

MDO4000 系列混合域分析仪应用之二

调制域分析

高性能、宽带、多功能调制域分析的应用

调制域分析

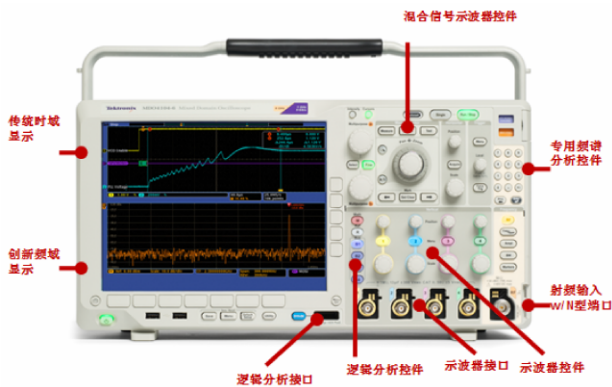


图 1-1. 创新的 MDO4000 混合域分析仪

一. 概述

泰克最新推出的MDO4000系列混合域分析仪(图1-1), 是一款具有创新意义的分析仪, 自它诞生之日起, 已经获得国内外十多个最佳创新奖项(图1-2)。MDO4000之所以获得巨大的成功, 根源在于它推出了创新的概念—跨域分析, 利用跨域分析, 可以发现传统手段无法发现的嵌入式射频系统以及数字射频系统的疑难杂症。

MDO4000 系列混合域分析仪究竟是什么? 我们可以将其基本功能总结如下:

- 四通道 100MHz/300MHz/500MHz/1GHz 带宽数字荧光示波器
- 3GHz/6GHz 频谱分析仪
- 大于等于 1GHz 带宽的调制域分析仪
- 16 通道逻辑分析仪
- 多种总线协议分析仪

五合一系统, 是 MDO4000 系列混合域分析仪的特色之一, 但 MDO4000 绝不是以上罗列的五种测试工具的简单组合, 这五种功能工作在同一时钟、同一触发机制下, 使得 MDO4000 具有创新的时域、频域、调制域时间相关的跨域分析功能。为此, 我们将 MDO4000 系列混合域分析仪的特色总结如下:

- 时域、频域、调制域时间相关的跨域分析
- 高性能宽带调制域分析
- 紧凑的五合一测试系统



图 1-2. MDO4000 获得测量业内多个最佳创新奖

MDO4000 系列混合域分析仪的以上特色, 针对不同的应用可以解决不同的问题, MDO4000 的最突出的特色—跨域分析已经在应用文章为《MDO4000 系列混合域分析仪应用之一—跨域分析发现当代数字射频系统疑难杂症的创新手段》中进行了阐述, 本应用文章为《MDO4000 系列混合域分析仪应用之二—高性能宽带调制域分析的应用》, 重点阐述 MDO4000 的第二个特色, 主要包括 MDO4000 在工业控制领域如汽车电子、无线抄表、医疗电子、安防中的应用; MDO4000 在 RFID 中的应用; MDO4000 在商用无线电通信系统如 GSM、CDMA、3G、OFDM 中的应用以及 MDO4000 在超宽带通信如宽带跳频、雷达中的应用。尽管本应用文章着重介绍 MDO4000 在以上应用中的调制域分析, 但应时刻牢记 MDO4000 本质的特色—跨域分析, 即 MDO4000 在进行调制域分析的同时可以进行跨域分析, 解决传统手段难以发现的问题。

二. MDO4000 调制域分析简介

从信号分析的理论可知, 任何信号都可以从时域与频域两方面进行分析, 连接时域与频域的纽带是傅里叶变换。有了时域与频域分析, 能否分析出某个信号的全部参数? 并不尽然! 因为我们今天遇到的信号, 极少是简单的基带信号, 通常都是带有一定调制的射频信号。对简单的模拟调制信号如调幅、调频、调相以及相应的 ASK、FSK 等简单的数字调制信号, 用示波器(图2-1)或频谱仪(图2-2)就可以分析其与调制有关的参数。但当今我们所遇到的射频信号, 往往是复杂的数字调制信号, 如 GSM、CDMA、3G、4G 信号, 或频率、幅度、相位在宽频带内快速变化的信号, 如跳频信号、雷达信号、超宽带通信信号等, 还有许多近场通信(NFC)信号, 如 RFID、ZigBee 等。对这些信号, 仅从时域和频域上进行分析是远远不够的, 必须在调制域进行分析, 才能得到信号的全貌。

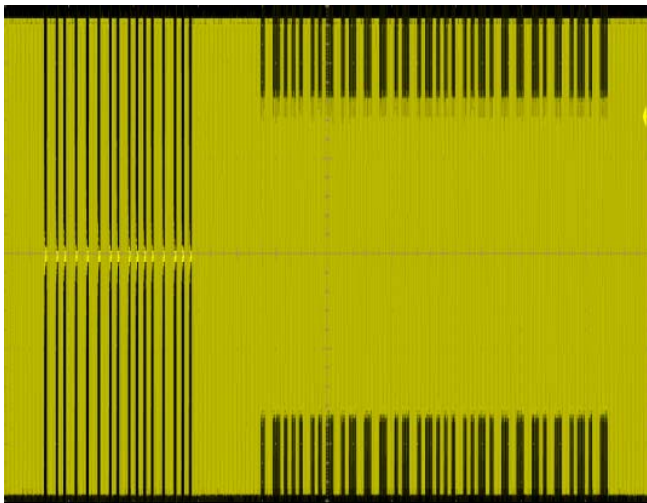


图 2-1. 用示波器测试 ASK 信号

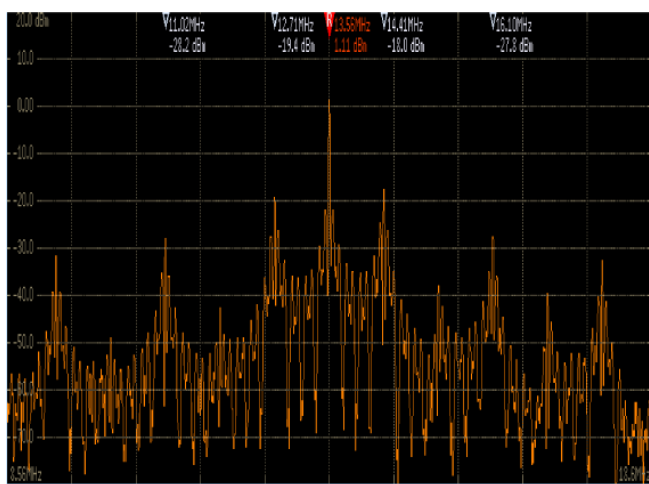


图 2-2. 用频谱仪测试 ASK 信号

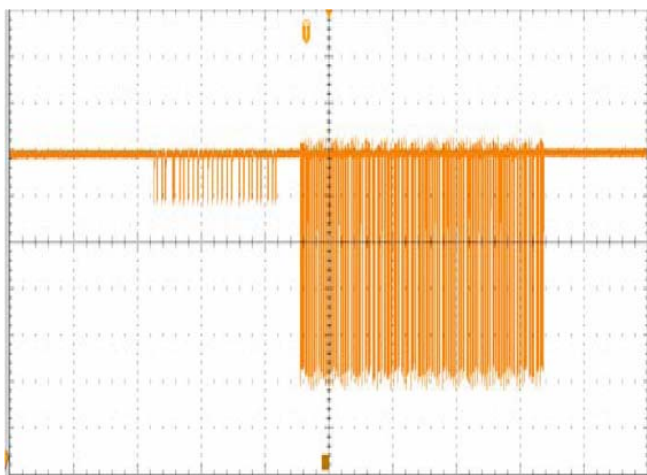


图 2-3. ASK 信号幅度随时间变化曲线

简单信号的调制域分析可以通过射频信号的幅度、频率或相位随时间变化的曲线进行分析(图 2-3),而复杂的数字调制信号的调制域分析又称矢量信号分析,这种分析利用 I、Q 星座图,对复杂数字调制信号的调制域参数进行测试。矢量信号分析可以通过软件完成,即矢量信号分析仪的界面都可以脱机运行,因此用示波器或频谱仪对信号进行采集,然后用矢量信号分析软件进行分析,是一种低成本、行之有效的方法。

用示波器采集射频信号的好处是带宽宽,目前市面上的示波器的采样率已经达到 100GHz,因此其采集带宽理论上可以达到 50GHz,如果不考虑价格因素,应该比较好的调制域宽带分析方案。但用示波器采集射频信号,存在两个严重的问题,一是示波器是针对时域测试设计的,它的前端未对输入信号进行任何诸如选频之类的处理,因此采集信号的信噪比较差。最主要的是示波器的动态范围较低,通常只有 45dB 左右,根源在于示波器的 AD 转换仅有 8 位。

频谱仪或矢量信号分析仪具有较高的射频指标,内置矢量信号分析功能,但由于其高指标射频前端的限制,射频信号的采集带宽受限,目前最好的矢量信号分析仪的采集带宽也低于 200MHz,而现代超宽带通信系统的带宽往往大于 500MHz,频谱仪或矢量信号分析仪在这方面无法满足测试需求。

泰克公司创新的 MDO4000 混合域分析仪具有示波器和频谱仪的硬件,特别是其频谱仪的硬件,高速采集射频信号后进行 FFT 频谱分析,其射频前端兼顾了频谱仪或矢量信号分析仪的高指标,又具备示波器的大带宽,同时具有优异的性价比,是矢量信号分析仪的最佳补充。MDO4000 的动态范围达 60dB 以上,大大高于示波器,其采集带宽大于 1GHz,在某些条件下,可以达 3GHz,射频信号存储深度达 79 毫秒,与泰克 RSAVu 或 SignalVu 矢量信号分析软件配合,可以满足 6GHz 以下多种矢量信号分析需求。

三. 泰克 RSAVu 矢量信号分析软件

泰克 RSAVu 矢量信号分析软件可以在 PC 上离线分析泰克 MDO4000 混合域分析仪及泰克实时频谱分析仪(RTSA)捕获的数据,该软件为用户提供了泰克 RSA3000 系列实时频谱分析仪完全相同的分析功能。该软件还支持远程接口,可以在自动测试环境中执行数据分析。用户可以以编程方式加载 MDO 或 RSA 数据文件,提取解调参数,最大限度地减少一致性测试和应力测试所需的时间。

调制域分析

泰克 RSAVu 矢量信号分析软件支持全部商用标准,包括模拟解调分析、通用数字调制分析、相噪测试、W-CDMA、HSUPA、HSDPA、GSM/EDGE、CDMA2000 1x、CDMA2000 1xEV-DO

RFID、IEEE 802.11 a/b/g/n WLAN、IEEE 802.15.4 OQPSK (Zigbee)、P25 (C4FM 信号分析)。

特别需要指出的是,泰克公司 RSA3000 实时频谱分析仪是国内全部 RFID 认证实验室必配的 RFID 信号符合性测试的标准测试仪器,因此 RSAVu 矢量信号分析软件可以满足目前全部 RFID 标准的符合性测试需求。由于泰克 RSA3000 实时频谱分析仪已经停产, MDO4000+RSAVu 是 RSA3000 的最佳替代产品。

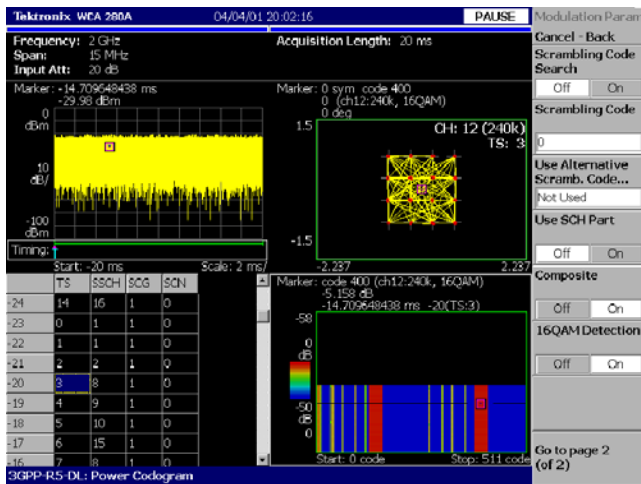


图 3-1. RSAVu 测试 16 QAM 信号

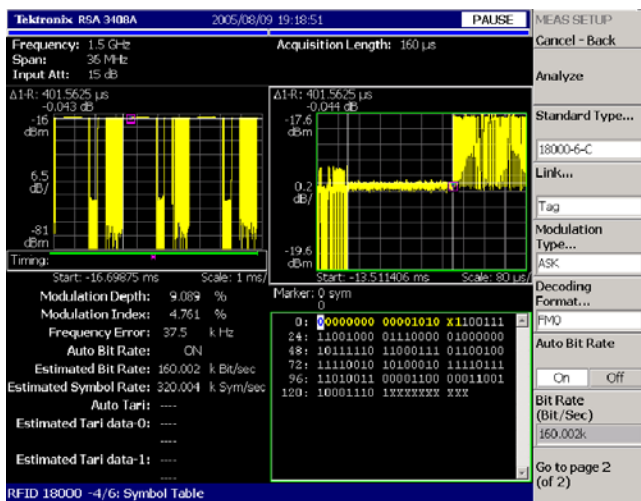


图 3-2. RSAVu 测试 RFID 1800-6C 标准

四. 泰克 SignalVu-PC 矢量信号分析软件

泰克 SignalVu-PC 矢量信号分析软件可以在 PC 上离线分析泰克 MDO4000 混合域分析仪及泰克实时频谱分析仪 (RTSA) 以及其它泰克示波器所捕获的数据,该软件为用户提供了泰克 RSA5000 和 RSA6000 系列实时频谱分析仪完全相同的分析功能。与 RSAVu 相比,泰克 SignalVu-PC 矢量信号分析软件界面更加友好,分析功能更为强大。

泰克 SignalVu-PC 矢量信号分析软件,具有雷达信号自动分析功能,可以通过简单的设置,把 27 个雷达脉冲参数自动测量出来,这些测试项目包含了雷达测量里面所有的通用测试项目,有频域的,时域的,还有调制域的,同

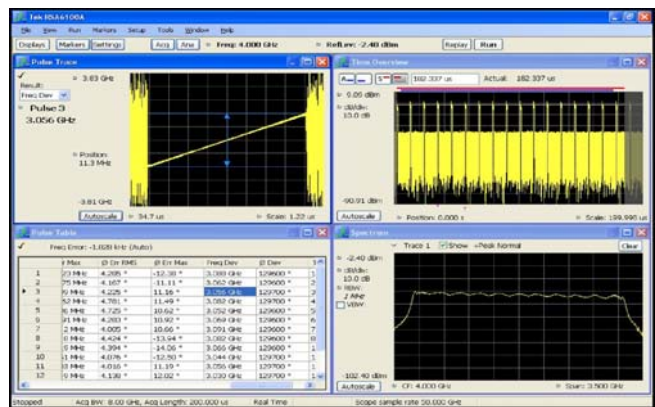


图 4-1. SignalVu-PC 对线性调频雷达信号的分析

时里面还有许多是已往测量仪器和测试手段无法进行测量的项目,如脉冲到脉冲的相位,脉冲到脉冲的频率,频率偏差,频率误差,相位偏差,相位误差等。尤其是相位信息的测量,因为相位信息在雷达信号分析中的低位是非常重要的。

与 RSAVu 相比,泰克 SignalVu 分析功能更为强大,设置参数更为灵活,因此其更面向研究领域。RSAVu 支持多种通信标准测试,选中相应的测试标准,无需进行复杂的参数设置就可以得到相应的测试结果。

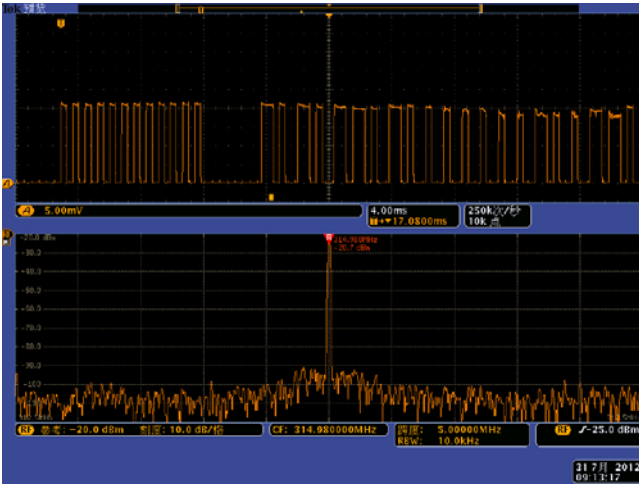


图 5-1-1

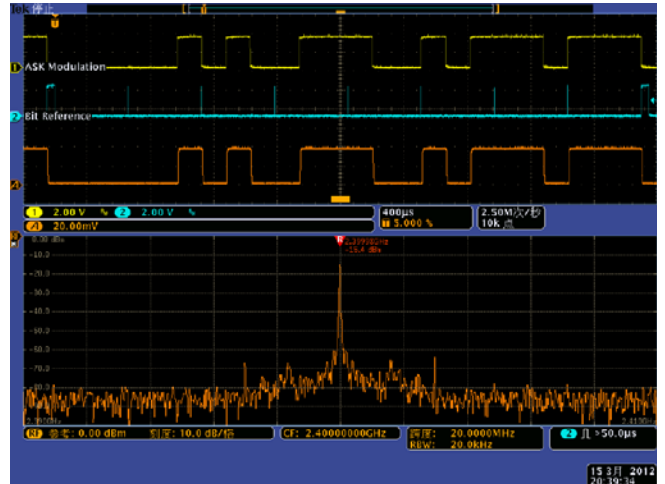


图 5-1-2

五. MDO4000 调制域分析应用案例

1. 简单调制信号分析

简单调制信号主要包括 ASK, FSK, PSK 等简单的数字调制信号, 它们在汽车电子、医疗电子、安防、无线抄表领域得到广泛应用。简单数字调制系统的调测, 重点在基带电路, 示波器将是主要的测试仪器, 但根据测试规范, 频谱指标也必须测试, 调制特性也是需要考虑的因素。

MDO4000 集示波器、频谱仪功能于一身, 非常适于这类应用。MDO4000 本身具有射频信号对时间光迹的功能, 可以显示射频信号的幅度 / 频率 / 相位随时间变化的规律, 对 ASK、FSK、PSK 信号, 可以直观地将波形显示出来, 利用示波器内置的多种测试功能, 可以测量上述信号的幅度、周期、占空比、上升 / 下降沿等参数。一机在手, 解决全部问题!

我们首先看一个 ASK 调制信号的实例(图 5-1-1), 该例子为汽车遥控钥匙的频谱与 ASK 调制波形。在幅度随时间变化的调制域波形中, 我们可以清晰地看到导码与数据之间的关系。在做 ASK 信号分析时, MDO4000 的跨域分析特性也极具优势, 图 5-1-2 示意出 ASK 信号的基带、时钟、射频调制波形与频谱之间的关系。

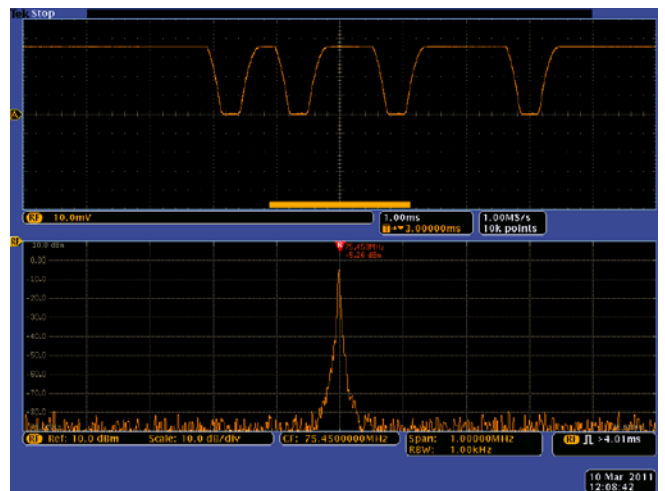


图 5-1-3

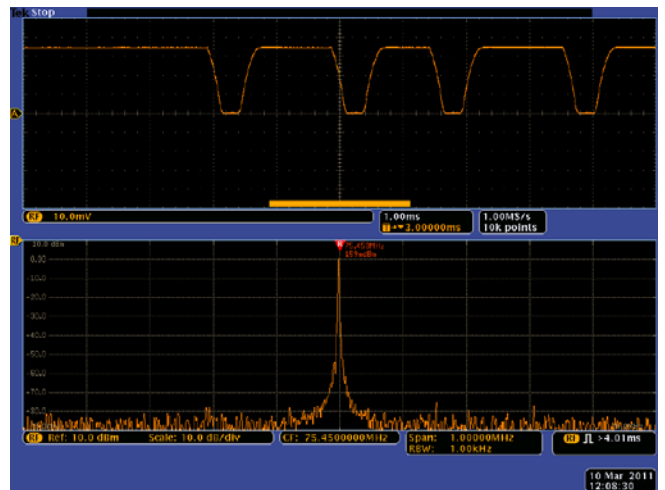


图 5-1-4

图 5-1-3 和图 5-1-4 示意出遥控玩具车的控制信号, 由于遥控玩具的射频发射功率较低, 对遥控信号的频域和时域指标要求不高, 但 ASK 的控制码不能出错, 否则将无法实现遥控。图 5-1-3 中第二个脉冲为窄脉冲, 当遥控杆向上扳时, 第二个脉冲变为图 5-1-4 的宽脉冲, MDO 在测试遥控信号频谱的同时, 验证了遥控码的正确。

调制域分析

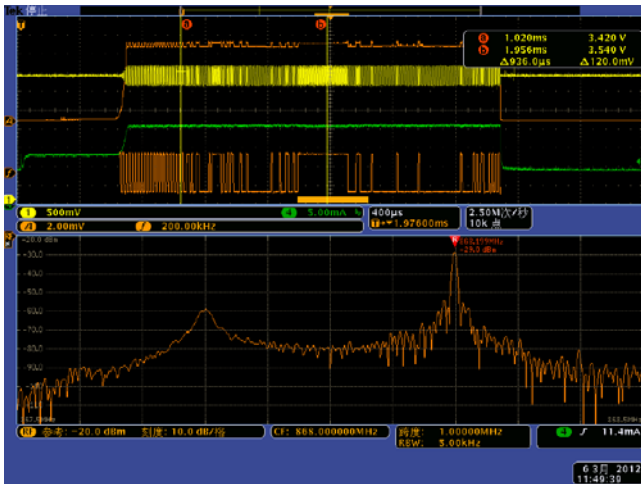


图 5-1-5.

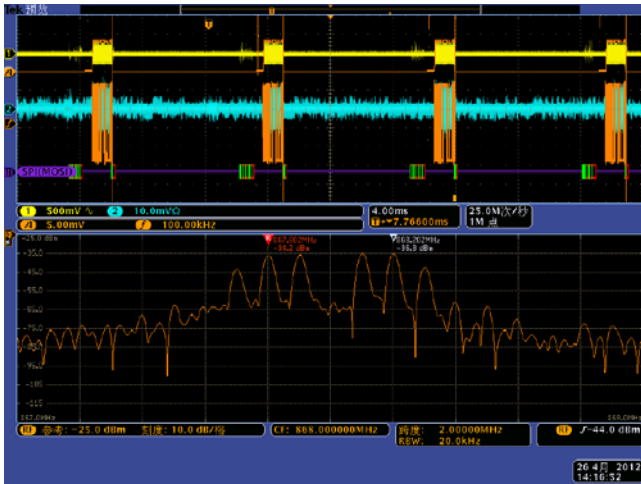


图 5-1-6.

接下来我们看几个FSK的实例，FSK调制比ASK的应用更为广泛，因为这种调制更不易受外界干扰的影响，因此在汽车胎压监测、安防、无线抄表及心脏起搏器等对抗干扰要求更高的场合得到广泛应用。

图5-1-5为胎压监测实例，图中下半部分为FSK频谱显示，上半部分橙色曲线为射频信号频率随时间变化的曲线，该曲线可以清晰地显现FSK的数字码。为了充分发挥MDO的跨域分析功能，在测试时将电压（黄色曲线）和电流（绿色曲线）信号接入到示波器通道，可以发现，在射频信号发出时，电压信号的纹波陡然增大。

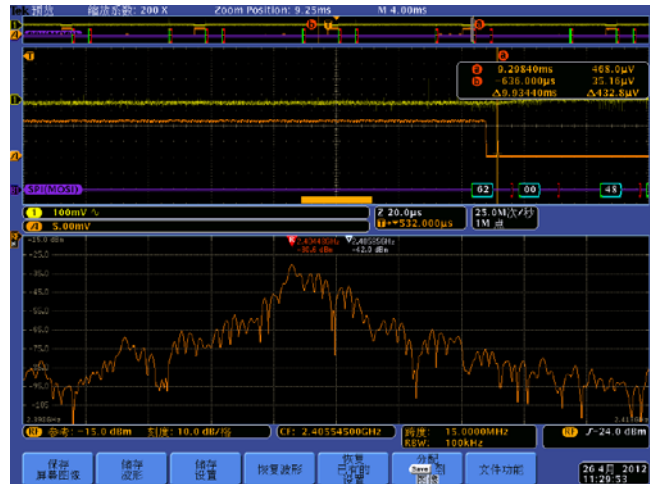


图 5-1-7.

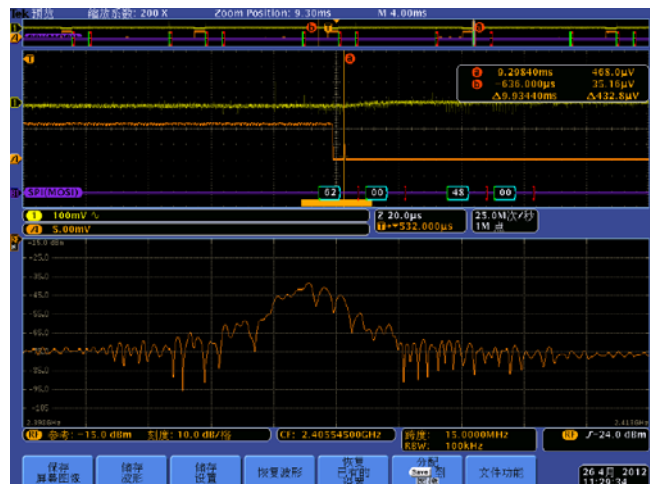


图 5-1-8.

图5-1-6~图5-1-8为无线抄表测试实例，同样在测试射频信号的频谱的同时，测试了FSK码流变化的情况。图中黄色曲线仍然是电压信号，蓝色曲线为电流信号，电压纹波在FSK发射时依然陡增。除了电压电流信号，我们还接入了SPI总线控制信号，可以发现，该FSK码流是在SPI总线的控制下发射与中断的。在验证射频指标和FSK码流的同时，我们还能发现该系统潜在的问题。在图5-1-7中，频谱分析时间框设定在FSK发射的中间部分，频谱底噪正常，但当频谱分析时间框设定在FSK刚刚中断发射时，从频谱上可以看出底噪抬升了30dB。

频率	低频	高频	超高频		微波
	125.124KHz	13.56MHz	433.92MHz	860~960MHz	2.45GHz
识别距离	<60cm	~60Cm	50~100	~3.5m~5m(P) ~100m(A)	~1m以(P) ~50m(A)
一般特性	- 比较高价 - 几乎没有环境变化引起的性能下降	- 比低频低廉 - 适合短识别距离和需要多重标签识别的应用领域	- 长识别距离 - 实时跟踪、对集装箱内部湿度、冲击等环境敏感	- 先进的IC技术使最低廉的生产成为可能 - 多重标签识别距离和性能最突出	- 特性与900MHz类似 - 受环境的影响最多
运行方式	无源型	无源型	有源型	有源型 / 无源型	有源型 / 无源型
识别速度	低速<————>高速				
环境影响	迟钝<————>敏感				
标签大小	大型<————>小型				

表 5-2-1

2. RFID 标准符合性测试

RFID是一种低功耗的短程无线通信技术,全称为“Radio Frequency Identification(射频识别)”。RFID系统的组成一般至少包括两个部分:电子标签(英文名称为Tag)和读写器(英文名称为Reader/Writer或Interrogator)。电子标签中一般保存有约定格式的电子数据,在实际应用中,电子标签附着在待识别物体的表面。读写器可无接触地读取并识别电子标签中所保存的电子数据,从而达到自动识别物体的目的。进一步通过计算机及计算机网络实现对物体识别信息的采集、处理及远程传送等管理功能。

RFID使用的频率从低频到微波,各频段有各自的应用领域。表5-2-1和表5-2-2使用出RFID的使用频段及应用领域。

国际标准化组织针对不同频段的RFID制定了相应的标准如表3-2-3,可见,RFID标准是很繁多的,RFID读卡器、标签的设计及测试,都要以相应的标准为依据。

RFID标签的测试以物理性能测试及网络性能测试为主,不在我们讨论的范围,而RFID读卡器的调测及标准符合性测试,则是我们讨论的重点。

区分	领域	主要内容	适用技术
物流 / 流通	制造业	附着在部件, TQM 及部件传送(JIT)	915MHz
	物流管理	随着在 palette、货物、集装箱等。降低费用及提供配送信息, 收集 CRM 数据	433MHz
	支付	需要注油、过路费等非现金支付时自动计算费用	13.56MHz
	零售业	商品检索及陈列场所的检索, 库存管理, 防盗, 特性化广告等	915MHz
	装船 / 受领	附着 palette 或集装箱、商品, 缩短装船过程及包装时间	433MHz
健康管理 / 食品	仓储业	个别货物的调查及减少发生错误, 节省劳动力	915MHz
	制药	为了视觉障碍者, 在药品容器附着存储处方、用药方法、警告等信息的 RFID 标签, 并通过识别器把信息转换成语音, 并进行传送	915MHz
	健康管理	防止制药的伪造和仿造, 提供利用设施的识别手段, 附着在老年性痴呆患者的收容设施及医药品 / 医学消耗品	915MHz
确认身份 / 保安 / 支付	畜牧业流通管理	家畜出生时附着 RFID 标签, 把饲养过程及宰杀过程信息存储在中央数据库里	125MHz 134KHz
	游乐园 / 活动	给访客附着内置 RFID 芯片的手镯子或 ID 标签, 进行位置跟踪及防止逃儿, 群体间位置确认服务	433MHz
	图书馆、录像带租赁店	在书和录像带附着 RFID 芯片, 进行借出和退还管理, 防止盗窃	13.56MHz 915MHz
	保安	用作个人 ID 标签, 防止伪造, 确认身份及控制出入, 跟踪对象及防止盗窃	2.45GHz
运输	接客业	自动支付及出入控制	13.56GHz
	交通	在车辆附着 RFID 标签, 进行车辆管理(注册与否、保险等)及交通控制实时监控管理大众交通情况	433MHz 915MHz 2.45GHz

表 5-2-2

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
	ISO 10374	自动标识
货运集装箱	ISO 18185	安全电子封印
	ISO/IEC 18000-1	参考结构
	ISO/IEC 18000-2	135kHz 以下的空中接口
	ISO/IEC 18000-3	13.56MHz 时的空中接口
	ISO/IEC 18000-4	2.45GHz 时的空中接口
	ISO/IEC 18000-6	860MHz~960MHz 时的空中接口
	ISO/IEC 18000-7	433MHz 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
近场通信	ISO/IEC 18092	近场通信接口和协议

表 5-2-3

调制域分析

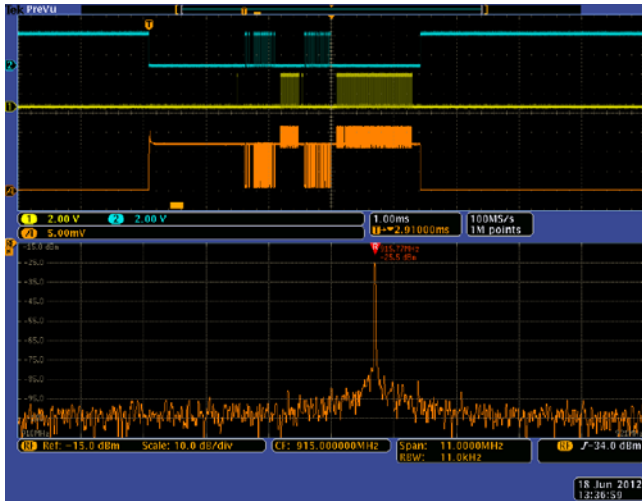


图 5-2-1

RFID 读卡器是高度集成的嵌入式射频系统，MDO 的跨域分析功能，能够更好地体现控制信号与射频信号间的时序关系，在 RFID 读卡器调测中非常有用。图 5-2-1 为 RFID 读卡器调测实例，图中下半部分为 RFID 信号频谱，上半部分中，黄色信号为读时钟，蓝色信号为发射控制，低电平时读卡器射频发射，发射的数据也通过该信号叠加上去。上半部分中的橙色信号为射频信号的幅度随时间的变化曲线，通过该曲线，我们很可以轻松地看到读卡器与标签信号间的握手过程，以及这些过程与相应的控制信号之间的关系。

将图 2-2-1 中的射频信号存储为 TIQ 格式的原始 IQ 数据后，就可以利用 RSAVu 矢量信号分析软件调用，然后对该 RFID 信号进行标准符合性测试(图 5-2-2)

所谓标准符合性测试，是按照表 5-2-3 相应的标准对 RFID 读卡器或系统进行符合性验证。由于 RFID 信号是突发的微功率信号，传统的频谱仪或矢量信号分析仪都必须将信号采集下来后再进行分析，MDO4000 + RSAVu 是很好的解决方案。

图 5-2-3 示意出 RFID 标准符合性测试的内容，图 5-2-4 为相应的 RFID 信号的功率随时间变化的波形图。在这两个图中，分别标有绿色、蓝色和灰色的框，代表时域、调制域和频域的测试项目，MDO4000 本身就包含示波器、频谱仪和调制域分析的功能，非常适合进行 RFID 标准符合性测试。利用 RSAVu 矢量信号分析软件对 MDO 采集的 RFID 射频信号进行分析，可以测试图 3-2-3 中全部指标，RSAVu 也支持全部 RFID 标准，并且支持用户自定义的标准。

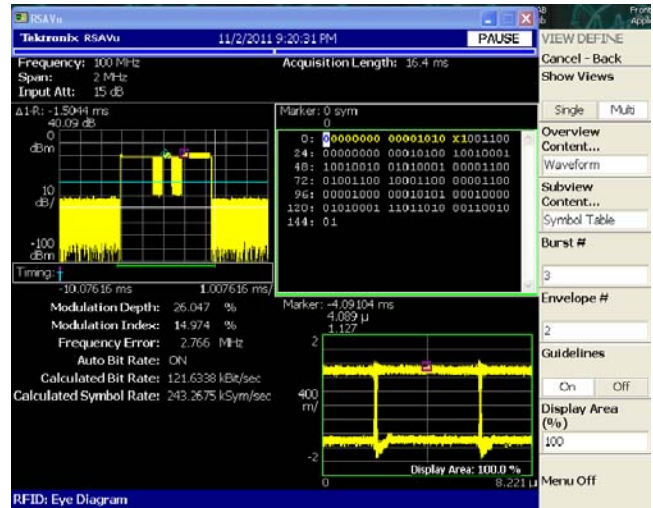


图 5-2-2

测量菜单	测量项目
载波	<ul style="list-style-type: none"> 载频 OBW (占用带宽) EBW (辐射带宽) 最大 EIRP (有效全向放射功率)
杂散信号	<ul style="list-style-type: none"> 杂散信号
ACPR	<ul style="list-style-type: none"> ACPR (邻道泄漏功率比)
开机/关机	<ul style="list-style-type: none"> 传输开机/关机上升时间/下降时间 稳定时间 过冲 下冲
RF 包络/FSK 脉冲	<ul style="list-style-type: none"> 开/关宽度 占空比 开/关纹波 上升时间/下降时间
星座图	<ul style="list-style-type: none"> 调制深度
眼图	<ul style="list-style-type: none"> 调制指数
符号表	<ul style="list-style-type: none"> 频率误差 误码率 Tari

图 5-2-3

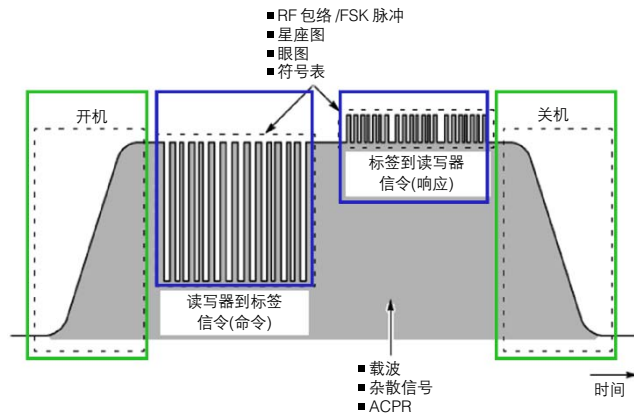


图 5-2-4

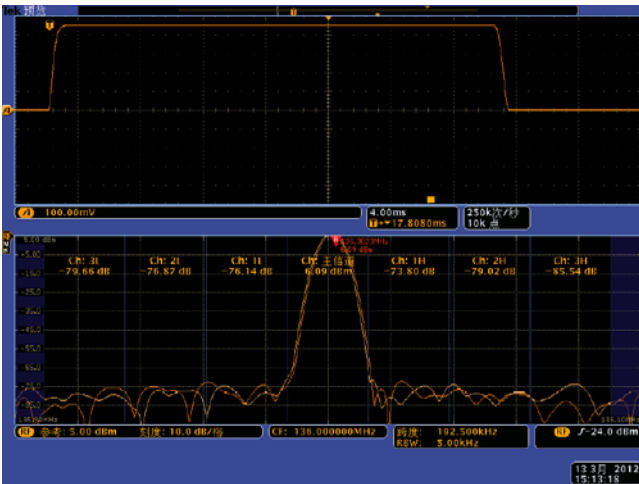


图 5-3-1

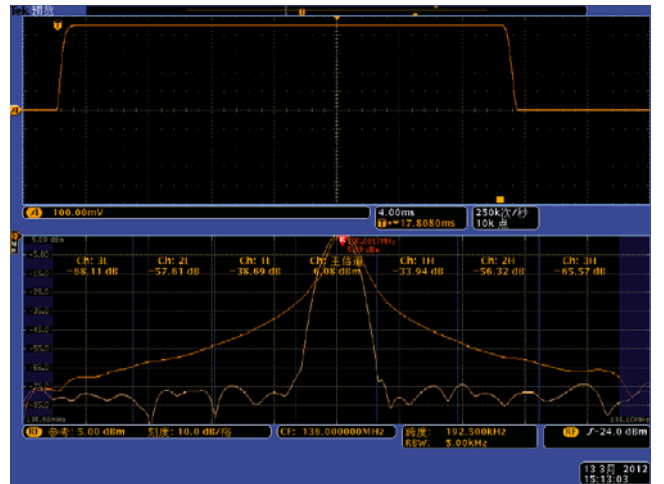


图 5-3-2

3. 商用通信信号分析

商用通信信号主要指现有通信体制如GSM、CDMA、W-CDMA、WLAN等，在这种情况下，MDO 仅采集射频信号，但跨域分析特性将使MDO可以分析射频信号与基带控制信号的关系。此外，对TDMA信号，MDO 射频幅度随时间变化曲线不仅显示出时隙功率，还可以方便地测试时隙开启可关闭瞬间的频谱。

图5-3-1为数字对讲机某个时隙的频谱，由于上半部分中的频谱分析时间位于时隙的中间，下半部分中的频谱测试的ACPR 指标正常。但当频谱分析时间位于时隙的关闭阶段时，ACPR 指标严重劣化(图5-3-2)。

对一般的商用通信信号，可以用RSAVu对MDO采集的射频信号进行分析，这在图3-1中已经示意，在此不再赘述。

由于MDO 具有大于1GHz的采集带宽，而SignalVu-PC的分析带宽没有限制，因此利用MDO进行宽带采集后，一个带宽内可能存在多个信号，SignalVu-PC可以设定分析中心频率，对采集到的多个信号逐一分析。

图5-3-3为利用SignalVu-PC对MDO采集的宽带射频信号进行分析的实例，在右下角频谱显示中，存在中心频率在1.7GHz的CDMA信号及中心频率在2.4GHz的WLAN信号。在分析时，首先将粉色光标移动到2.4GHz处，设定OFDM参数后，得到2.4GHz WLAN信号测试结果。MDO一次采集，SignalVu强大的分析功能可以分别进行分析。

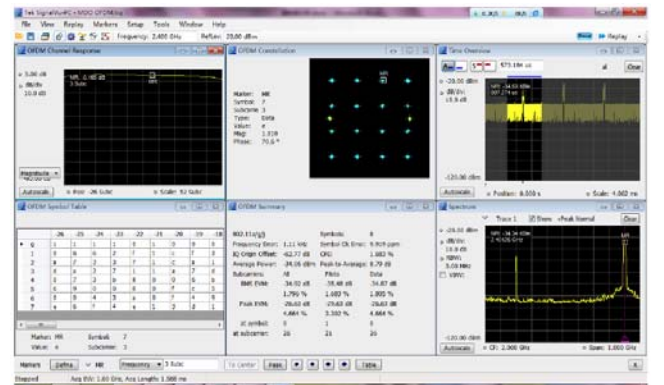


图 5-3-3

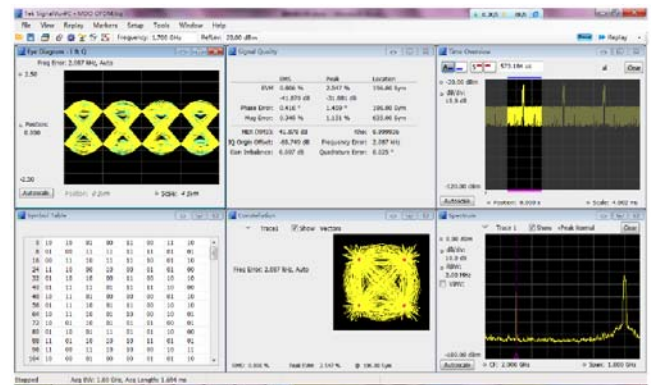


图 5-3-4

图5-3-4将粉色光标移动到1.7GHz处，设定QPSK参数后，得到CDMA信号测试结果。MDO一次采集，SignalVu强大的分析功能可以分别进行分析。

调制域分析

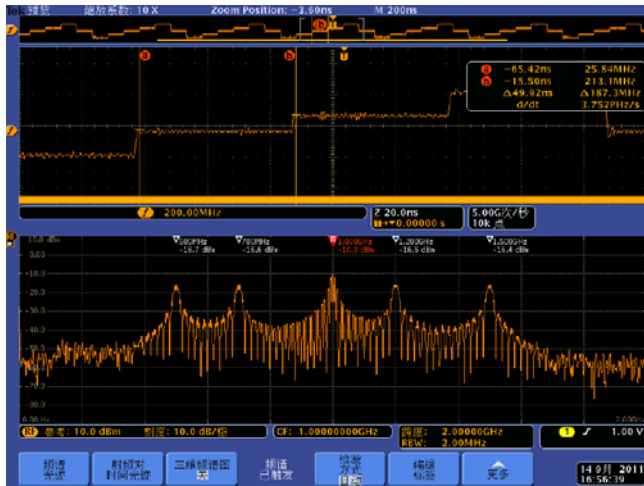


图 5-4-1

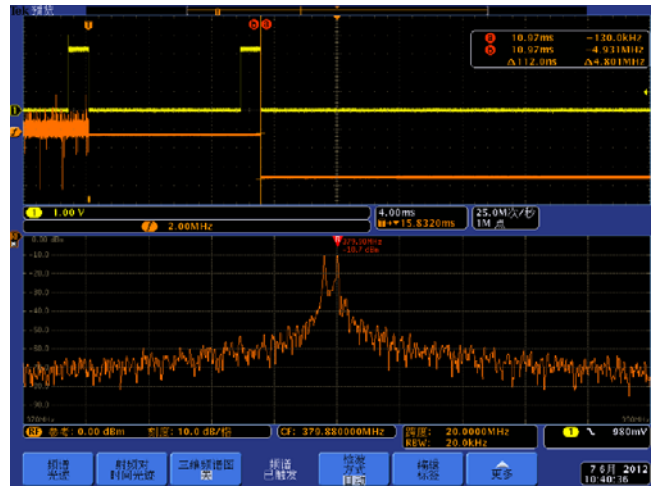


图 5-4-3

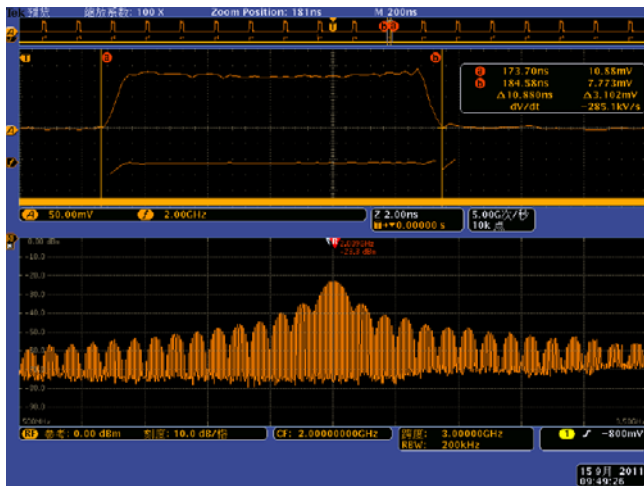


图 5-4-2

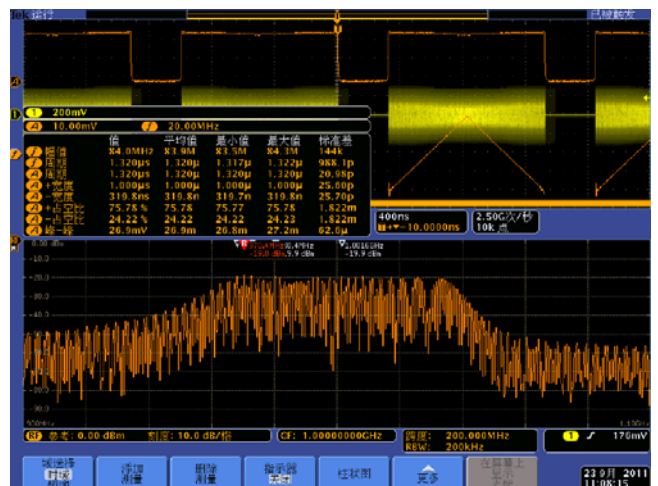


图 5-4-4

4. 超宽带信号分析

超宽带信号包括宽带跳频、宽带雷达及其它超宽带通信信号。MDO 射频采集带宽大于 1GHz，采样率为 10GB/S，因此对 500ps 的脉宽及每秒十亿跳的跳频都可以进行分析。MDO 内置的射频信号幅度 / 频率 / 相位随时间的变化曲线可以轻松显示出雷达信号的脉冲特性及脉内频率 / 相位特性。图 5-4-1 为 MDO 实测的 5 跳频点的跳频信号，每个跳频点持续时间 50ns，MDO 可以非常准确地进行测试。图 5-4-2 为 MDO 实测 10ns 脉宽、重复周期为 100ns 的雷达信号，MDO 不仅能够准确测试 10ns 脉宽，还能解调脉内频率随时间的变化。

无论进行雷达信号测试还是跳频信号测试，MDO 宽带调制域分析与跨域分析配合，可以协同发现系统潜在问题，并对射频与基带信号之间的时序关系进行测试。图 5-4-3 为实测跳频信号，因为嵌入式程序的一个 BUG，控制跳频的触发脉冲多了一个，导致系统多了一个持续 10ms 左右的一个跳频状态。这个例子已经在《MDO4000 系列混合域分析仪应用之一——跨域分析发现当代数字射频系统疑难杂症的创新手段》，在此不做赘述。

图 5-4-4 为利用 MDO 实测双线性调频雷达信号，线性跳频带宽为 100MHz，雷达信号载频 1GHz，因此射频信号既接入到射频通道，又接入到 MDO 示波器通道 1 中，由此可以对比看出射频脉冲和调制域脉冲包络的对应关系，利用示波器内置的多种测试功能，可以测试调制域脉冲包络参数及线性跳频参数。

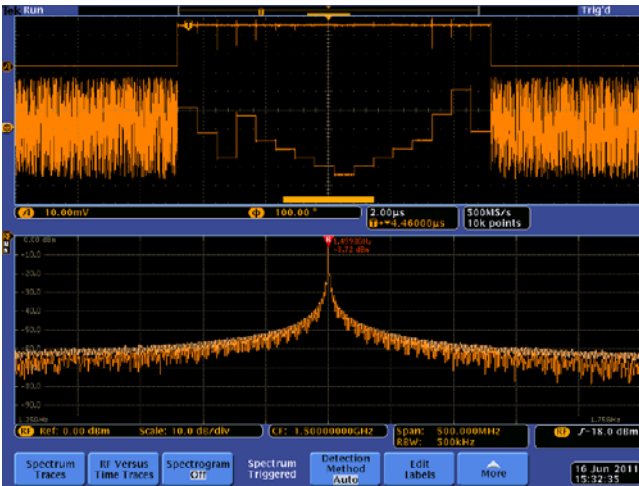


图 5-4-5

图 5-4-5 为 MDO 实测脉内相位编码调制雷达信号，MDO 调制域中的相位波形直观地显示出相位编码。图 5-4-6 为典型的雷达系统跨域分析，图中显示了 30us 脉宽，500MHz 带宽的线性跳频雷达系统的工作情况，橙色曲线为射频信号他调制域脉冲包络和线性跳频特性，黄色脉冲为控制雷达发射的触发信号，蓝色方波为控制雷达接收的门信号，粉色脉冲为控制雷达接收的触发信号，图中左下角为利用示波器内置的测试功能，测试各种信号参数及时序关系的结果。

当然，本节中 MDO 实测射频信号，都可以转存为 TIQ 文件用 SignalVu-PC 打开，利用该软件的分析功能进行测试。图 5-4-7 为 SignalVu 软件分析 MDO 采集的雷达信号实例，该软件可以测试 27 向雷达参数，本例中存在两类雷达脉冲，一类线性调频带宽为 500MHz，另一类为线性调频带宽 250MHz。



图 5-4-6

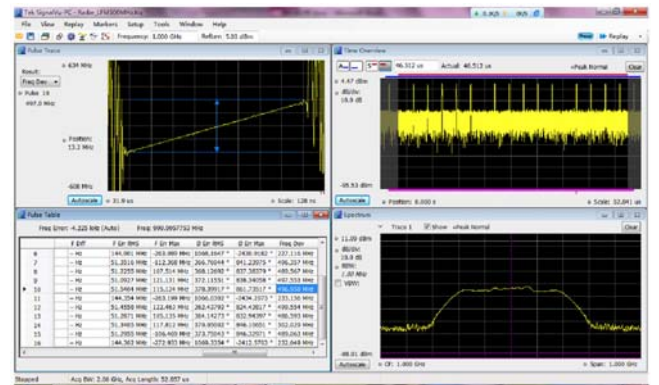


图 5-4-7

总结

MDO 宽带调制域分析与跨域分析配合使用，可以解决传统手段不能解决的问题。MDO 与泰克 RSAVu 或 SignalVu 矢量信号分析软件协同工作，可以满足宽带高性能矢量信号分析的要求。

请立即联系泰克授权一级分销商：

北京东方中科集成科技股份有限公司
 服务电话：400-650-5566
 网 址：www.jicheng.net.cn