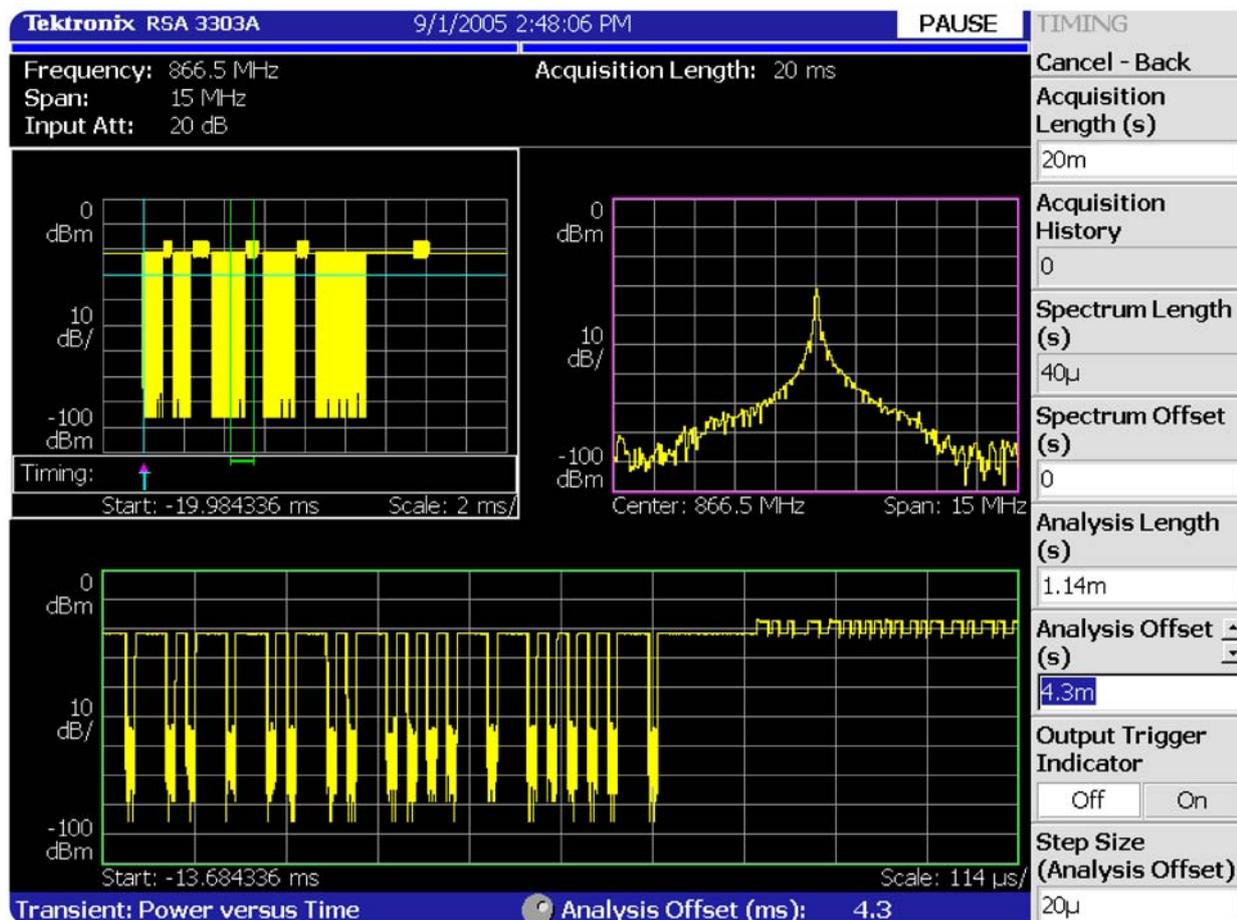


使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量



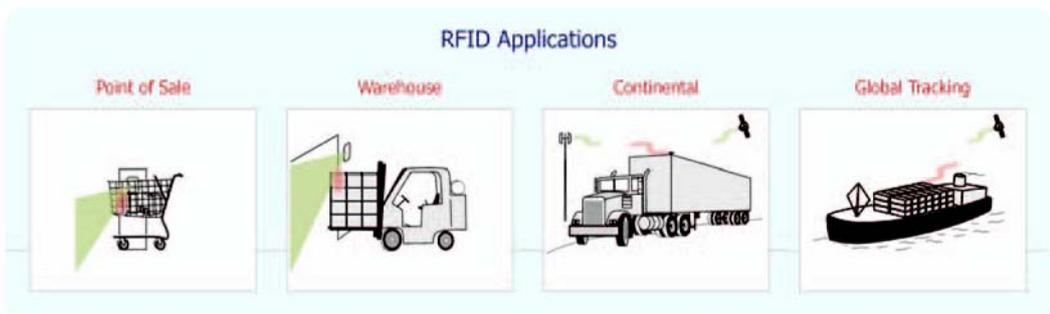
引言

随着设备价格下降及全球市场扩大，RFID 应用正迅速增长。此外，许多采用类似技术的短程近场通信(NFC)链路也进入迅速增长时期。RFID 和 NFC 技术都面临着各种不寻常的工程测量挑战。瞬变信号、带宽效率低的调制、反向散射的数据和无源终端都要求传统测试仪器中通常没有提供的专用测量功能。除杰出的实时功能

外，实时频谱分析仪(RTSA)还是第一个提供 RFID 专用测量软件的分析仪。这种组合为检定 RFID 和 NFC 设备提供了杰出的解决方案。RTSA 可以迅速诊断开发问题，确定预一致性测试性能，支持高效地生产终端和询问器。在本应用指南中，我们将考察 RFID 测量挑战及 RTSA 提供诊断信息的能力。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南



► 图 1. RFID 技术和数据链路涵盖了各种应用。该系统是为短程售点(POS)应用及在全球范围内跟踪资产和存货而设计的。

RFID 技术早在二十多年前就已经投入商用，它可以溯源到 20 世纪 40 年代的敌我军事识别(IFF)系统。亚微型互补金属氧化物半导体(CMOS)中的最新发展，可望使 RFID 技术无所不在。高精度供应链管理、即时结帐交易和售后市场智能的丰厚利润，正在促进 RFID 技术迅速部署。

我们先讨论 RFID 技术概况。在回顾 RFID 技术之后，我们将考察把 RFID 数据链路与其它通信系统区分开来的特定信号特点和设计挑战。然后我们将突出介绍作为第一个完善的 RFID 测试仪器的实时频谱分析仪的独特功能。之后，我们将讨论怎样运用 RTSA 技术进行基本 RFID 测量。同时我们还给出了在外部实验室进行测试认证之前，使用 RTSA 正确检验预一致性性能的部分技巧，最后我们进行简单总结，给出结论。

RFID 和 NFC 系统有许多类型。在本应用指南中，我们的重点是 RFID 电子产品代码(EPC)格式。EPC Gen2 格式将被国际标准组织(ISO)作为 ISO 18000-6 C 型采用，体现了 RFID 和 NFC 工程师面临的许多典型测量挑战。我们在此提醒读者，RTSA 还支持许多其它 RFID 和 NFC 应用。为简化演示，我们将把重点主要放在 ISO 18000-6 C 型上。

RFID 技术概述

从最广义上讲，RFID 技术包括识别对象使用的广泛的系统。电子缴费、内置狗牌和产品安全终端都是 RFID 系统。RFID 和 NFC 行业涵盖了各种各样的 RF 数据链路和通信技术。RFID 应用包括几厘米的数据链路，读取仅从 RF 信号供电的无源终端，演示数据，也包括几米距离的电池供电的终端。有的 RFID 系统甚至采用蜂窝电话、GPS 和卫星通信，在全球范围内跟踪高价值资产。RFID 系统中使用的技术可以说是真正的多种多样。

针对新型资产跟踪系统的通信技术在业内存货管理之外的区域中开创了全新的 RFID 机会。事实上，RFID 中使用的短程数据链路技术在 NFC 系统也找到了一席之地，如轮胎压力测量设备和其它类似的数据链路。NFC 应用也在迅速增长，也可以从 RTSA 灵活的 RFID 测量功能中受益。

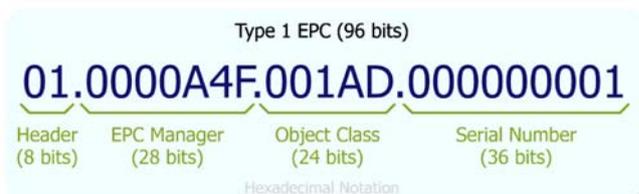
RFID 和 NFC 行业的一个重要部分基于专用的信号格式，其应用不以识别市场中的产品为重点。例如，授权人员用来开锁的接近式门禁卡是一种老牌的 RFID 应用，它拥有自己的测试需求。实时频谱分析仪的测量灵活性、全面的解调和解码功能可以轻松用于 ISO 14443 接近式门禁卡等应用中。

即使是全球范围内运行的 RFID 系统，仍能受益于 RTSA 全面灵活地支持蜂窝测量和解调流行卫星信号结构的能力。

同样重要的是，亚微型无源 CMOS 终端的成本将创下历史上的新低。随着无源终端成本下降，存货应用正迅速提高。部分估算数字表明，随着无源终端的价格连续下降，几乎销售的每个产品都将内置 RFID 终端。部分业内人士认为，EPC 可能会成为下一代通用产品代码 (UPC)，就象当前销售的绝大部分产品条形码中烙上人们熟悉的通用交易识别号 (GTIN) 一样。



► 图 2. 在 RTSA 的功率随时间变化、频谱域和数据域中检查 13.56 MHz 接近式门禁卡信号交换。



► 图 3. 96 位 EPC 号码识别的信息要多于 UPC 条形码。标题识别 EPC 号码的类型，管理器识别公司，对象种类与条形码的存货单位 (SKU) 类似，序列号识别每种对象种类中超过 680 亿种唯一的项目。

EPC 实际包含的信息要超过 UPC。具体地说，EPC 拥有产品序列号信息，与条形码不同，它可以进行修改。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南

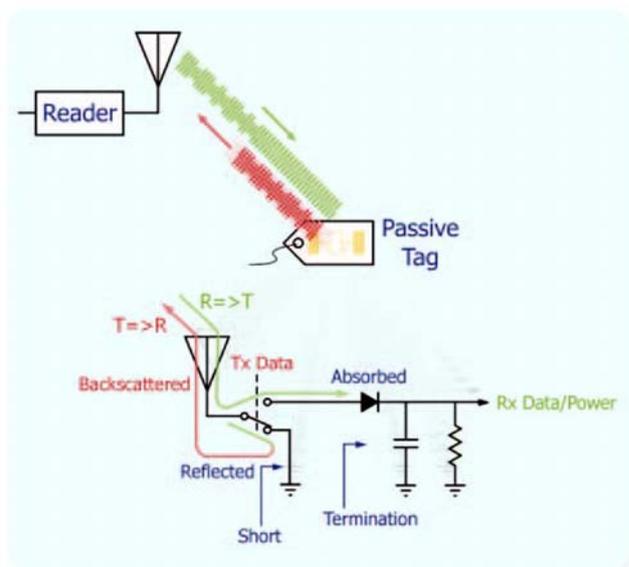
随着 EPC 标准格式的出现，成本和价值开始与条形码不相上下。EPC RFID 终端可能会迅速成为有记录的历史中生产量最多的设计之一。几乎销售的每种产品都需要一个 EPC RFID 终端。随着终端应用迅速扩展，EPC 代替或增强大部分 UPC 应用的可能性似乎正变得越来越合理，特别是许多大型零售商已经要求在早期采用这些应用。

对消费者来说，EPC RFID 终端的应用远远不止于在收银机上快速结账。有源终端可以自动定期叫醒客人，测量市场上销售的食物温度，这称为“低温运输系统”，确保食品安全。可以从各头家畜的历史，一直到消费者购买时，跟踪肉类和奶制品。读取其它货物的 X 射线终端几乎可以即时结算。没有正确付帐而从零售商存货中去除的商品，可以在离开现场时被传感，进而激活必要的安全警报。

通过 EPC 的序列号功能，商家可以跟踪和销售同类中唯一的商品，而当前的条形码是不支持的。移动终端阅读器只需几分钟的时间，就可以把货架信息传送给商店，大大简化存货流程。最后，通过在产品中嵌入终端，对使用询问器希望侦听信息的任何人来说，其都可以提供丰富的市场智能。它可以迅速识别个人财产，立即提供消费者个人资料，优化促销媒体。它还可以以看不见的方式搜索安全人员和车辆。

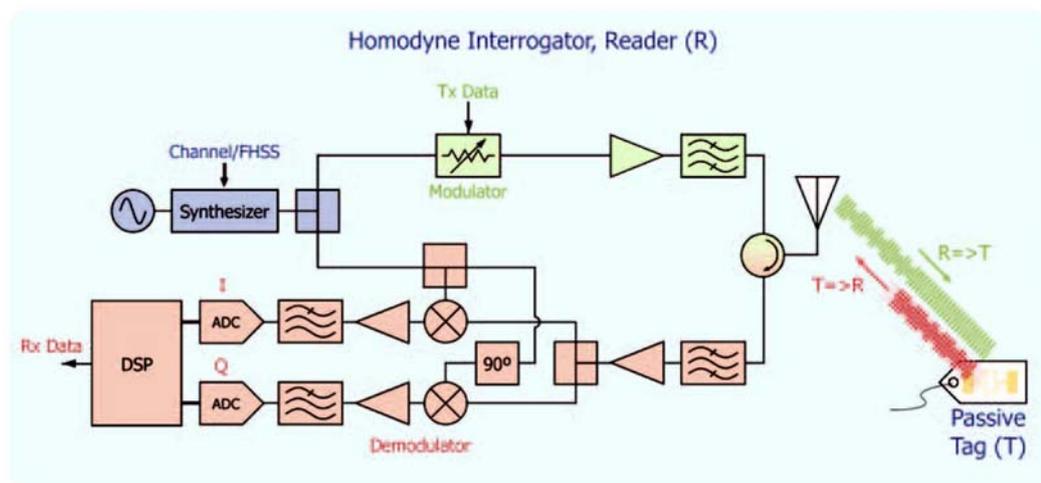
EPC Class	Definition	
Class 0	Read Only	Passive
Class 1	Write-Once	Passive
Class 2	Rewrite-able	Passive
Class 3	Rewrite-able	Semi-passive
Class 4	Rewrite-able	Active
Class 5	Readers	Active

► 表 1. EPC 种类基于设备的内存属性和发送功能。



► 图 4. 无源终端反向散射询问器的 CW 载波，通过改变天线的吸收特点，来调制载波。无源终端还调整 RF 能量，为运行终端生成少量的功率。

EPC RFID 终端的各种应用已经促使业内划分 RFID 设备基本类型，根据终端的读/写功能和无源或有源电源，其分成 1-5 个种类。



► 图 5. 典型零差询问器或终端阅读器简化的方框图。通过使用高精度频率来源，发送的载波进行调制，然后发送到终端。在阅读器的接收一侧，单频率向下变频到反向散射的 I 和 Q 信号在基带处理成接收的 ID 数据。

一类无源终端的频率范围在 900 MHz 和 2.45 GHz 之间，是许多大容量应用关注的终端。高频允许询问器从更远的距离内读取终端。频率较高的无源终端还可以使用较小、复杂度较低的天线，使其更加适合消费者应用。

为读取终端，需要‘阅读器’或询问器。从结构上看，无源终端的读取与传统全双工数据链路略有不同。与传统有源数据链路不同的是，无源终端依赖其收到的 RF 能量为终端供电。无源终端也不会生成自己的发送载波信号，而是调制询问器发送到终端的部分能量，这一过程称为反向散射 (Backscattering)。

通过把天线负荷从吸收改变为反射，可以调制来自询问器的连续波 (CW) 信号。这个过程与使用镜子和太阳向远处的某个人发送信号非常类似。它还消除了终端中对高精度频率来源和功率密集型发射机的需求。由于阅读

器和终端共享相同的频率，它们必须几次发送信息。因此，反向散射把阅读器和终端之间的通信限定在半双工系统上。

无源终端阅读器一般配置为零差或单频率转换接收机。询问器中的高精度频率来源同时生成发射机信号及阅读器接收机使用的局部振荡器。

由于从终端 (T) 到阅读器 (R) (表示为 T=>R) 的上行方向从询问器的 CW 信号中调制，因此可以使用扩频技术，如跳频。在接收机零差下变频中，会删除任何询问器信号扩展，因为其共享相同的局部振荡器 (LO) 信号。

在下变频后，询问器的零差接收机把同相 (I) 信号和正交相位 (Q) 信号分开。然后使用模数转换器 (ADC) 数字化下变频后的基带信号，然后进行数字处理，确定终端的 ID。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南

一类 RFID 系统独特的零差结构给工程师带来了某些异常挑战。反向散射的调制一般要远远弱于用来在反射散射过程中为终端供电使用的阅读器发射机发来的 CW 信号。在阅读器接收机的基带上，CW 泄露会转换成大的 DC 偏置，其可能会使灵敏的放大器和数字化器饱和。

无源终端 RFID 系统遇到的另一个挑战是从接收的 RF 能量中为终端供电。尽管亚微型 CMOS 要求的运行功率非常少，但非常小的功率(-10 到 -15 dBm)只能在几米的距离内提供。而使情况进一步复杂化的是，世界各地的法规机构都有不同的最大有效等方放射功率(EIRP)的限制。为终端供电提供的能量不仅影响着读取距离，还影响着写入终端闪存所需的时间，因为在终端电路板上必须生成更高的电压。

最新标准已经认识到这些问题，并改进了调制、编码和协议，帮助防止终端供电不足。此外，数据速率也得到改进。例如，ISO 18000-6 A 类和 B 类的速度限于 160 kb/s，C 类的速度则可以达到 640 kb/s。

RFID Standard		
Application	Standard	Name
Animals Management	ISO 11784	Code Structure
	ISO 11785	Technical Concept
	ISO 14223	Expand Code Structure & Encoding
Freight Containers	ISO 10374	Automatic Identification
	ISO 18185	Electronic Seals for Security
Item Management	ISO/IEC 18000-1	Reference Architecture
	ISO/IEC 18000-2	Air Interface Below 135 kHz
	ISO/IEC 18000-3	Air Interface at 135 kHz
	ISO/IEC 18000-4	Air Interface at 2.45 GHz
	ISO/IEC 18000-6	Air Interface at 860 MHz to 960 MHz
	ISO/IEC 18000-7	Air Interface at 433 MHz
	ISO/IEC 15961	Data Protocol: Application Interface
	ISO/IEC 15962	Data Protocol: Data Encoding Rules
	ISO/IEC 15963	Unique ID
	TR 18001	Application Requirements
	TR 18046	Performance Test Method
TR 18047	Conformance Test Method	
Identification	ISO/IEC 14443-1	Physical Characteristics
"Proximity" Card (mm to cm's)	ISO/IEC 14443-2	Radio Frequency & Power
	ISO/IEC 14443-3	Initialization & Anti-collision
	ISO/IEC 14443-4	Transmission Protocol
Identification "Vicinity" Card (cm's to 0.7 m)	ISO/IEC 15693-1	Physical Characteristics
	ISO/IEC 15693-2	Air Interface & Initialization
	ISO/IEC 15693-3	Anti-Collision & Protocol
Near Field Communication	ISO/IEC 18092	Near Field Communication Interface & Protocol

► 表 2. 有许多国际 RFID 标准，如 ISO/IEC 标准，以帮助保证系统和厂商之间的兼容能力。

为不同应用提供的国际 RFID 标准有时会进行修订或增补，以增强性能和市场潜力。随着市场增长，可用的频段中频谱拥堵也成为问题。

世界各地对 RFID 阅读器辐射的法规要求有所不同。在某些国家，许多信道用于 RFID 应用。在北美，在 902 - 928 MHz 频率范围内有 50 条信道，足以使 Gen2 标准采用跳频扩频(FHSS)功能。而在欧洲，866-869 MHz 频段中只提供了 10 条信道。日本 952-954 MHz 频段中的频率拥堵使得许多日本生产商倾向于在 ISO 18000-4 标准规定的 2.4 GHz 频率上运行。

在许多国家中，法规法律正在变化，以跟上无源 RFID 终端独特的数据链路特点。大多数频谱法规机构禁止设备进行 CW 传输，除非是进行短期测试。无源终端要求 CW 信号进行调制。尽管无源终端本身没有典型的发射

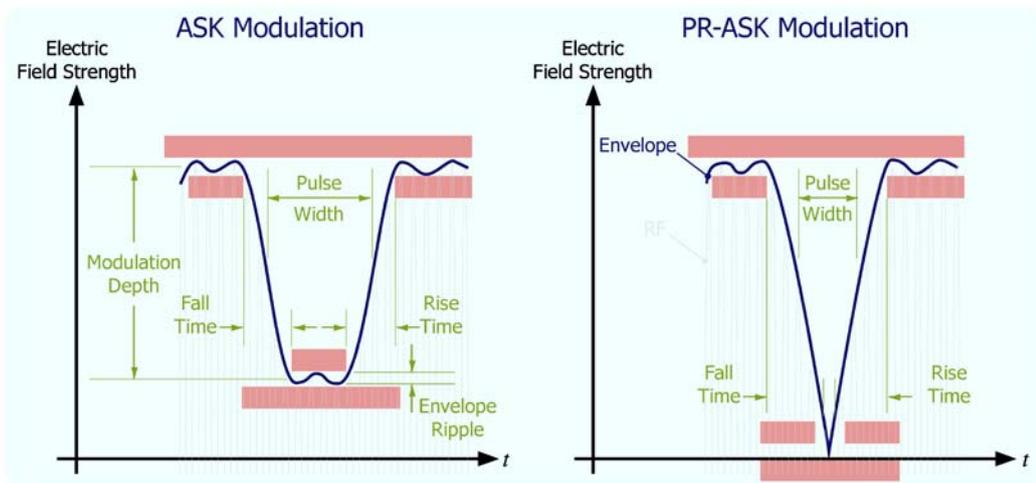
机，但它们仍会在反向散射中产生调制的信号。然而，没有哪部法律法规是为不带发射机的调制设备编写的。

世界各地的 RFID 标准通常只是规定“询问器选择的工作频率由本地无线电法规及本地射频环境决定”，而由制造商根据预计销售产品的地区满足各种本地辐射要求。这就要求进行各种频谱辐射测试，而在询问器的 RFID 标准中并没有明确包含这些测试。

无源 RFID 终端的宽带特点也给密集的(多个)阅读器站点带来了某些挑战。由于询问器确定了系统的工作频率，终端是对天线可以接收的任何询问器进行应答的宽带设备，因此在有多部询问器时，终端对某个阅读器应答的能力有限。无源终端可能会试图对发出询问的所有阅读器作出应答。可以使用多部阅读器同步技术，改善密集的多部阅读器中的吞吐量。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南



► 图 6. 一般指定 ASK 调制深度、上升时间和下降时间，保证阅读器能够正确为终端供电及理解数据符号。

RFID 系统通常采用生成简便的调制技术和编码方案。例如，ISO 18000 C 型（也称为 EPC Gen2, Class 1）要求双边带幅移键控 (DSB-ASK)、单边带-ASK (SSB-ASK) 和反相-ASK (PR-ASK)。

幅移键控数字调制的频谱效率低，在数据速率一定时要求大量的 RF 带宽。每赫兹 RF 带宽 0.20 位的带宽效率对 DSB-ASK 并不少见。

改善带宽效率的方法之一是使用 SSB-ASK，这在欧洲国家中特别重要，因为带宽限制可能导致这些国家不能使用 DSB-ASK。

DSB-ASK 和 SSB-ASK 的功率效率取决于调制指数。通过使用调制指数 1 或载波的开关键控 (OOK)，可以对 DSB-ASK 和 SSB-ASK 获得实现一定误码率 (BER) 要求的最低载波噪声比 (C/N)。遗憾的是，这也在下行方向上为终端供应能量时提供了最低数量的 RF 传输功率。

在理想情况下，载波的关闭时间应达到最小，以便终端不会耗尽功率。载波噪声比要求也应达到最小，以使 ID 读取范围达到最大。对许多调制，这些目标是相互矛盾的。

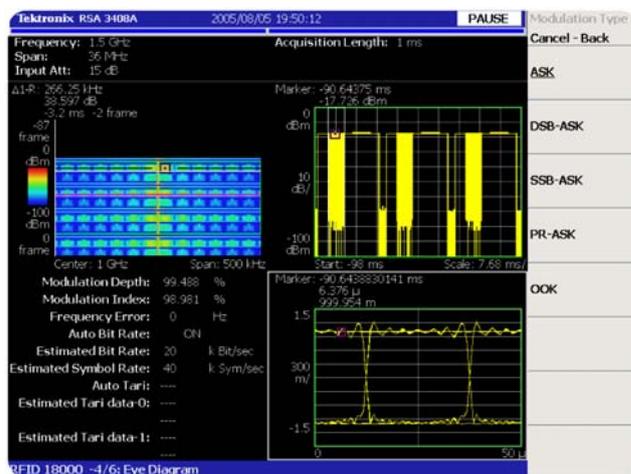
使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南

其中一种调制是 PR-ASK，它可以使窄带中的载波噪声比要求达到最小，使到终端的功率传输达到最大。与相移键控(PSK)信号类似，PR-ASK 每次发送符号时改变相位 180° 。PR-ASK 还创建 100% 的幅度调制深度或 1 的调制指数，旧符号和新符号的相位矢量交叉，并简单地加总成零幅度。在幅度简单地变成零时，这提供了可以简便检测到的时钟信号，但使载波功率关闭的时间达到最小，从而优化传输到无源终端的功率。PR-ASK 拥有载波噪声比和带宽要求，与 DSB-ASK 相比，其更加紧密地匹配 PSK，使其对窄带远程应用极具吸引力。

DSB-ASK 是带宽效率最低的调制，也是载波信号开关键控(OOK)最容易生成的调制。ASK 调制规范通常有调制深度及上升时间和下降时间要求。上升时间和下降时间一般与带宽滤波相关，而调制深度则取决于键控状态之间的衰减差。

在调制前，数据必须编码成串行信息流。位编码方案分成多种类型，每种类型在基带频谱属性、编码/解码复杂性和内存时钟输入难度中都有独特的优势。



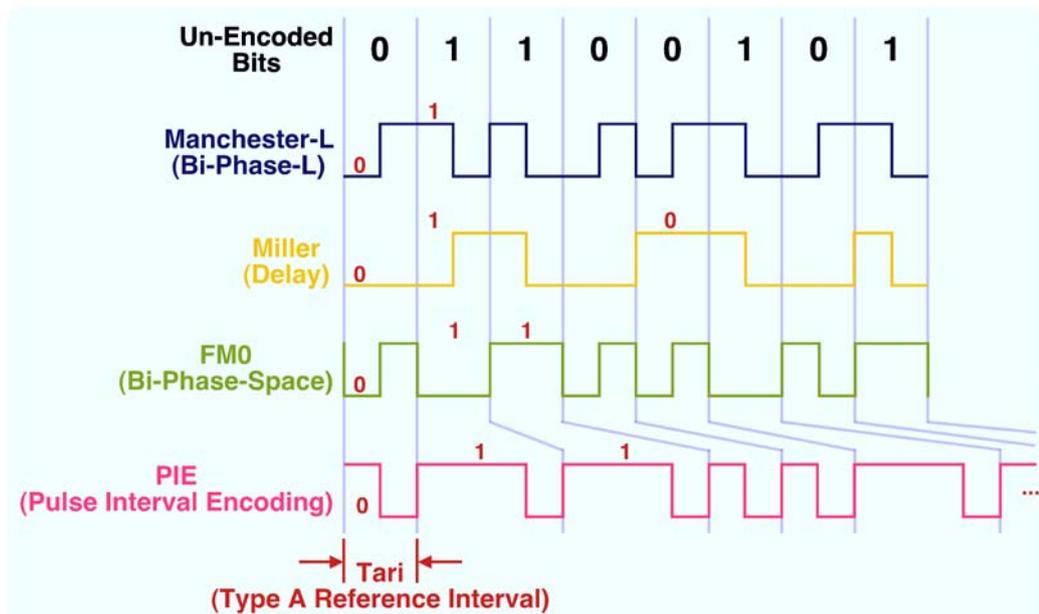
► 图 7. 实时频谱分析仪可以简便地测量流行 RFID 调制的调制深度或指数。在这个屏幕图中，它使用频谱图和功率随时间变化图查看符号眼图。

无源 RFID 终端对使用的编码方案提出了独特的要求。在无源终端中采用机载高精度定时源不现实、极具挑战的带宽要求及在为终端加电时需要最大 RF 功率，使数据编码对许多 RFID 应用至关重要。

曼彻斯特编码(双相 L)和脉冲间隔编码(PIE)在询问器到终端(R=>T)通信中非常流行。这些编码方案的一个重要特点是，它们都基于转换、自己提供时钟，大大降低了功率密集型终端中要求的同步电路的复杂性。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南



► 图 8. RFID 系统采用各种 PCM 位编码方案。重要的因素是终端中的同步复杂性及反向散射的低频 DC 频谱。

PIE 编码基于一定的最小脉冲时长或间隔，如 20ls 。这个周期称为 'Tari'，是按 ISO 18000-6 A 型参考间隔 (Tari) 命名的。1 位和 0 位及特殊符号 (如帧头 (SOF) 和帧尾 (EOF)) 都由不同数量的 tari 周期组成。这使得一定位数的传输长度可以变化。由于 PIE 编码自行提供时钟，因此可变长度几乎没有影响。

Tari 长度也是被调制信号的最小脉宽，这在确定传输的信号带宽时是一个重要因素。Tari 长度越短，信号的带宽要求越大。较新的标准如 ISO 18000-6, C 型支持多个 Tari 长度 ($6.25, 12$ 和 25 ls)，以适应全球不同的频谱辐射法规要求。

RFID 脉冲代码调制 (PCM) 编码方案的另一个重要属性是其 DC 频谱成分。反向散射终端调制一个载波信号。然后向回在终端阅读器中作为基带 DC 电平滤除载波信号，只留下终端发出的弱得多的上连调制。终端中的编码方案要求到阅读器的上行方向拥有很小的 DC 能量或没有 DC 能量，以免与载波信号相冲突。

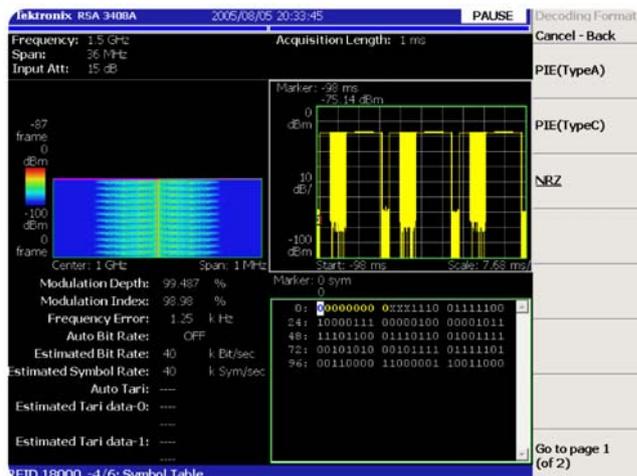
米勒编码和 FMO 编码都有这种在频谱中 DC 能量很小或没有 DC 能量的属性。ISO 18000-6 C 型通过提供不同的副载波速率，进一步增强了米勒编码。1 倍、2 倍、4 倍和 8 倍副载频可以调节调制编码，优化读数范围、速度或带宽。

调试 ASK 调制使用的大多数信号分析仪不能把这些模拟 PCM 波形解码成符号或位。配有 RFID 软件选项的实时频谱分析仪支持把模拟 RFID 波形解码成其表示的位。这特别有助于在安装了 RFID 系统的电路或环境中诊断问题。

许多 RFID 系统使用的基于幅度的调制都容易受到快速信号增噪条件的影响。移动装满终端的叉车，在位于不同金属货车和金属构架之间的阅读器之间行驶，可能会经过破坏性的多路径条件。快速瑞利增噪或阴影可能不能与幅度调制区分开来，进而导致误码。

RTSA 能够同时查看功率随时间变化画面中的模拟波形及从波形中理解的符号，将帮助工程师深入了解为什么一定的符号是不正确的。如果分析仪没有这种功能，那么就要求工程师手动解码长 96 位以上的波形。

通过模拟波形和解码后的符号，确定噪声或干扰对通信数据的效应这一流程大大简化。通常在诊断测试过程中，收到的波形上面会有明显的噪声和干扰。在许多情况下，很难说信号损伤对数据可能造成什么影响。由于分析仪能够解码符号，可以在已知精确的测试仪器上考察数据净荷。RFID 工程师可以简便地把不明显的损伤与造成严重数据错误的损伤区分开来。



► 图 9. RTSA 的 RFID 分析软件为流行的询问器和终端 PCM 编码方案提供了符号解码功能。

另一个 RFID 考虑因素发生在询问器查询附近的终端时，因为可能会有一台以上的终端处于应答位置。它要求某种形式的反冲突协议，以便能够从询问器角度阅读所有终端。反冲突协议分成两种基本类型：确定性的和随机的。流行的 RFID 协议是确定性二进制树、随机的 ALOHA 和带时隙的 ALOHA 方法。

二进制树方法搜索符合某个二进制数字的终端 ID。例如，以二进制 1 开头的所有终端应答，然后是第二个位为 0 的所有终端，直到寻址和记录了每台终端。如果发生冲突，那么将在搜索中对这部分判定树增加额外的位。二进制树协议可能会很慢，而不能在整个数中搜索终端 ID。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南

随机的 ALOHA 协议(由夏威夷大学开发)允许终端发送消息, 如果消息没有通过, 那么它会以后再尝试发送, 直到通过。带时隙的 ALOHA 方法在所有终端之间采用同步, 因此通信分组在传输流中间不会中断。带时隙的 ALOHA 对可用带宽的利用率约为 30%, 而直接的 ALOHA 仅约为 18%。ALOHA 协议在对大量的终端分类时相对迅速。

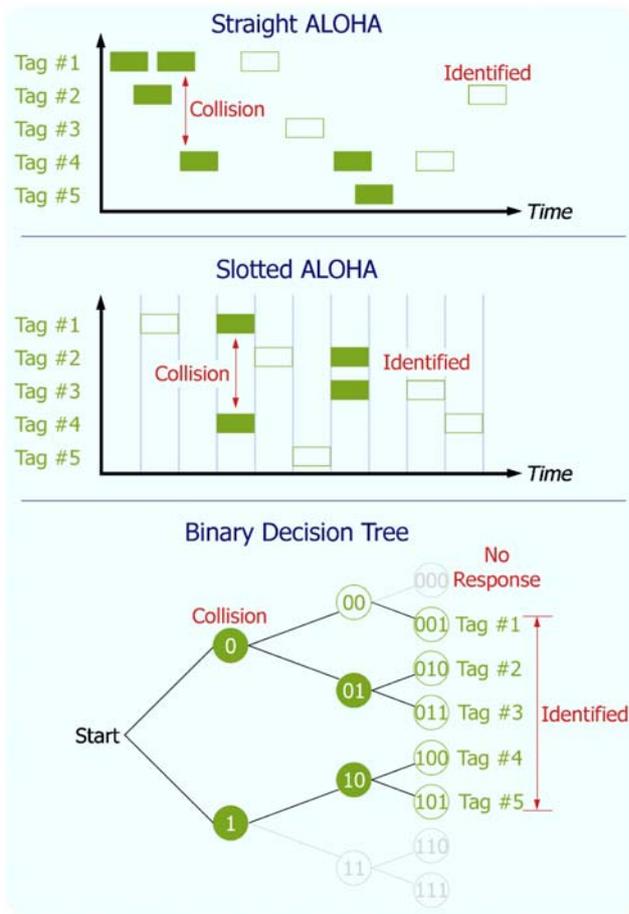
通过使用先听后讲(LBT)方案, 可望进一步改善效率。在 LBT 中, 询问器侦听信道, 保证信道已清除, 不会中断已经进行的传输。

ISO 18000-6 等标准已经通过各种协议实现演进。最初, ISO 18000-6 A 型采用 ALOHA 协议, 之后, 由于 ISO 18000-6 B 型的采用, 其使用了二进制树协议。而现在, ISO 18000-6 C 型则要求使用带时隙的 ALOHA 协议, 因为其提供了最快速的吞吐量。

Gen2 标准还把以前几个 UHF 标准统一起来, 可以灵活地增强性能, 同时满足全球部署的严格要求。

Gen2 标准提供了 4 种不同的通信速度, 允许每个安装项目更好地利用通信信道中为每个项目提供的最大吞吐量优势, 同时适应不同的国家法规限制。

包含带时隙的 ALOHA 方案的 'Q' 协议已经进一步优化, 其从早期的标准演变成可以更加强健地读取的终端, 这些终端可以从阅读器的 RF 角度在边上访问。协议交换时长已经缩短, 以保证终端获得足够的 RF 能量, 而不



► 图 10. 判断从多个终端同时向回传输之间发生冲突的流行协议包括: ALOHA, 带时隙的 ALOHA 和二进制判定树。

会在交换过程中耗尽功率。它已经设置了一个特殊的参数 'Q', 控制终端对阅读器应答的可能性。Gen2 终端也能够在读取后进入睡眠状态, 使冲突达到最小, 加快阅读其余终端的速度。

ISO 18000-6 C型标准还解决了密集阅读器部署中下连和上连功率电平之间的不一致性。在接近区域中部署的多个阅读器很容易会相互干扰。功放器中生成的下连功率电平在美国可以高达 +37 dBm，允许无源终端在大约 4 米中，获得大于 -15 dBm 的传输 RF 功率的可用电平。来自终端反向散射的上行方向可以低至 -63 dBm，远远低于询问器的下连功率电平。在密集部署中，其它终端阅读器很容易会盖过较弱的反向散射信号。

在带宽比较充足的美国，跳频扩频技术使得许多阅读器能够在接近区域中运行。

而在日本和欧洲国家，UHF 带宽非常匮乏，因此 ISO 18000-6 C 型规范允许多个阅读器同步询问，以减轻拥堵。“先听后讲”等方案避免已用的信道或使用四个不同副载波编码速率之一(FM0, Miller M=2, M=4和M=8)改变信道宽度，改善了阅读器在拥堵环境、噪声环境或容易发生干扰的环境中工作的能力。最新规范还改善了未来标准的安全性和扩展能力。

前面我们已经回顾了 RFID 技术、问题和标准，现在让我们看一下重要的测试考虑因素。

RFID 测试概述

RFID 系统、特别是带有反向散射无源终端的 RFID 系统，给测试和诊断带来了独特的挑战。

定时测量是尤其要注意的一个问题，因为它可能要求系统阅读器，非常迅速地、无差错地从多个终端中读取 ID 数据。

大多数 RFID 系统采用瞬变时分双工(TDD)方案，其中询问器和终端依次在同一条信道上通信。为使用串行 TDD 复用方案在非常短的时期内读取多个 ID 终端，标准要求非常精确的定时。因此，数据交换上的定时测量带来了独特的 RFID 挑战。

瞬变 RFID 信号通常包含频谱效率低下的调制，其采用专用 PCM 符号编码和解码。调试接收这些异常信号的零差询问器或终端要求特殊的信号分析仪功能。

传统上，扫频分析仪、矢量信号分析仪和示波器一直用于无线数据链路开发。这些限制使其在现代 RFID 产品开发和生产中的应用效率很低。

在历史上，频谱分析仪一直是检定发射机 RF 频谱输出的首选工具，以保证满足辐射法规限制。传统的扫频分析仪主要是为分析连续信号开发的，而不是为与现代 RFID 产品相关的间歇性 RF 瞬变开发的。这会导致各种测量问题，特别是精确地捕获和检定瞬变 RF 信号。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南

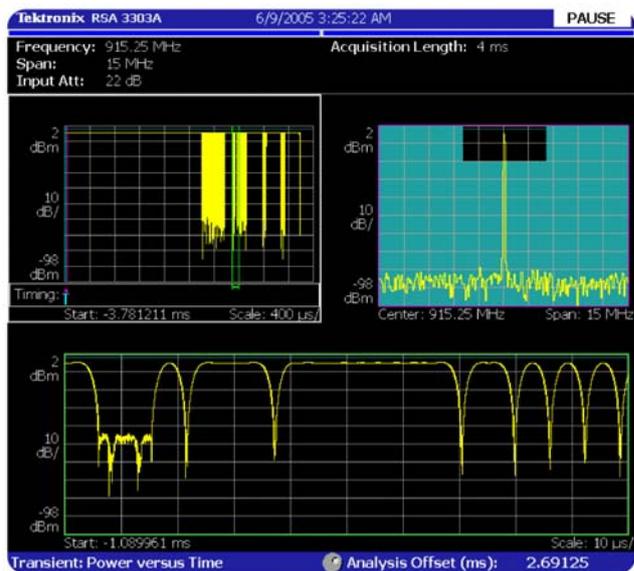
类似的，矢量信号分析仪在捕获瞬变 RF 信号方面的能力非常小，其最初也是为 CW 信号研制的。尽管大多数矢量信号分析仪为流行的频谱效率低的调制提供了全面的解调能力，但当前产品几乎不能支持频谱效率低的 RFID 调制及特殊的 PCM 解码要求。这使得当前一代矢量信号分析仪对 RFID 工程师的价值很小。

长期来，示波器一直是分析基带信号的重要工具。最近几年，某些示波器已经把取样速度扩展到非常高的微波频率。但是，对 RFID 系统上的 UHF 或更高频率的测量，它们仍是次优工具。相对于现代实时频谱分析仪，快速示波器的测量动态范围明显要低得多，并缺少调制和解码功能。

实时频谱分析仪解决了传统测量工具的局限性，为 RFID 工程师提供了效率高得多测试和诊断感受。

脉冲式终端读取和写入要求使用为瞬变信号优化的 RF 分析仪。由于独特的实时结构和时间相关显示功能，泰克实时频谱分析仪产品系列特别适合检定瞬变信号。

RTSA 拥有必要的数字处理速度，可以使用实时快速傅立叶变换(FFT)把输入信号从时域无缝地变换到频域，然后再捕获数据记录。这使 RTSA 能够实时比较频谱幅度与用户设置的频率模板。然后 RTSA 可以触发捕获感兴趣的频谱事件，然后详细进行脱机分析。



► 图 11. RTSA 的频率模板触发和深内存可以捕获完整的询问器 / 终端交互。通过在希望的载波周围设置一个窄模板，RTSA 可以忽略附近幅度较大、而不能使用 IF 电平触发的间歇性信号。

这对 RFID 应用是一种重要功能，因为它允许工程师开始捕获以初始频谱突发开头的整个瞬变询问器和终端交互。此外，泰克频率模板触发(FMT)专利技术可以可靠地捕获现实频谱环境中复杂的询问器和终端交互，在这些环境中，其它信号的实际幅度可能要更大。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南

RSA3408A拥有充足的内存功能及高精度触发能力，可以捕获阅读器和终端之间的整个交换。然后可以使用完整的数据记录，迅速诊断系统交互。

实时频谱分析仪全面使用时间相关多域分析技术，用户可以在不同画面之间使用高精度时间相关标尺，显示多个测量域。例如，可以把一个标尺放在错误的符号位上，仪器将关联这个标尺，即时对应功率随时间变化画面或频谱图。

时间相关的多个分析域大大增强了诊断能力和可靠性，可以在不同画面中有效确定引起事件的异常波形。

除了能够有效触发和捕获瞬变 RFID 信号外，RTSA 还提供了测试测量业内第一个 RFID 分析软件包。通过这一软件包，RSA3408A可以解调、解码和测量许多 RFID 应用中使用的特殊信号。

与 RFID 应用使用的传统测试设备相比，现代 RSA3408A 可以提供快得多、更加高效的诊断和检定体验。为演示 RTSA 的辅助工具，下面我们将考察某些常见的 RFID 测量...

RFID 测量

在把产品推向市场时，RFID 工程师面临着各种设计挑战。首先，产品必须满足把能量辐射到频谱中相关的本地频率法规。其次，询问器和终端交互必须可靠地一起运行。为此，询问器和终端必须符合相应的行业标准。最后，为保证竞争力，必须优化 RFID 系统的性能，以吸引某个细分市场。这可能意味着使每秒交易数量达到最大，在密集的阅读器环境中运行或扩大阅读器在更远距离内通信的能力。

为说明 RTSA 和 RFID 分析软件怎样成为 RFID 测试不可或缺的组成部分，我们先介绍为遵守政府法规而检定频谱辐射时必须进行的主要测量。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

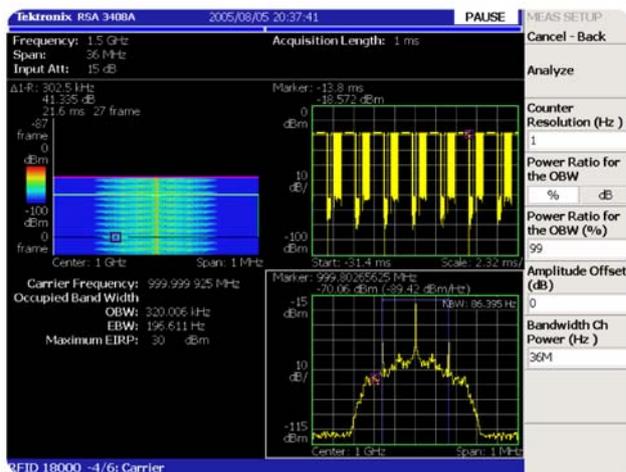
► 应用指南

遵守政府法规

政府法规要求必须在功率、频率和带宽上控制发送的信号。这些法规防止有害的干扰，保证每台发射机在频谱上对频段中的其它用户是好邻居。配有 RFID 软件的 RSA3408A 可以简便地测量政府法规规定的频谱参数。

对脉冲式信号进行功率测量可能对许多频谱分析仪极具挑战性。RTSA 的瞬变信号优化功能可以简单地测量脉冲式 RFID 分组传输中的功率。FFT 分析在分组传输过程中对任何一定时间周期都提供一个完整的频谱帧，而不需要象老式扫频分析仪那样同步调谐扫描与分组突发。此外，传统频谱分析仪需要校正系数，补偿连续对数视频放大器 (SLVA) 峰值检测电路，而 RTSA 则使用真正的 RMS 检测方法，对大多数法规测量都能精确地读取功率。

另一个重要的频谱辐射测量项目是信号的载频。可以通过两种方式表达这一测量：实际绝对载频或分配的一定信道频率的载频误差。在解调信号时，RTSA 将显示载频误差。在频谱分析模式下，可以选择测量按钮，然后使用载频软键，来显示绝对载频。



► 图 12. 通过显示频谱，选择 OBW/EBW 测量，可以迅速进行主要法规频谱测量。如果使用单向天线，那么还提供了载频、OBW/EBW 和 EIRP。

解调后的载频测量有一个明显优势是，它不要求信号位于跨度的中心。这特别适合跳频信号。

类似的，也可以通过两种方式获得占用带宽 (OBW) 或辐射带宽 (EBW)。在解调模式下，RTSA 显示 OBW 和 EBW 及载频和传输功率电平。在实时频谱分析仪模式下，测量键下也提供了带宽测量。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南

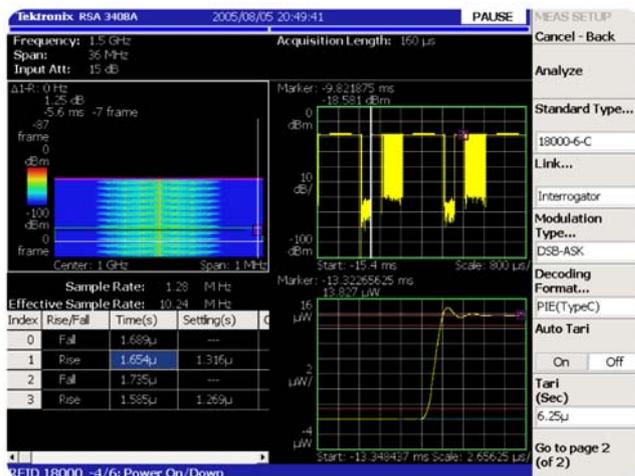
通过使用这些预编程的自动测量功能，可以迅速精确地获得基本法规数据。这消除了对传统频谱分析仪连接同轴电缆，测量瞬变 RFID 信号的麻烦。RTSA 识别调制，只需按一个按钮就可以提供答案。

满足行业标准

可靠的询问器和终端交互要求遵守各种行业标准，如 ISO 18000-6 C 类规范。这在基本测试之上增加了许多测试，以满足政府频谱辐射要求。RF 一致性测试对终端和阅读器之间可靠地互操作至关重要。

RSA3408A 的 RFID 软件包含 ISO 18000-4 模式 1 和 ISO 18000-6 A 类、B 类和 C 类标准所需的关键测量。RTSA 上预编程的测量消除了检查这些信号格式要求的大部分设置时间。

例如，ISO 18000-6 C 类的一项重要测量是开机时间和关机时间。必须立即打开载波能量的上升时间，以保证终端采集足够的能量、以便正确运行。信号还必须稳定到稳定水平。在传输结束时，信号突发的下降时间必须足够快，避免干扰其它传输。

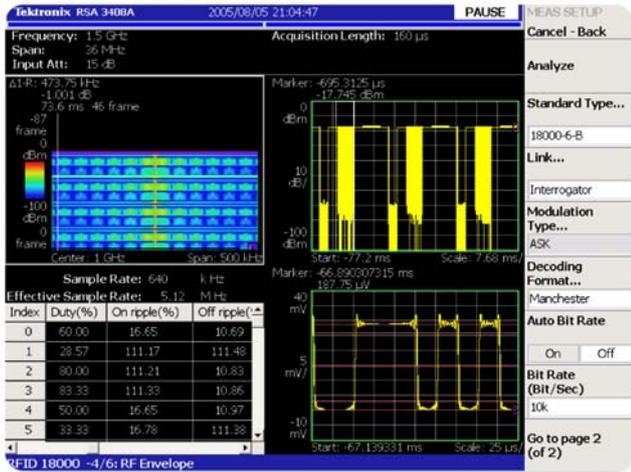


► 图 13. 在 RTSA 中，用户只需按一个键，就可以在查询会话中进行开机和关机测量，确定是否符合行业标准。

在解调模式下，选择相应的 RFID 标准和类型，压下分析仪的软键，选择 Power On/Down。然后 RTSA 会自动测量开机上升时间、关机下降时间、功率稳定时间、过冲和下降。为查看更详细的信息，RTSA 还在测量窗口中显示波形特点。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南



► 图 14. RFID 测量软件测量基本一致性测试指标，如 RF 包络的开机和关机纹波、占空比和脉宽。

询问器和终端之间的通信通过开机周期中的 ASK 信号突发完成。这些信号突发构成了 RF 包络，对互操作能力非常重要。调制脉冲包络包含着确保阅读器和终端之间兼容能力必不可少的特点。RTSA 的 RFID 软件自动测量 RF 包络指标，如开机脉宽，关机脉宽，占空比，开机纹波，关机纹波和 RF 包络边沿斜率。

RSA3408A 可以检定各种调制包络，包括 DSB-ASK, SSB-ASK 和 PR-ASK。为简化协议传输跟踪工作，RFID

Option 21 RFID Standard Measurements

Menu	Measurement	Standard				
		ISO18000-4, Mode 1	ISO18000-6, Type A	ISO18000-6, Type B	ISO18000-6, Type C	
Carrier	Carrier Frequency	✓	✓	✓	✓	
	OBW/EBW	✓	✓	✓	✓	
	Ave. Power for Pwr. On	✓	✓	✓	✓	
Spurious	Spurious	✓	✓	✓	✓	
	ACPR	✓	✓	✓	✓	
Power On/Down	Transmission Power	✓	✓	✓	✓	
	Rise & Fall Time	✓	✓	✓	✓	
	Settling Time	✓	✓	✓	✓	
	Over/Under Shoot	✓	✓	✓	✓	
	Off Level	✓	✓	✓	✓	
	On/Off Width	✓	✓	✓	✓	
	Duty Cycle (%)	✓	✓	✓	✓	
RF Envelope	On/Off Ripple	✓	✓	✓	✓	
	Rise Time	✓	✓	✓	✓	
	Fall Time	✓	✓	✓	✓	
	Constellation	Modulation Depth	✓	✓	✓	✓
	Eye Diagram	Modulation Index	✓	✓	✓	✓
Symbol Table	Frequency Error	✓	✓	✓	✓	
	Bit Rate (Measured)	✓	✓	✓	✓	
	Tari Length (0 & 1)	✓	✓	✓	✓	
	Indicate Preamble	✓	✓	✓	✓	
	Marker	Turn Around Time	✓	✓	✓	✓

► 表 3. 选项 21 包括许多预置测量，可以大大降低仪器设置时间，在处理国际公认标准时改善效率。

软件用索引号标记各个突发。分析仪进一步把突发划分成包络编号，在细节画面中显示各个符号参数。

测试专有通信方案

许多 RFID 和 NFC 设备采用为特定市场应用优化的专有通信方案。RTSA 提供了各种灵活的调制测量，可以使用手动配置的测量来测试专有系统。

该仪器允许用户定义调制类型、解码格式和数据速率。可以设置频率对系统进行测试，包括低频(LF)频段(125 kHz - 135 kHz)，高频(HF)频段(13.56 MHz)，超高频(UHF)频段(868 - 928 MHz)，甚至包括S频段微波(2.45 GHz)。

例如，用户可以手动设置 RSA，测试 NFC 设备是否符合 ISO 18092，测试其与符合 ISO 14443 A 型和 B 型的设备的互操作能力。用户只需把 RTSA 的频率设成 13.56 MHz，把调制类型设成 ASK 或 BPSK (B 型卡/目标)，把解码格式设成 Modified Miller, Manchester 或 NRZ，把数据速率设成 106, 212 或 424 Kb/s。

RSA3408A 全面的通用调制测量功能支持许多调制类型，其数据速率可以高达 51.2 Mbps。此外，它支持多个解码方案，使其成为专有 RFID 或 NFC 系统的理想工具。

Modulation		Decoding
ASK	GFSK	Manchester
DSB-ASK	BPSK	Miller
SSB-ASK	QPSK	Miller (M-2, M-4 & M-8)
PR-ASK	1/4 π QPSK	Modified Miller
OOK	OQPSK	FM0
FSK	8PSK	PIE (Type A or C)
GMSK	16 - 256 QAM	NRZ-L

► 表 4. RTSA 通过可以配置的广泛的调制和解码选项，支持各种专有的 RFID 或 NFC 应用。解码选项根据调制类型变化，RTSA 支持许多流行的组合。

获得竞争优势

一旦满足基本规范，非常重要的一点是优化 RFID 产品的部分功能，在特定细分市场中获得竞争优势。RTSA 特别适合最大限度地提高系统性能，同时最大限度地减少工程师实现所需目标必需完成的工作。

其中一个实例是优化一定时间内可能的终端读取数量。这可以提高整体系统容量，使其更能吸引高利润大批量应用。使容量达到最大的一个重要要素是使每个终端应答的双向时间(TAT)达到最小。提供的 RF 功率、路径增噪和符号速率变化可能会延长终端回复询问器查询所需的时间。回复越慢，阅读多个终端所需的时间越长。

使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

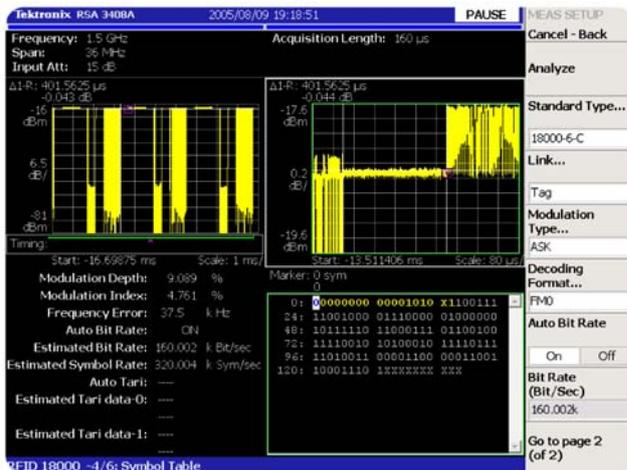
► 应用指南

能够迅速测量半双工系统的双向时间对优化性能至关重要。RTSA 可以简便地测量 TAT。

首先，询问器和终端之间的整个查询捕获到分析仪中。在选择符号表的解调模式下，在视图定义窗口中，用户把 RTSA 设置成在子窗口中显示功率随时间变化。然后使用视图选择和标度键，把子窗口放大到终端反向散射的波形部分。

根据惯例，从下行传输(R=>T)结束到下一个下行传输开始之间的时间是半双工系统的双向时间或 TAT。因此，通过把标尺放在终端询问末尾，把第二个增量标尺放在反向散射末尾或下一个询问器数据传输开始，可以精确测量双向时间。在最宽的下行条件范围内保持最短的 TAT，有助于使系统吞吐量达到最大。

RTSA 还可以解调与终端查询有关的符号或码。用户只需选择相应的 RFID 标准、调制类型和解码格式。分析仪可以自动检测和显示链路的位速率。为进一步增强工程师的生产效率，恢复的数据符号根据功能标上色码。RTSA 自动识别前置码，并把这些符号的颜色变成黄色。这就可以简便地识别实际数据净荷，并与已知值进行比较。



► 图 15. 可以使用 RTSA 的标尺，简便地测量 RFID 链路的双向时间。在本屏幕中，它解码捕获的数据符号或终端反向散射返回的码。前置码符号自动用黄色显示。

优化通信通常要求全面诊断，校正可能影响系统性能的问题。许多传统信号分析仪不能简便地提供调试复杂的 RFID 系统所需的诊断信息。如果没有 RTSA 一流的频率模板触发功能来可靠地捕获重要频谱、全面的 ASK 解调和专用 RFID 符号解码功能，工作台上的工程设计效率可能会下降到不可接受的水平。这为解决快速发展的 RFID 行业中的灾难提供了一剂良方。

实时频谱分析仪的时间相关多域显示功能意味着通过在每个显示画面的标尺之间建立时间关联,可以一次查看多个画面。时间相关多域显示特别适合调试和诊断工作。

把一个标尺放在频谱图的异常波形上,可以自动与该事件对应的符号标尺相关。时间相关显示在诊断分析中消除了猜测工作,大大改善了查看问题的可靠性。工程师不必假设功率随时间变化毛刺导致了数据错误,因为时间相关的标尺证明这两个事件同时发生。

这些功能使得 RSA3408A 特别适合解决当前的 RFID 问题。与老式分析仪不同,如为完全不同的通信设备时代设计的扫频分析仪或矢量信号分析仪,现代 RTSA 提供了一个解决方案,可以以极具竞争力的步伐迅速启动和运行 RFID 系统。

一旦 RFID 系统正确运行,下一步通常是在向市场推出前准备进行一致性认证。在下一节中,我们将考察怎样使用 RTSA 进行预一致性测试,保证成功地进行认证。

通过 RTSA 进行预一致性测试

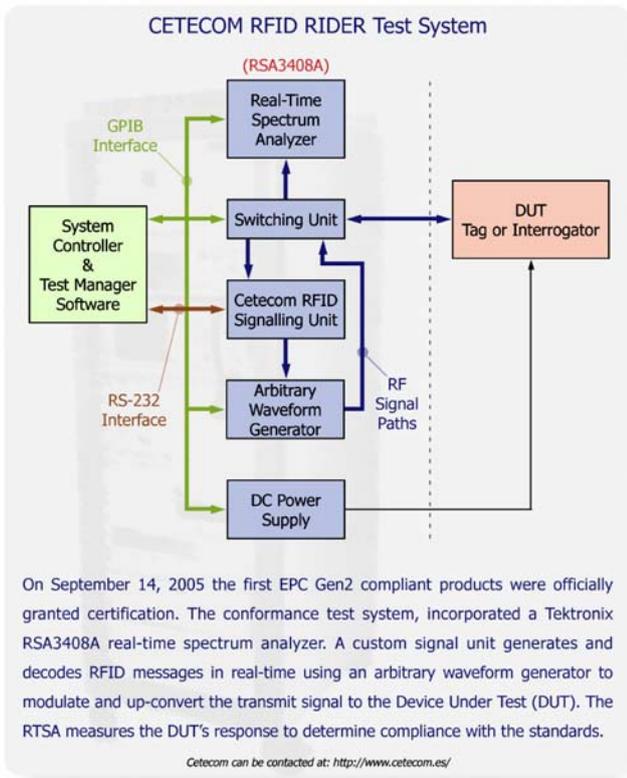
许多行业标准要求一致性认证,以使用确保性能兼容能力的商标。每个审批标志对潜在客户都非常重要,因为它提供了某些独立保证,确保系统将能够与来自不同厂商的各种阅读器和终端正确运行。

一致性测试在很大程度上类似于一项公正客观的测试。如果准备充分,可以获得令人激动的、回报巨大的感受。如果准备不充分,则可能感觉不会太好。遗憾的是,在快速发展的 RFID 行业中,一致性认证准备不充分最大的代价通常是丧失产品上市的机会成本。未能通过一致性认证测试、不得不重新安排另一次测试可能需要几周的时间,导致最新推出的产品丧失大量的收入机会。

产品开发周期和销售收入丧失在很大程度上取决于是否正确准备好通过一致性测试。许多公司认识到这一点,在预一致性测试进行大量投入,帮助保证在第一次就迅速通过测试。在设计离开公司前发现存在问题的成本要比在一致性认证实验室发现问题的成本低得多。通过高效的预一致性测试设备,多用几天测试可以避免几周丧失收入的恶果。

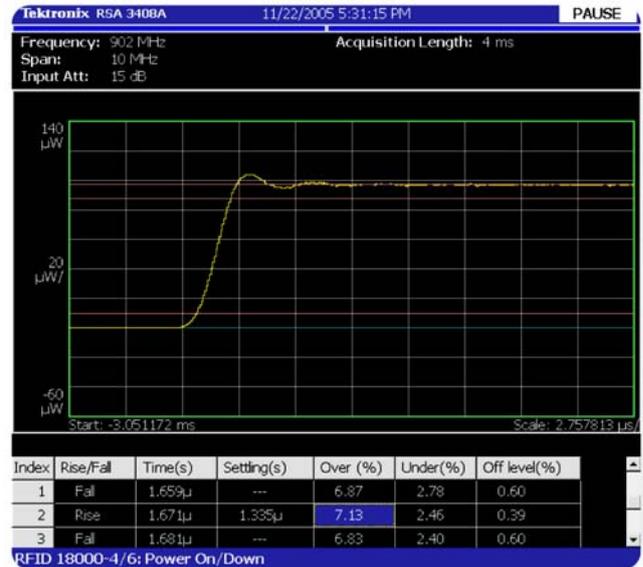
使用实时频谱分析仪进行 RFID 和 NFC 测量

► 应用指南



经过认证的测试实验室通常使用量身定制的自动测试系统进行一致性测试。一致性测试通常要比典型工作台开发测试全面得多。如果测量速度太慢，那么大多数工程师对设计进行穷尽测试所需的时间可能会变得没有意义。在这方面，RSA3408A 可以为工程师提供杰出的预一致性测试优势。

RSA3408A 独特的 RFID 测量软件可以迅速检定许多关键行业规范要求。内置表格数据显示使得工程师能够迅速查找一致性问题。在传统的测试设备中，进行多项测



► 图 16. 预一致性测量(如稳定时间)可以帮助保证询问器第一次就通过正式的一致性测试。

量要求大量的人力，因此在逻辑上只可能检查一些点。RSA3408A 可以高速进行测量，允许工程师进行近似穷尽的一致性测试。

大家已经看到，可以使用 RTSA 的 RFID 测量软件方便地单键设置许多重要的 RF 测量。能够迅速重新检查一系列指标，降低了在实际一致性测试出现大的失败的可能性。

例如，在各种条件下认真进行预一致性测量可以测试询问器的数据突发开机、关机和 RF 包络纹波，帮助在认证过程中避免这些问题。

使用RSA3408A作为预一致性测量工具可望消除预一致性测量设备和一致性测量设备之间的测量算法误差。RSA3408A 提供了测试行业内第一个专用 RFID 测量套件,这种领导地位使其迅速被各种RFID专家所采用,包括一致性测试实验室。通过使用RSA3408A进行多项测量,制造商的 RFID 产品将更有机会成功地通过一致性认证。

如果在一致性测试过程中发生问题,便于携带的单一产品 RTSA 可以迅速调试电路。一旦知道了一致性测试失败条件, RTSA 的多域相关分析功能可以提供必要的洞察力,跟踪问题,直到根本原因。RSA3408A 可以帮助工程师迅速识别问题,在一致性测试工作中救急。这可以防止使用过时、低效的测试设备时发生的冗长的复发问题。

总结

RFID 行业涵盖了各种各样的技术和应用,其中许多技术和应用不同于典型的通信链路。最新国际 RFID 标准要求完善的 FHSS 信号、由 ASK 调制构成的瞬变半双工 RF 突发及不同寻常的编码和强健的反冲突协议。为

减少对精细测量设置的需求,简化用户接口,简便获得诊断洞察力,泰克推出了配有 RFID 分析软件的 RSA3408A 实时频谱分析仪。

通过第一个完善的 RFID 分析软件包,实时频谱分析仪支持各种流行的国际 RFID 标准。这一功能大大加快了开发诊断、预一致性测试和生产检查工作。此外,RFID 分析软件包全面支持时间相关多域测量,改善了调试评估的可靠性。

要求解调 DSB-ASK, SSB-ASK 和 PR-ASK 及对每种支持的格式要求必要的符号解码的测量标准,现在在 RSA3408A 上只需按一个键就可以简便完成。这大大增强了工程设计效率,同时缩短了产品开发周期。RTSA 还可以帮助工程师进行传统扫频分析仪或矢量信号分析仪不能完成的或要求精细耗时的测试调谐的 RFID 测量。

不管是调试在开发阶段面临的问题、满足政府频谱法规还是通过一系列预一致性测试、准备进行产品认证,RTSA 都为分析询问器和终端生成的 RFID 信号提供了理想的解决方案。

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322室
邮编: 710001
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市武昌区民主路788号
白玫瑰大酒店924室
邮编: 430071
电话: (86 27) 8781 2760/2831
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

详情请访问泰克公司网站: www.tektronix.com



© 2005 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。 12/05 FLG/WOW 37C-19258-0

Tektronix
Enabling Innovation