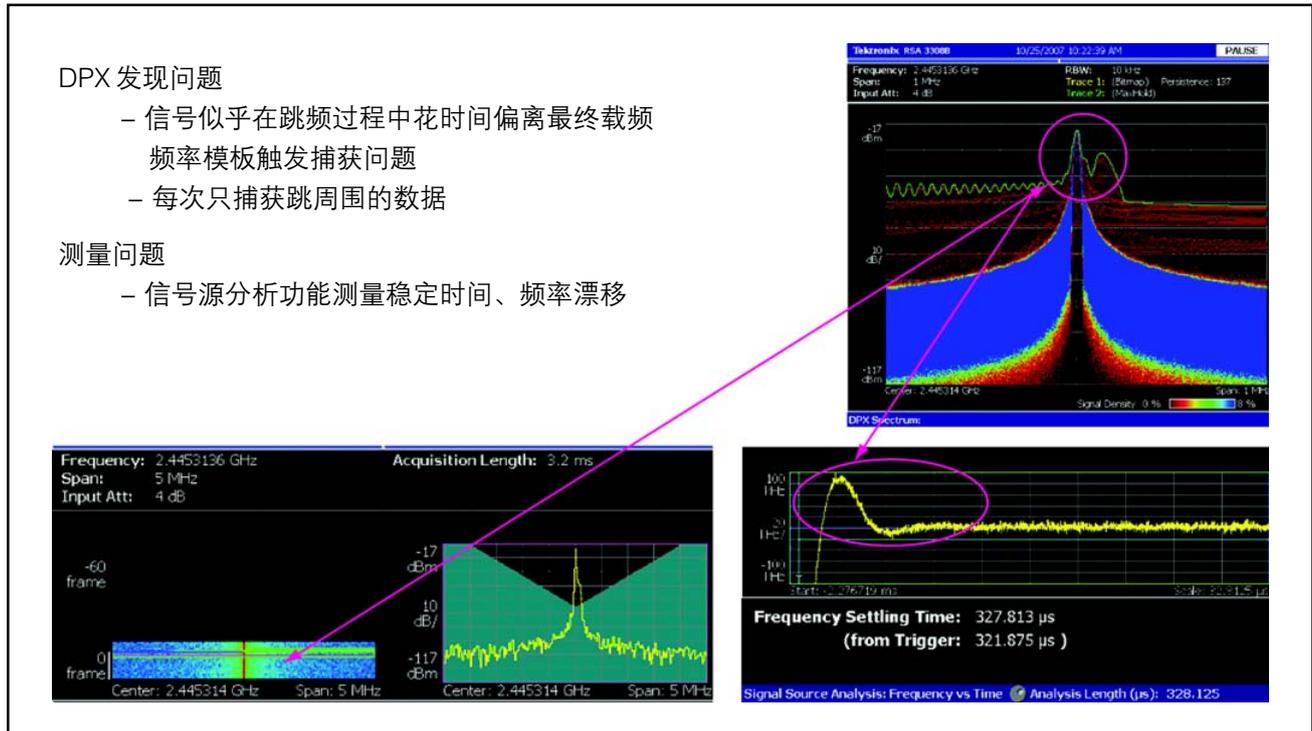


图 26. 使用 DPX、FMT 和信号源分析技术评估 PLL 行为的流程

挑战 #10: 调试嵌入式设计 RFID 收发器

我们在挑战 #9 中接触了嵌入式设计，但只涉及串行数据连接。嵌入式设计远远超出这种应用，在 RFID 收发器的每个阶段都有关键数字和模拟组件。例如，在发送一长串字节时，锁相环(PLL)可能会出现明显的漂移。有时在 PLL 中会使用采样和保持技术，来解决这个问题。另一个实例是位时钟/采样时钟相位相干性可能是一个问题，这在实现反相 ASK(PR-ASK)调制方法时尤为重要。保证相干性的解决方案之一是使用定时器/计数器 0 作为载波分路器。这可以使用被解调数据的下降沿(通常是第一个边沿)复位计数器，允许采样时钟与位时钟同步。

前面我们讨论了使用 RSA3000B 发现 RFID 阅读器是否及什么时候超出 FCC 或 ETSI 要求设置的频谱辐射模板。对此，解决方案通常在基带滤波和脉冲整形中实现。

解决方案 #10: 使用混合信号示波器(MSO)及 RSA3000B 上的差分基带输入

我们提到了三个嵌入式设计挑战实例：PLL 稳定性/漂移，位时钟/采样时钟相位相干性，基带滤波/脉冲整形。这些只是 RFID 嵌入式设计工程师每天面临的众多挑战中的部分挑战。了解所有这些挑战超出了本应用指南的范围，因此我们将讨论上面提到的这些挑战，概括介绍可以用来迎接各种挑战的解决方案。

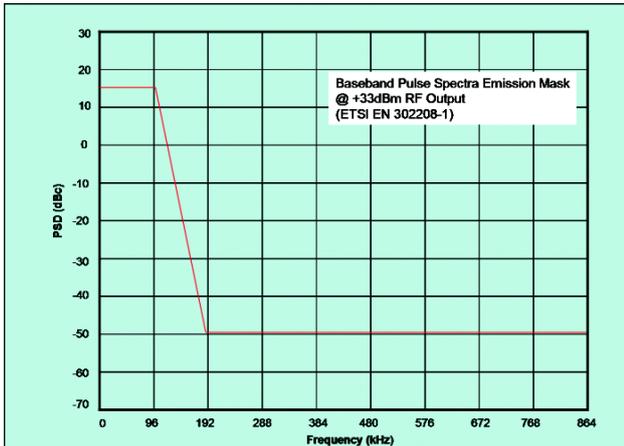


图 27. 基带 PR-ASK 脉冲频谱。

在 PLL 实例中，可以使用 RSA3000B 上的信号分析模式，执行相噪和抖动分析，进行自动稳定时间测量。可以使用 RSA3000B 差分基带输入(I+, I-, Q+, Q-)，评估 RF 频率或模拟基带中的 PLL 行为。

在上面列出的采样和保持解决方案中，MSO 可以配置成触发任何保持时间违规。MSO 的触发输出信号可以连接到 RTSA 的触发输入上，允许把 DSP 中实现的任何建立时间/采样/保持时间违规与 RF 信号中的结果关联起来。RSA3000B 还提供了一个触发输出，以便能够以相反的配置执行这一操作，其中在 RTSA 上，任何跳频违规(使用频率模板触发功能发现)都会触发采集 DSP 信号。

可以安排相同的触发方式，检验位时钟/采样时钟相位相干，其中使用 MSO 监测定时器/计数器，来自阅读

器的每个帧都会触发 MSO 和 RTSA (把触发和 10 MHz 时钟捆绑在一起)。任何违规在 RSA3000B 符号表测量中都可以看到一个 'x'，这可以关联起来，查看其是不是由比特/充足时钟错误导致的。特别要说一个实例，数据比特在开始时是准确的，然后开始变得不稳定(在符号表中显示为意想不到的 'x')，或完全反转成相反的比特(即预计为 '0' 时却是 '1'，或反之)。

许多 RFID IQ 调制器在数模转换器(DAC)和调制器输入之间使用低通滤波器，衰减来自 DAC 的采样图像。检验基带滤波的第一步是检验拐角频率，因为其通常会视 DAC 的采样频率变化而变化。这可以使用示波器或使用 RSA3000B 上的基带输入完成，其通常从 DC(0 Hz)到 40 MHz 提供非常好的动态范围和频率测量功能。这种动态范围特别适合第二步，即保证使用的任何脉冲形状都能满足苛刻的 ETSI EN302208-1 频谱模板。模板要求衰减基带脉冲频谱，如图 27 所示。

这种 65 dB 的动态范围使用 RSA3000B 中 14 位 A/D 实现。在必要时，可以使用实时频谱分析仪 TekConnect® 探头适配器(RTPA2A)把探头连接到 RTSA 上。

这种脉冲形状一般使用驱动 DAC 的 DSP 中的 FIR 滤波器以数字方式实现。可以使用 MSO4000 监测最多 16 条数字通道，保证 DSP 信令正确。如果要求更多的数字功能，应使用逻辑分析仪，如 TLA5000 系列。

总结

泰克RSA3000B实时频谱分析仪为处理各类RFID信号的设计人员提供了独一无二的解决方案和优势。只有RSA3000B系列提供了选频触发、深存储器、多个采集功能及分析特性，帮助设计人员了解全系列RFID查询器和应答器行为。RTSA与泰克任意波形发生器和示波器产品相结合，提供了完善的解决方案，可以跟上RFID设计的新兴发展趋势。

泰克科技(中国)有限公司

上海市浦东新区川桥路1227号
邮编: 201206
电话: (86 21) 5031 2000
传真: (86 21) 5899 3156

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1802-06室
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345室
邮编: 710001
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处

武汉市武昌区武珞路558号
中南花园饭店将军楼4201室
邮编: 430070
电话: (86 27) 8781 2831
传真: (86 27) 8730 5230

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

如需进一步信息:

泰克维护着内容完善、不断扩大的一套应用指南、技术简介和其它资源，帮助工程师处理尖端技术。请访问: www.tektronix.com.cn。



©泰克公司版权所有，侵权必究。泰克产品受美国和国外已经签发及正在申请的专利保护。本文中的信息代替所有以前公布的材料。本文中的技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX和TEK是泰克公司的注册商标。这里提到的所有其它商号均为各自公司的服务标志、商标或注册商标。05/08 EA/PDF 37C-19258-1

Tektronix

Enabling Innovation