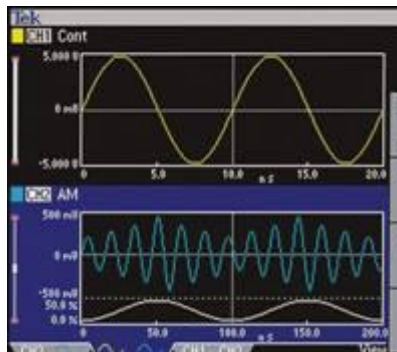


数字,模拟,射频以及用户自定义信号的模拟和产生



曾志

泰克科技（中国）有限公司

信号源类型

- 频域和时域信号源
 - RF信号发生器
 - 扫频源
 - 频率综合源
 - 噪声发生器
 - 脉冲发生器
 - 数据、码型发生器
 - 函数发生器
 - 任意函数发生器
 - 任意波形发生器
- 基于DDS的任意波形发生器：高性能、易用的全能信号源

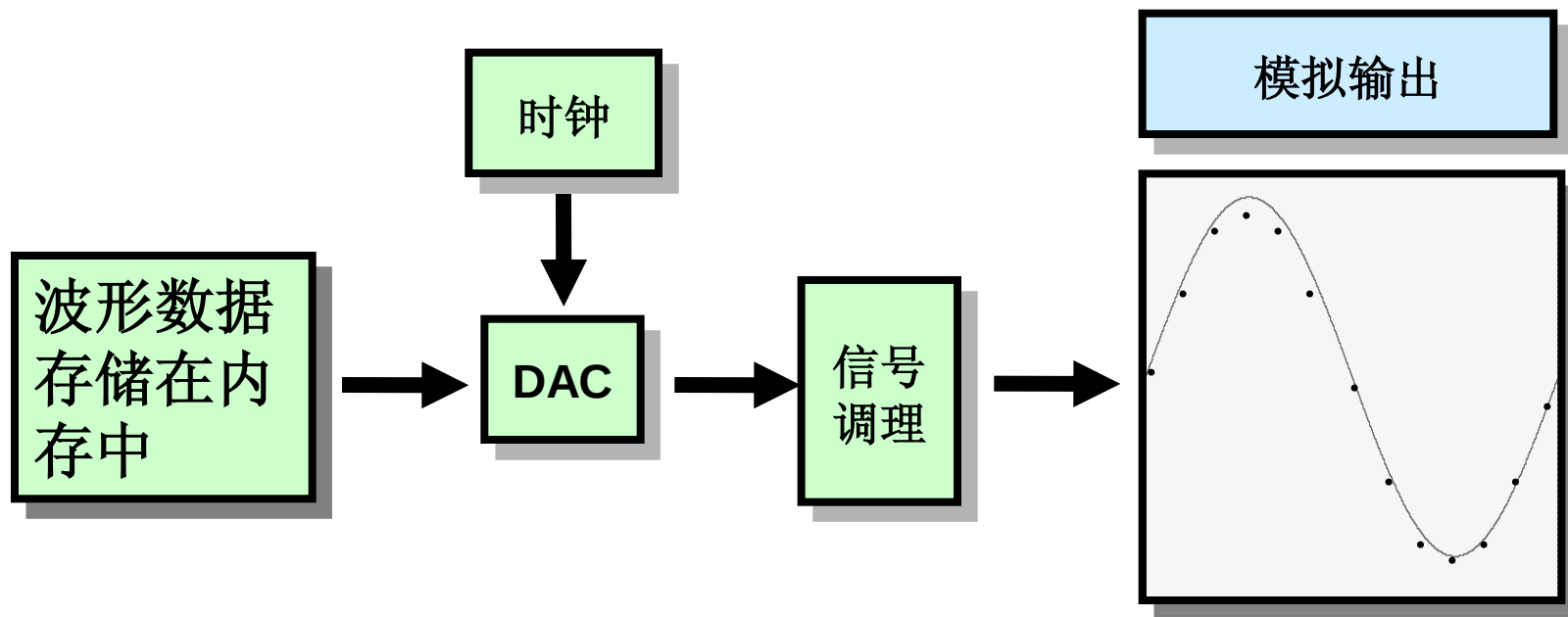
任意波形发生器——一种在未来不可或缺的信号源

- 任意信号发生器的几个用途
 - 产生基带IQ信号
 - 产生中频/射频信号
 - 混合模拟/数字测试
 - 产生多路信号
 - 替代一些传统信号源（如函数信号产生器）
 - 替代一些定制信号源（如特殊脉冲发生器、雷达模拟信号，低频相位标准等）
- 任意信号发生器能输出“现实世界”各种信号
 - 信号加扰的产生:插入噪声、毛刺、交调等
 - 模拟复杂的信道



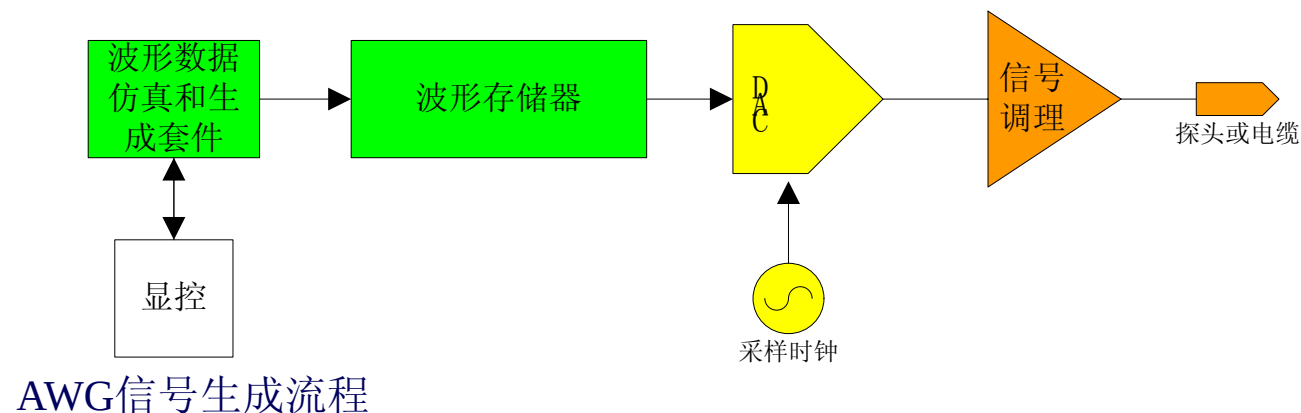
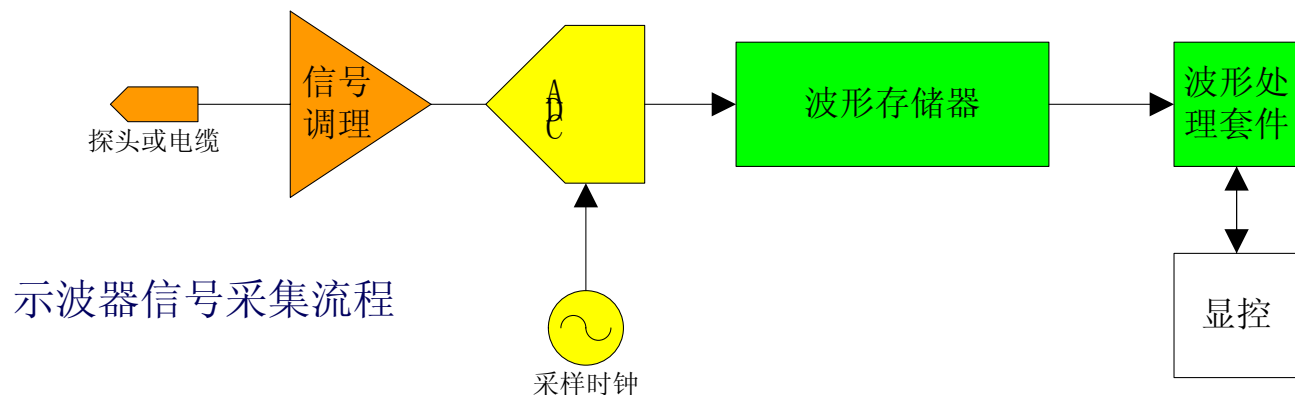
AWG如何生成波形？

- AWG生成波形类似于CD播放器
 - 存储在光盘上数字信息被读出，转换成模拟波形最后通过扬声器输出。



AWG工作原理

- AWG可以被认为是示波器(信号分析仪)的逆过程



示波器可以捕获任何其指标范围内的信号

AWG可以产生任何其指标范围内的信号

新一代数字RF仿真和分析平台

AWG7000C: 全球首屈一指的任意波形发生器

AWG7000C	AWG7122C		AWG7082C	
采样率	12 GS (24GS by Interleave)		8 GS	
输出上升时间/带宽（3dB）	35 ps,7.5GHz (option 02 /06)		NA	
最高序列长度	16,000			
垂直分辨率	8bit或10bit可选			
波形长度要求	X4 (x8：复用模式)	X4		
最高有效射频输出带宽	9.6GHz@24GS/s	4.8GHz@12GS/s	2.4GHz	2.4GHz
最大波形长度	64M点（AWG7122C复用模式下128M点）			
时延校准范围和精度	±100 ps，1ps步进			
仪器类型	独立式			

AWG5000C: 基带和通用应用

				
	AWG5014C	AWG5012C	AWG5004C	AWG5002C
Maximum Sample rate	1.2GS	1.2GS	600MS	600MS
Maximum Waveform Length	16M points/ch, 32 M points / ch (option)			
Analog Channels	4	2	4	2
Vertical resolution	14 bit			
Digital (Marker) channels	8 (2/ch)	4 (2/ch)	8 (2/ch)	4 (2/ch)
Digital Data output (Ch1 & Ch2)	NA	28 (option)	NA	28 (option)

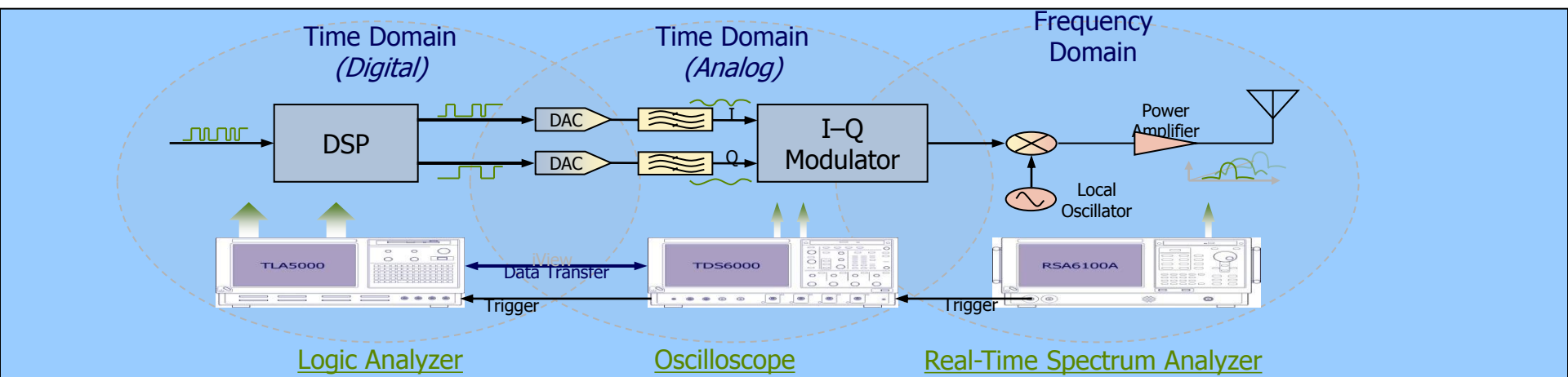
使用AWG产生信号的方法

- 只要能用数学模型表示的信号，只要在AWG的指标范围内，都可以使用AWG来直接生成
- 任何数据生成软件，如Matlab程序、用户自编脚本、泰克提供的专用信号生成工具，甚至写字板等，都可以作为AWG信号数据的来源
- 其它设备采集的数据，如示波器的时域信息、逻辑分析仪的码型或者实时频谱分析仪采集的频域数据均可在AWG上回放
- 内置的高级RF信号生成软件可以直接设置参数生成各种RF信号，方便、快捷

AWG典型应用案例

- 高速串行数据
- 产生用户自定义波形
- 产生任意脉冲信号
- 宽带雷达信号
- 宽带卫星通信信号(数字调制信号)
- 复杂电磁环境信号

应用一：产生高速串行数据信号



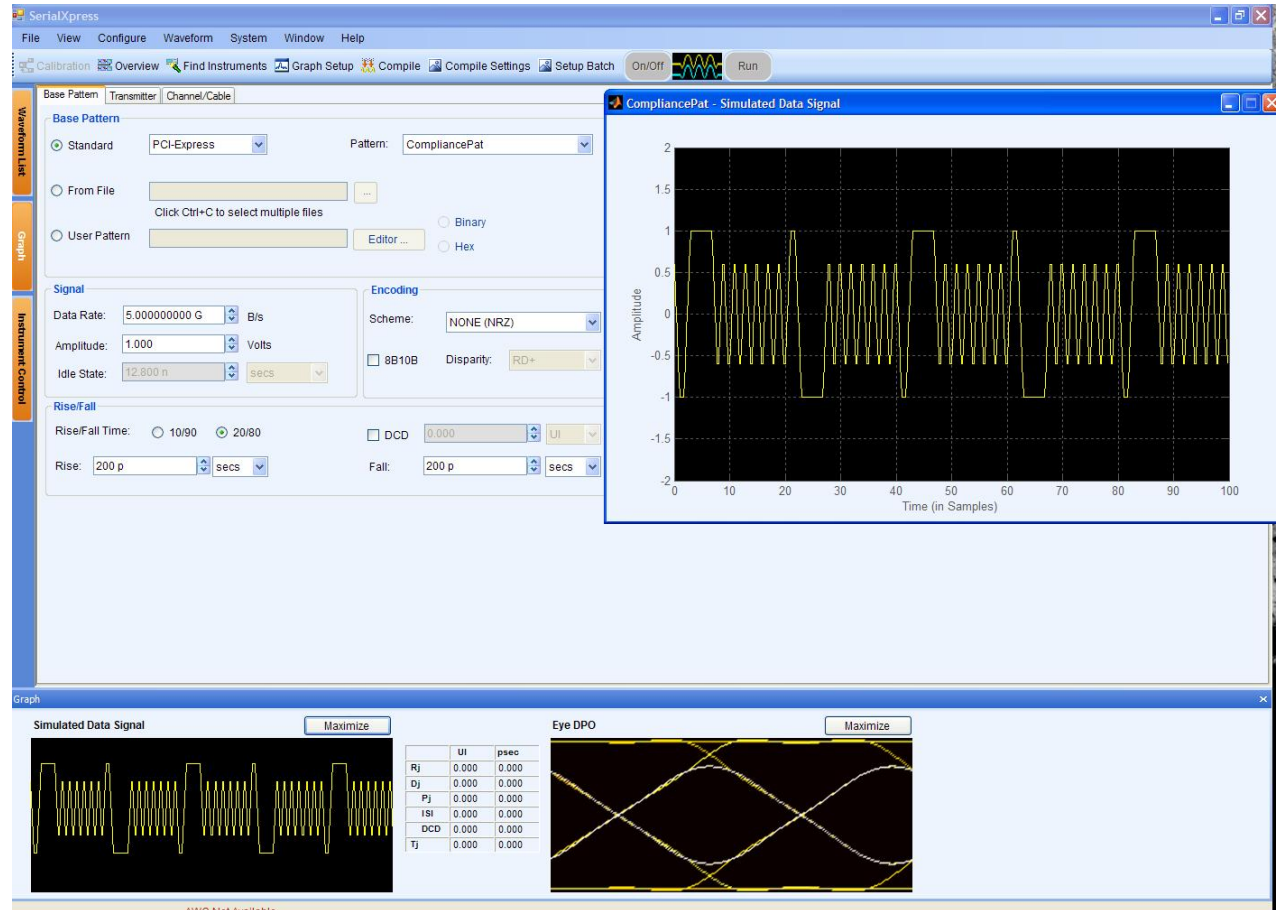
用SerialXpress软件产生高速串行信号

Standard Base Patterns Selections

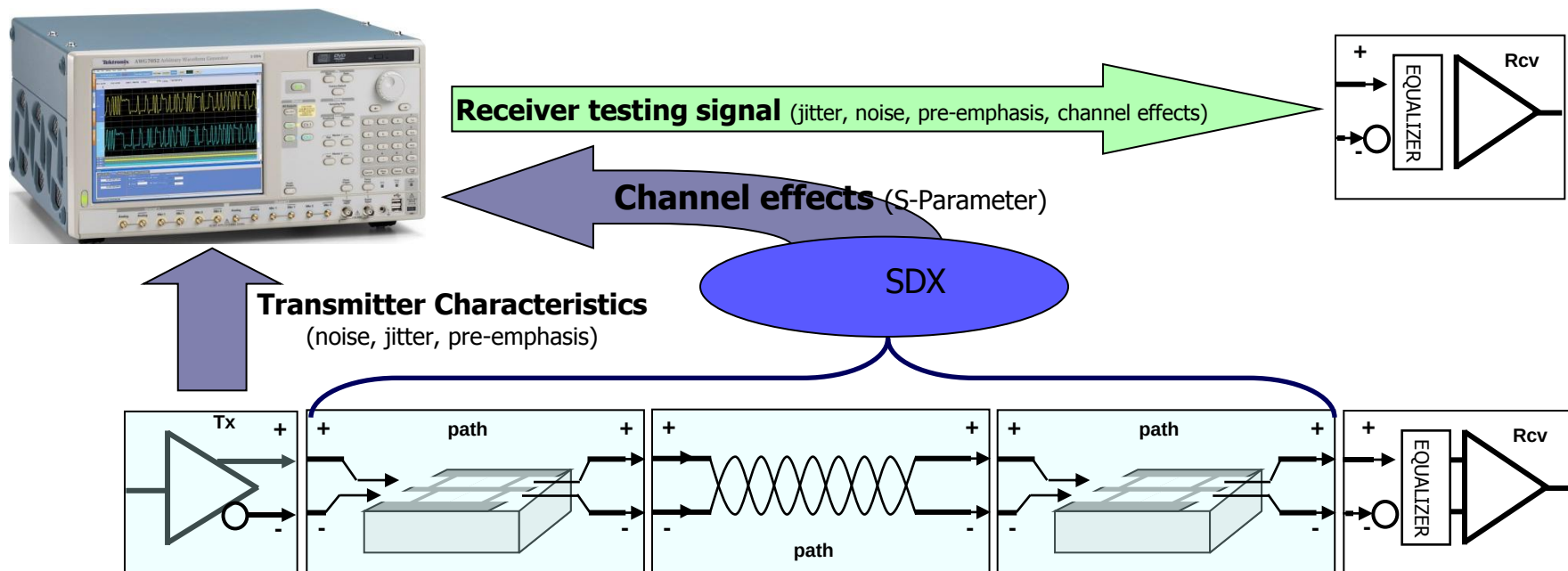
- ▶ SATA
- ▶ SAS
- ▶ HDMI
- ▶ DisplayPort
- ▶ PCIe
- ▶ Fiber Channel

Rise time setting

Graphic simulations of Compiled Data



Direct Synthesis with SerialXpress— Allows for easy, thorough and repeatable receiver testing



Signal Generation (performance)

- ▶ Using Direct Synthesis to "build" analog waveform signals
- ▶ AWG7000 with 24GS/s is the only tool available to build HSSD signal up to 8Gb/s
- ▶ Long memory is required to replicate the complex modulated waveforms

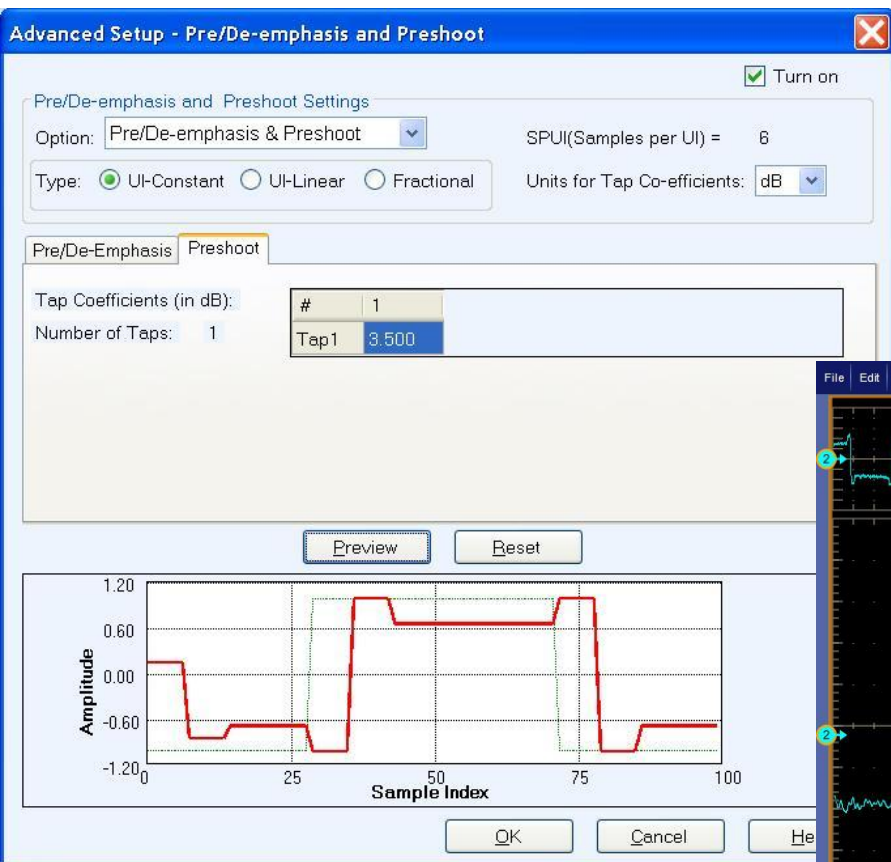
Replication of "Transmitter Characteristics"

- (Functionality & Ease of Use)
- ▶ Replicate "real world" transmitter signals including Jitter, noise pre-emphasis, advanced emphasis...
 - ▶ Replicate spread spectrum clock modulation

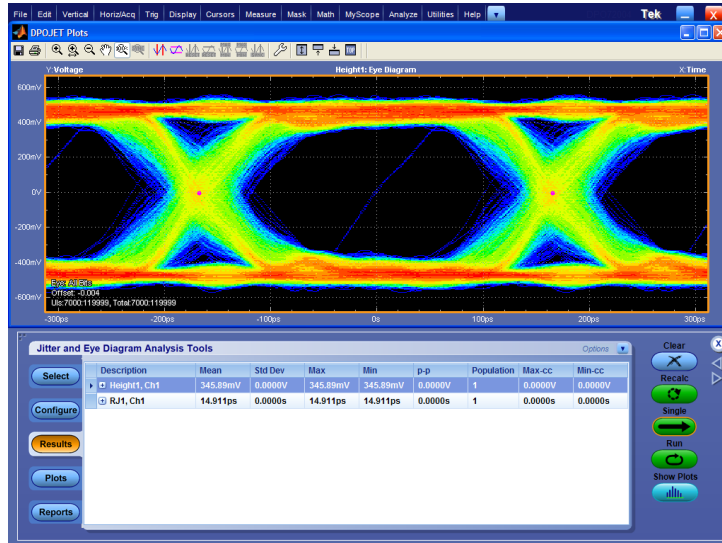
Replication of channel effects

- (Functionality & Ease of Use)
- ▶ Replicate transmission effects and add them to the test signal
 - ▶ Import touchstone® S-parameters to automatically replicate channel effects

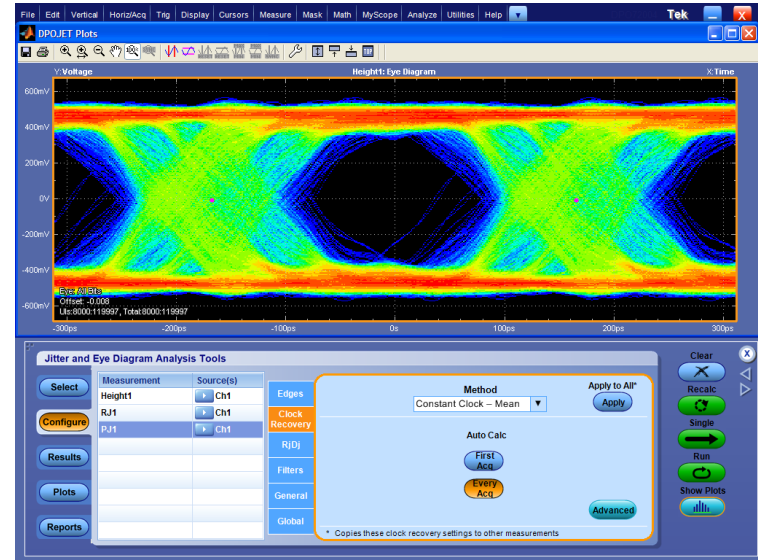
Multi-tap Pre-emphasis & Pre-shoot 产生



不同的抖动成分的产生



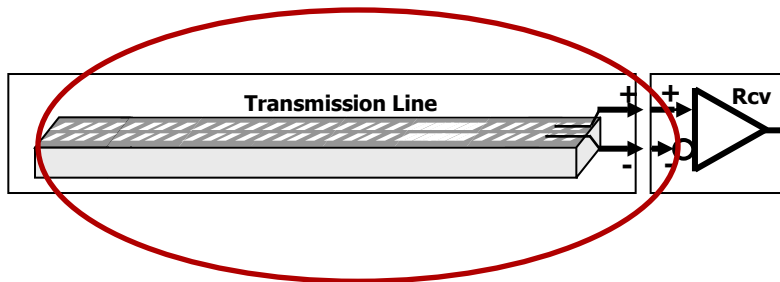
Rj



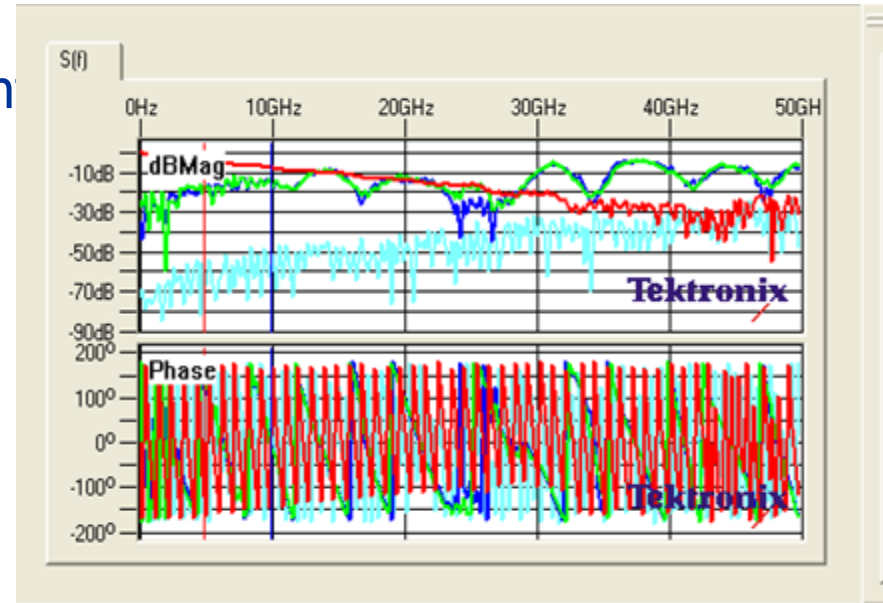
Rj + Pj

SerialXpress® 直接导入通道S参数

■ Direct Syn



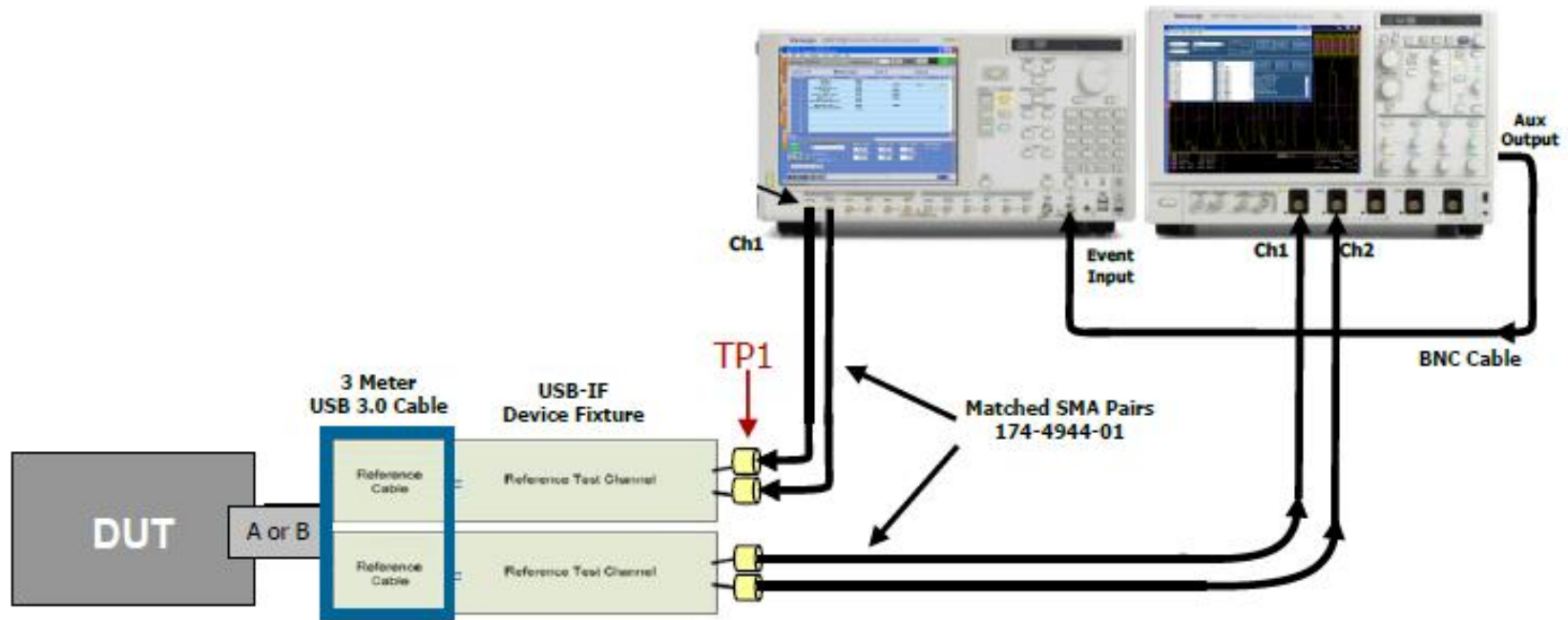
High Speed Serial Data



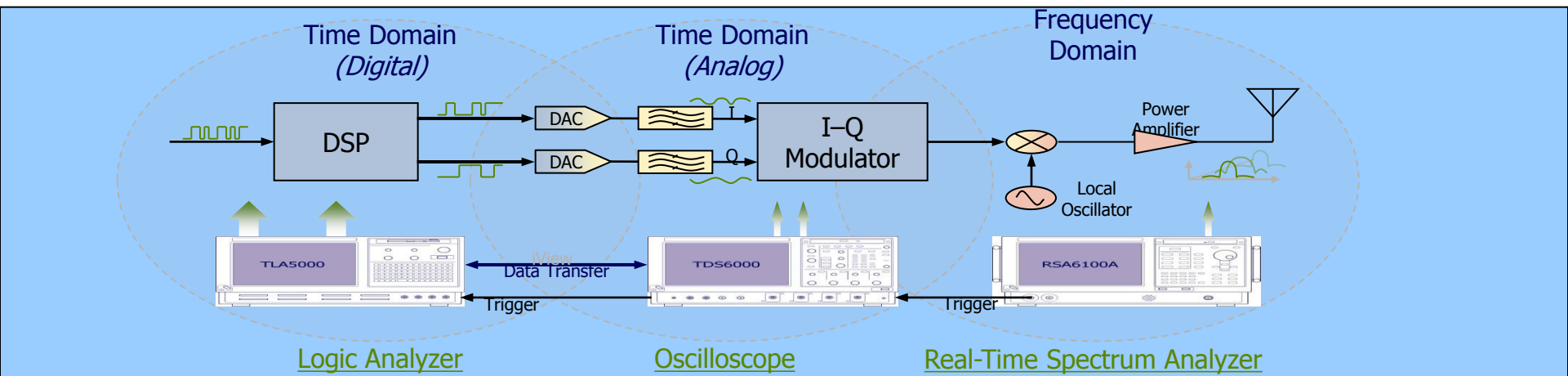
- Extract Mixed Mode S-Parameters from a reference impairment or model them mathematically.
- Feed the s4p file into SerialXpress®, and get an exact numerical model of that response in a full digital form.
 - ISI Direct settable input feature.
- ISI Scaling feature that allows for virtual cable length adjustment.

使用AWG进行 USB 3.0/SATA 3.0/HDMI等抖动容限测试

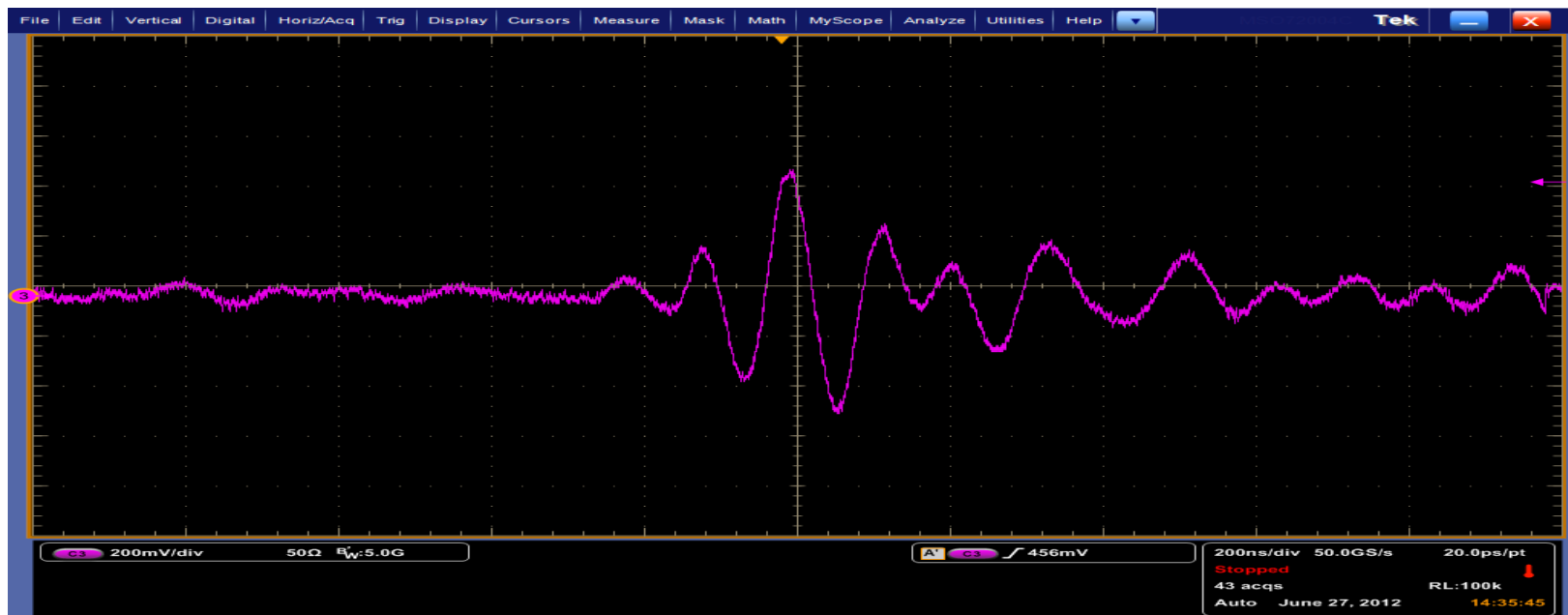
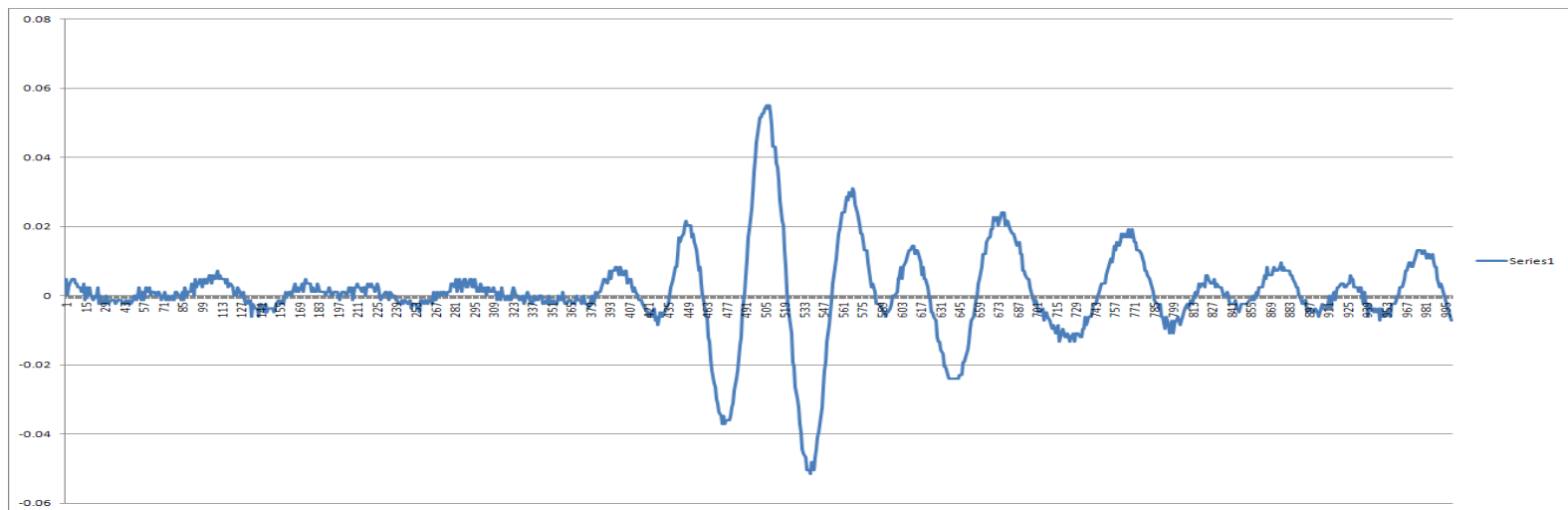
- Only test equipment setup with a common configuration for Receiver and Transmitter Testing
- All Signal Impairments including channel impairments generated by the AWG
- No need for external error detectors
 - Only Oscilloscope based bit or symbol error detection solution (Ellisys Protocol Analyzers also supported)



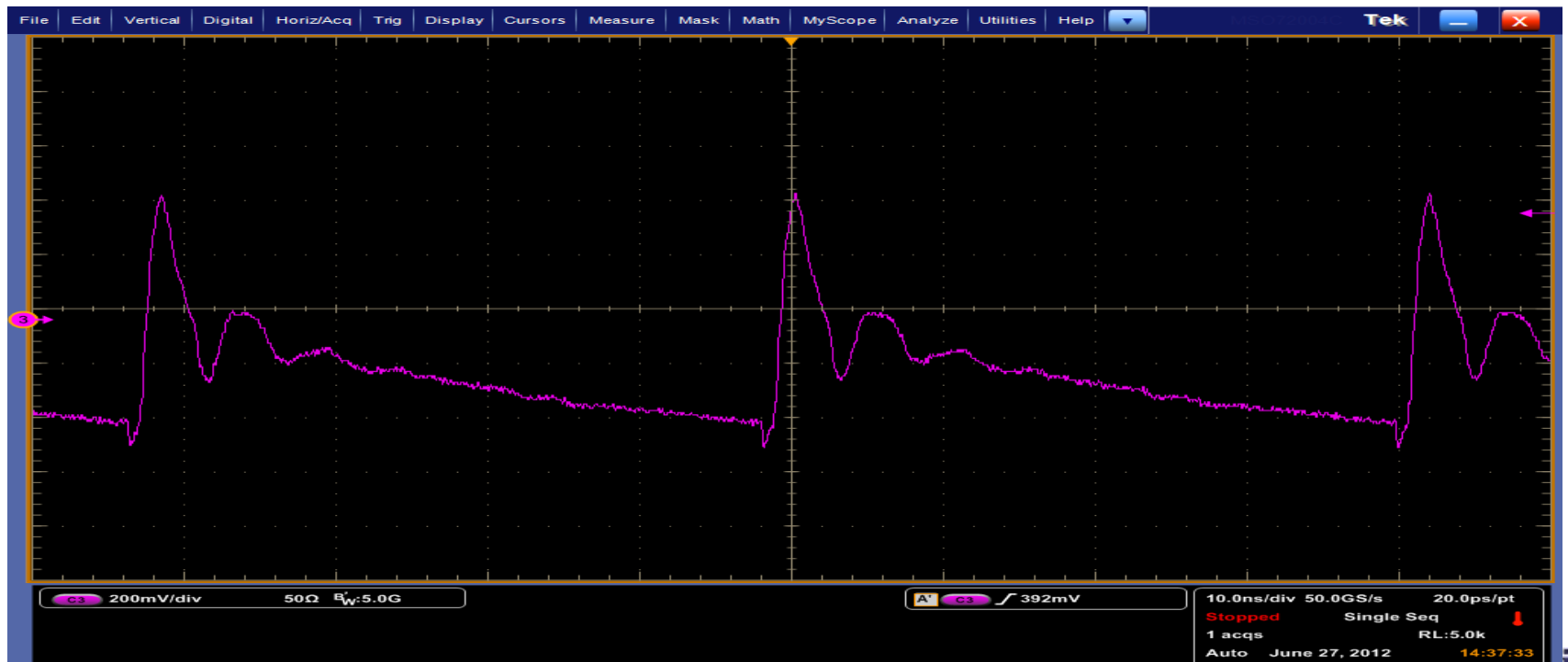
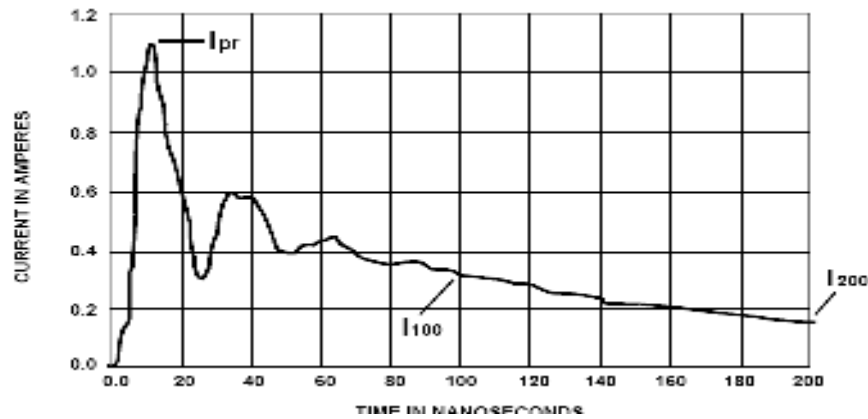
应用二：产生自定义的信号



用户自定义信号产生案例1



用户自定义信号产生案例2

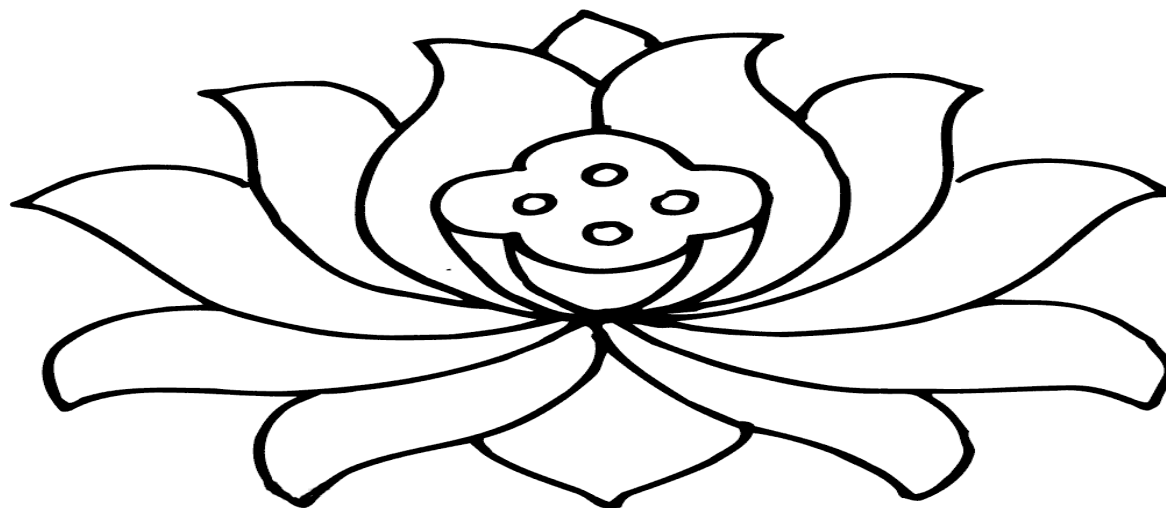


用户自定义信号产生案例3

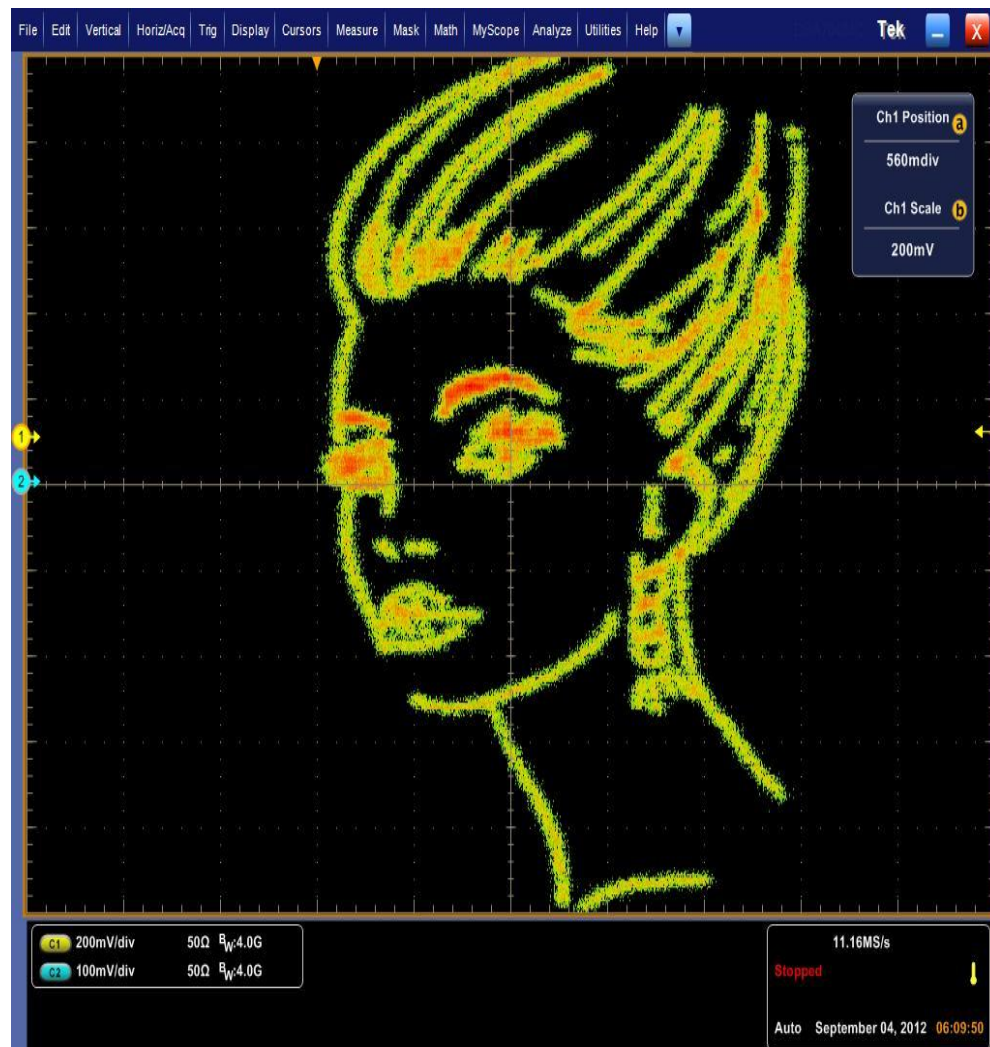
Tektronix



用户自定义信号产生案例4



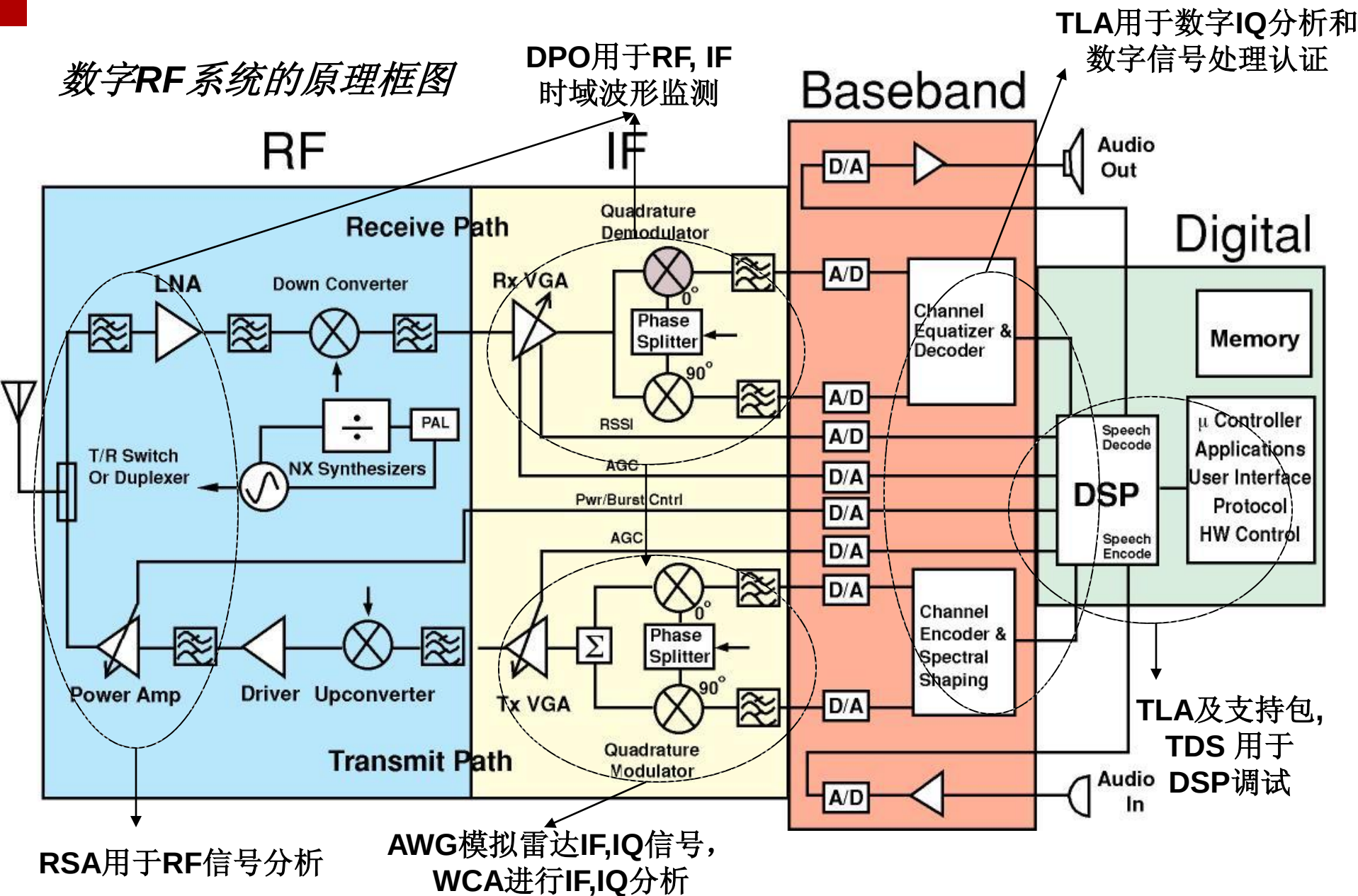
用户自定义信号产生案例5



无线通讯系统测试挑战

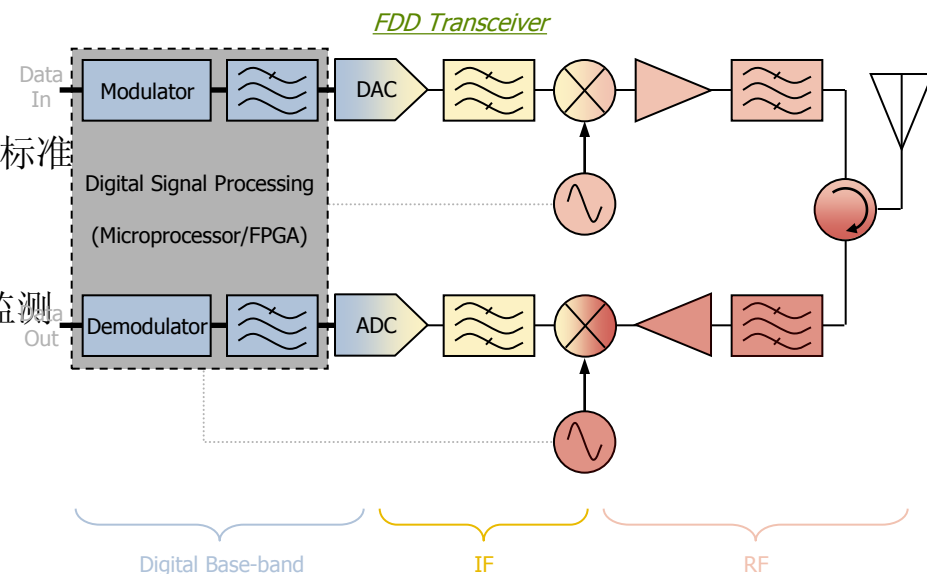
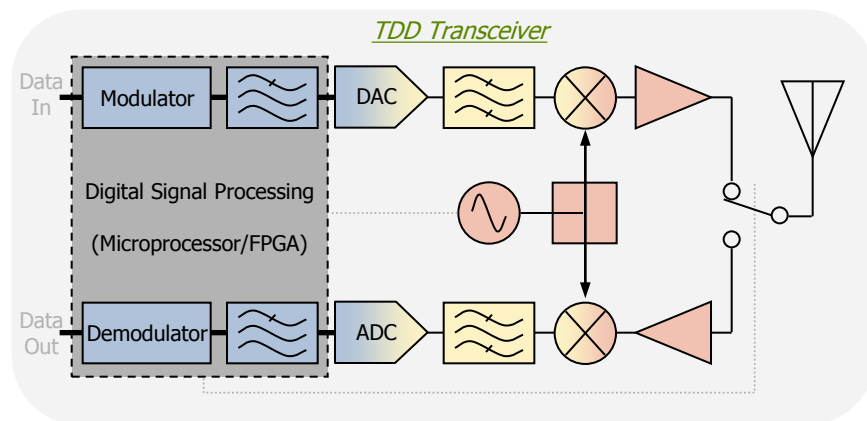
- 雷达
 - 改善雷达系统性能和对故障的发现分析能力
 - 解决超宽带雷达系统测试瓶颈
 - 准确描述、测量复杂的系统特性
- 通信
 - 应对新体制复杂的通信信号的分析能力
 - 复杂电磁环境下信号的识别与侦测
- 卫星通信
 - 增强解决方案质量，提高效率
 - 系统误码性能鉴定
- 无线电监测
 - 解决当前棘手的信号侦查和信号识别挑战
- 复杂电磁环境
 - 复杂电磁环境下信号的仿真、识别与侦测

数字RF系统的原理框图



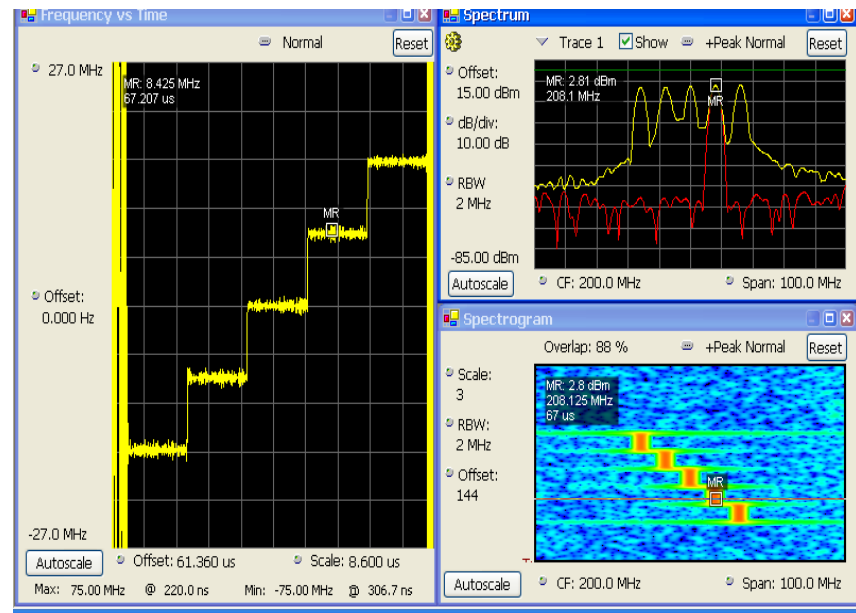
复杂数字RF信号的测试挑战

- 接收部分测试——信号源
 - 标准测试——标准信号难以产生，通常需要专用信号源或者信号产生系统
 - 极限测试——令人头痛的“实际信号”模拟
- 发射部分测试——接收机
 - 通用信号接收
 - 传统频谱仪？没有时间信息
 - 矢量信号分析仪？分析带宽、信号定位.....
 - 专用接收机？功能单一，不能通用不同标准
 - 宽带、超宽带接收
 - 专用接收机
 - 示波器——带宽足够，可是没有频谱监测功能



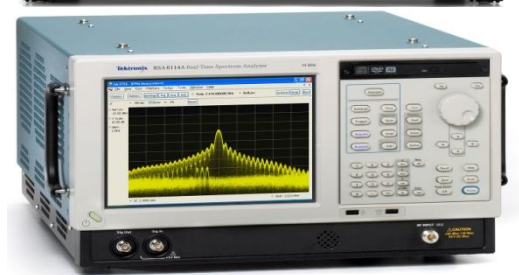
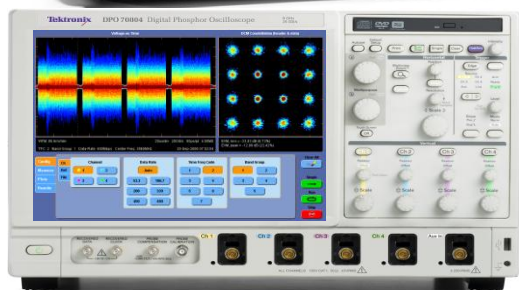
复杂数字RF测试对测试设备的要求

- 信号源
 - 能够简洁地产生各种需要的激励
 - 能够模拟现实情况
 - 能够识别、增强或者回放已采集的信号
 - 调制带宽足够宽
- 接收机
 - 分析带宽足够宽
 - 合适的动态范围
 - 含有准确时间信息
 - 数据方便采集、存储以及多种分析
 - 频谱监测
- 数据处理
 - 各种时域、逻辑域测试设备
- 其它测试设备
 - 功率测试设备、VNA、天线测试系统

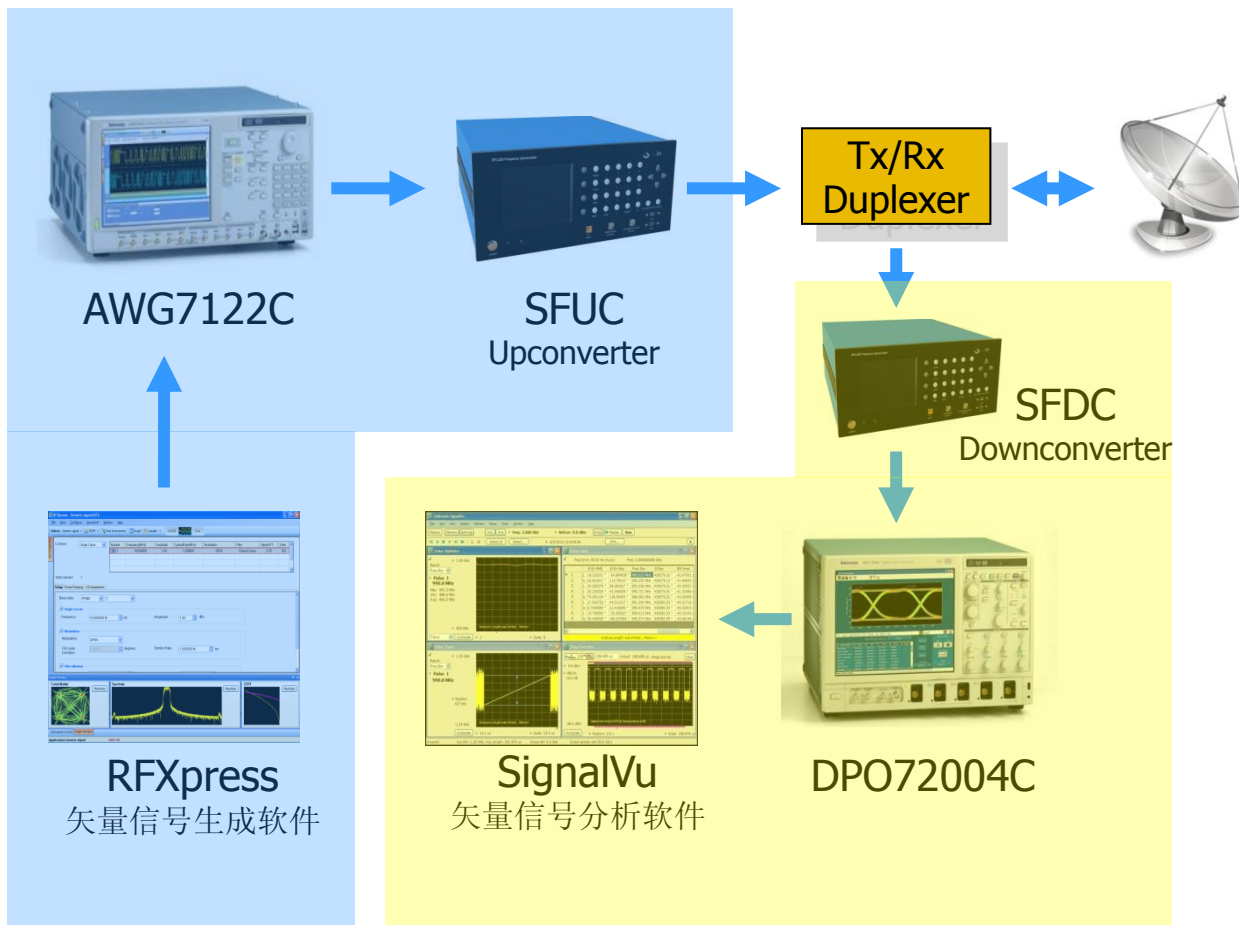


泰克复杂数字RF信号仿真和分析方案

- 信号源
 - 特别适于复杂信号、宽带调制、脉冲信号产生的混合信号源——任意波形发生器AWG
 - 逻辑信号源：码型发生器和数据时序发生器
- 接收设备
 - 集频谱分析、矢量信号分析、脉冲分析和频谱监测功能于一身的实时频谱分析仪
 - 超宽带接收机——通用仪器唯一的解决方案——宽带示波器+分析软件
- 数据处理部分调试设备
 - 逻辑分析仪+示波器的综合测试系统
 - FPGA调试设备

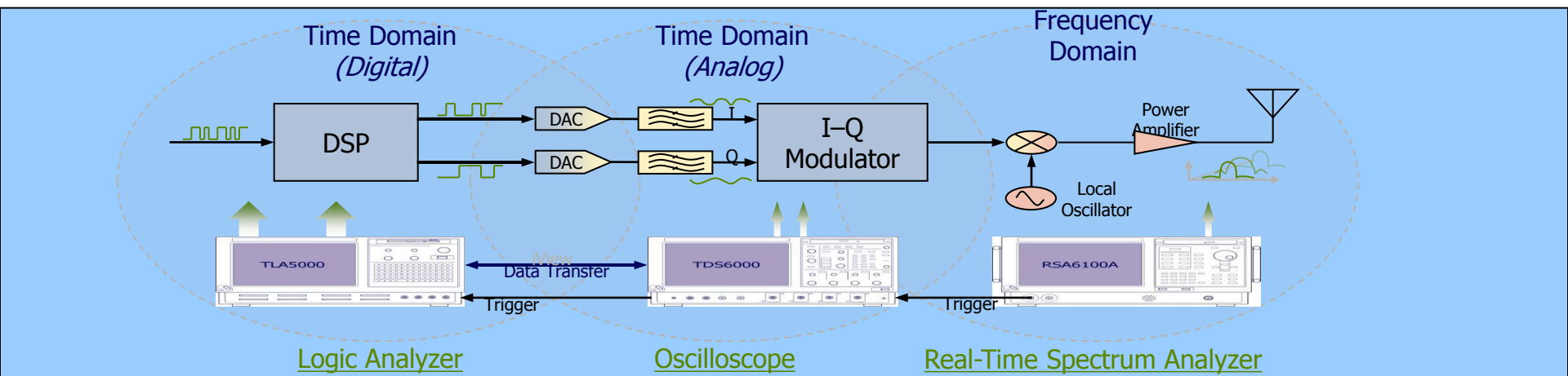


Tektronix宽带矢量信号系统应用框图



- 完整闭环测试系统
- 支持全环路幅相一致性自动校准
- 支持双通道
- 支持各种现代体制通信及雷达信号产生及分析
- 系统组成简单，使用方便快捷，易于维护

应用三：宽带雷达信号仿真



雷达信号仿真系统的技术挑战和难点

1. 模拟产生各种雷达信号,其信号的“复杂”程度是一个挑战
2. 需要模拟产生宽带的雷达信号, 带宽超过2GHz
3. 有时需要产生与发射信号完全一致的, 相参的回波信号, 甚至是要对发射的信号进行“复制”
4. 对回波信号进行加噪和添加“干扰”

泰克AWG高级雷达信号仿真平台特点

- 超高带宽（9.6G），超高采样率（24G）的AWG，可以直接生成超宽带雷达信号（基于DA的信号生成方式）。
- 可以直接产生射频，中频，基带信号
- 基于AWG的高级雷达信号仿真软件
- 方便产生各种复杂的雷达信号
- 与泰克的实时频谱仪，示波器逻辑仪搭成无缝环路
- 对实际回波信号进行二次“改造”：如加“噪声”加“干扰”
- 与各种软件兼容如:Matlab等

业内唯一的高级雷达信号生成信号源+软件RF Express

- 针对新型雷达体制的特点和要求，雷达插件为RFXpress加入了以下功能
 - 建立单个或者多个雷达脉冲组，并由此产生相参或者非相参的脉冲序列
 - 每个脉冲组的所有参数均可独立设置.
 - 可在每个脉冲内和脉冲间独立定义幅度变化和频率变化（hopping）
 - 定义雷达脉冲图案，并且以时频图方式显示，便于观察
 - 简便定义所有脉冲参数，包括起始时间、关断时间、上升时间、下降时间、脉冲宽度、跌落和纹波
 - 定义变化PRI的信号，PRI变化可为步进或者用户自定义规律.
 - 建立用户定义的脉冲顺序，并使用AWG的序列模式，在产生大量脉冲信号的同时优化内存使用
 - 支持多种内调制方式，包括捷变频调频、步进跳频、巴克码、多相位编码。用户可自定义步进跳频，各种编码方式和自定义调制.

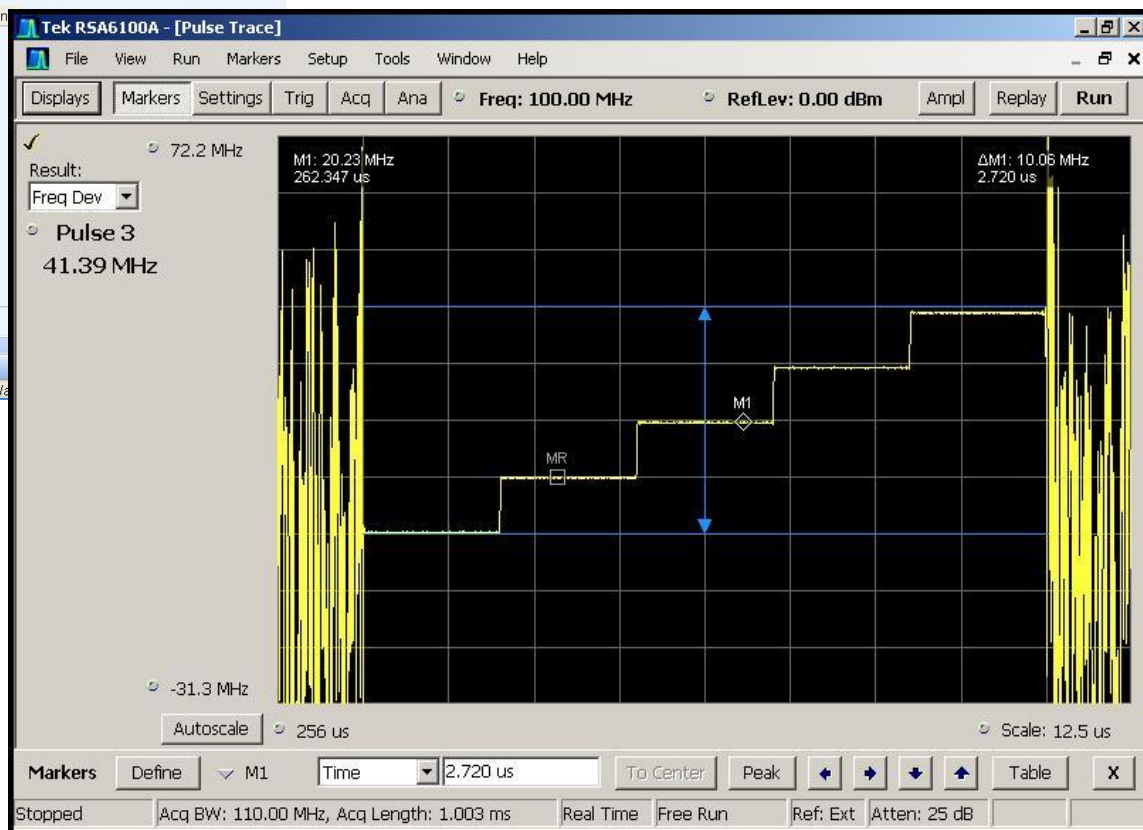
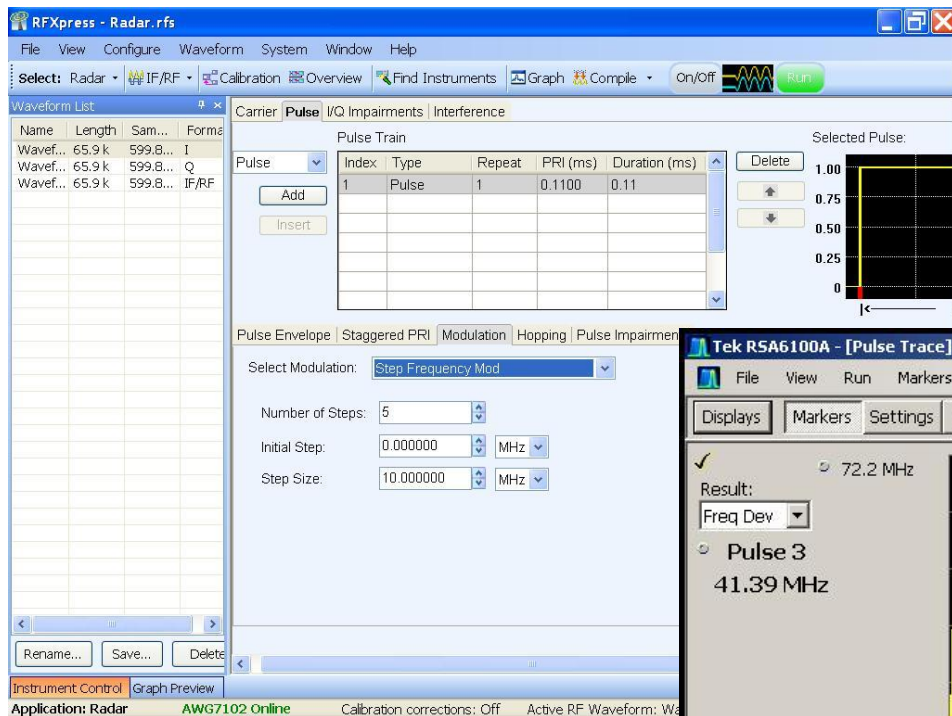
RFXpress射频信号仿真和生成平台

- RFXress射频信号仿真和生成软件基本功能
 - 通用射频信号生成能力——各种模拟、数字调制，用户自定义调制信号
 - 背景信号模拟、信道模拟
 - 多个信号在一个信道
 - 跳频
 - Power ramping
 - 非匹配的IQ
 - 失真模拟
 - 多径
 - 其它干扰

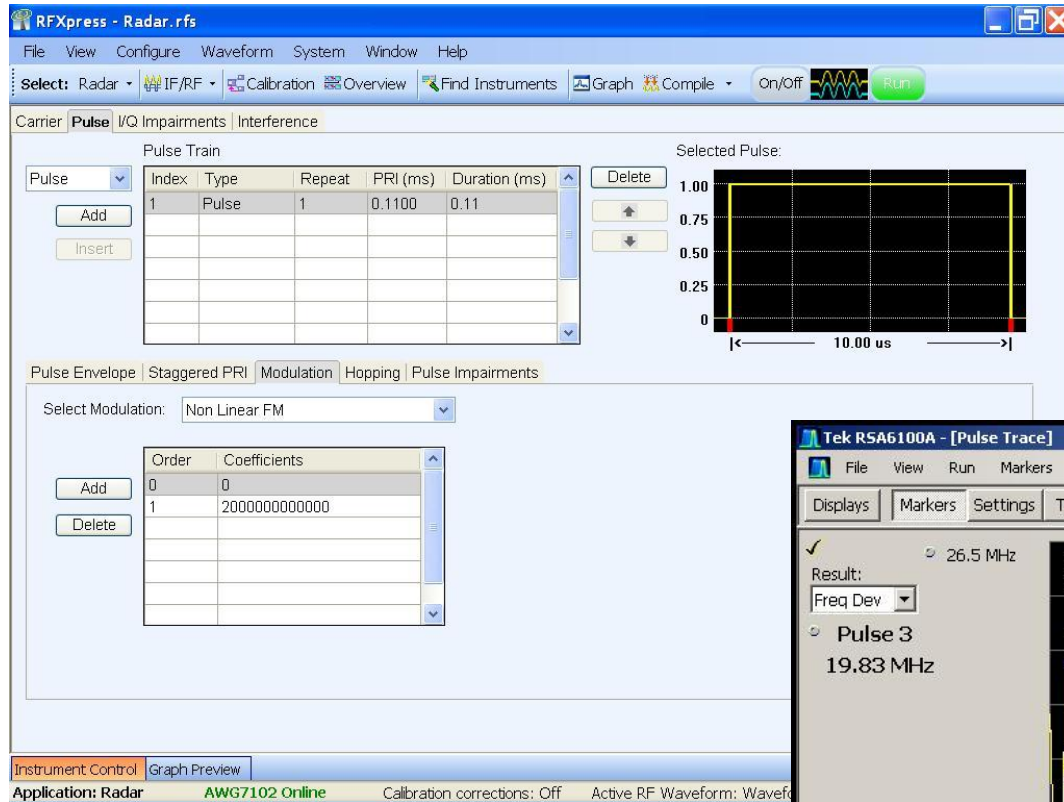
脉内的调制

•支持各种各样的调制

- LFM
- Barker and Poly phase Codes
- Step FM
- Non-Linear FM
- User Defined FM and Custom FM

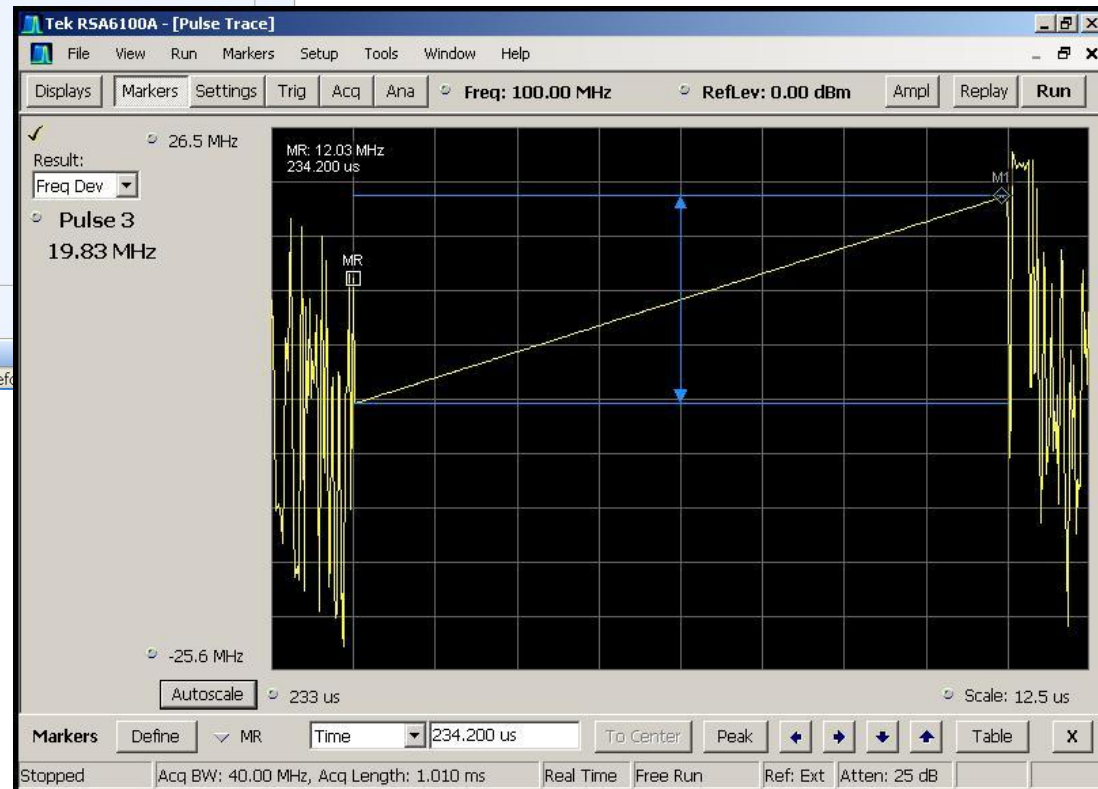


脉内调制举例：线性调频、非线性调频



Non-Linear FM (NLFM) chirp modulation can advantageously shape the PSD such that the autocorrelation function exhibits substantially reduced Sidelobes.

Consequently, no additional filtering is required and maximum SNR performance is preserved.



脉冲间跳频

Hopping

☒ Turn On

Index No: 0

Add

Start Symbol:

0

Delete

End Symbol:

0

Relative Amplitude:

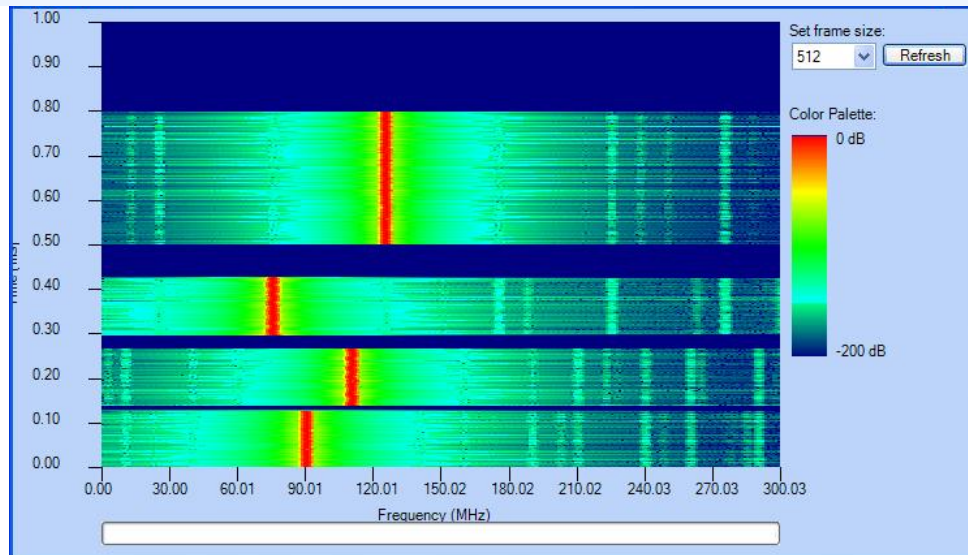
0.00

dB

Frequency Offset:

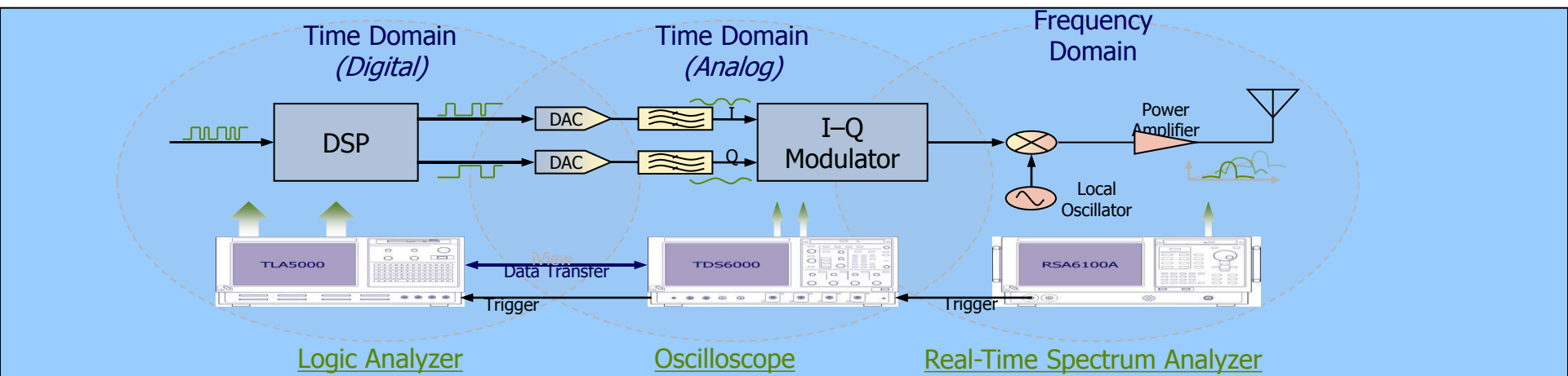
0

No.	Start Symbol	End Symbol	Relative Amplitude	Frequency Offset
1	0	128	0	-10
2	140	268	0	10
3	300	428	0	-25
4	500	800	0	25



RF仿真平台

应用四：宽带调制信号仿真



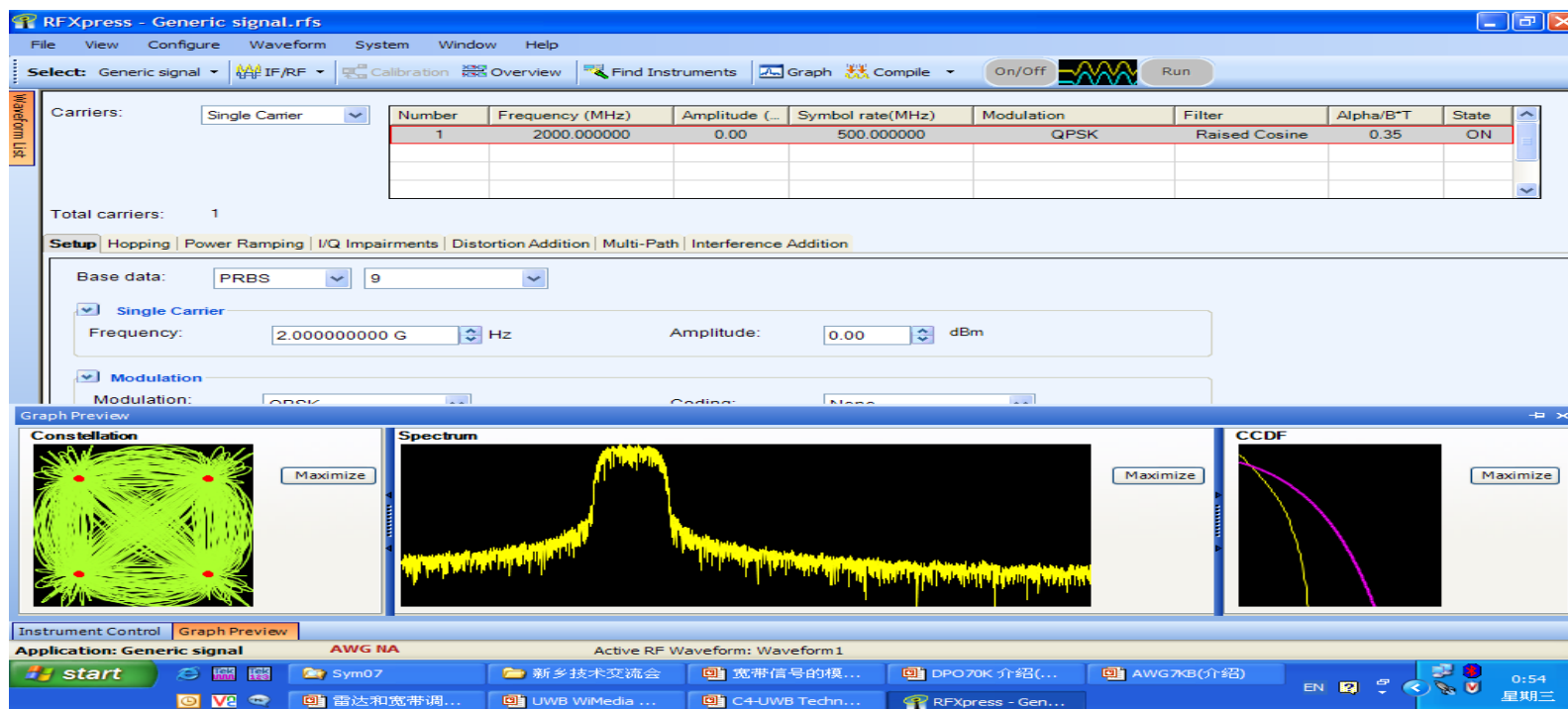
调制信号应用

- 宽带通信
 - 卫星通信-带宽达到800M
 - UWB 通信
 - 扩频通信
- 模拟通用调制(QPSK,QAM)

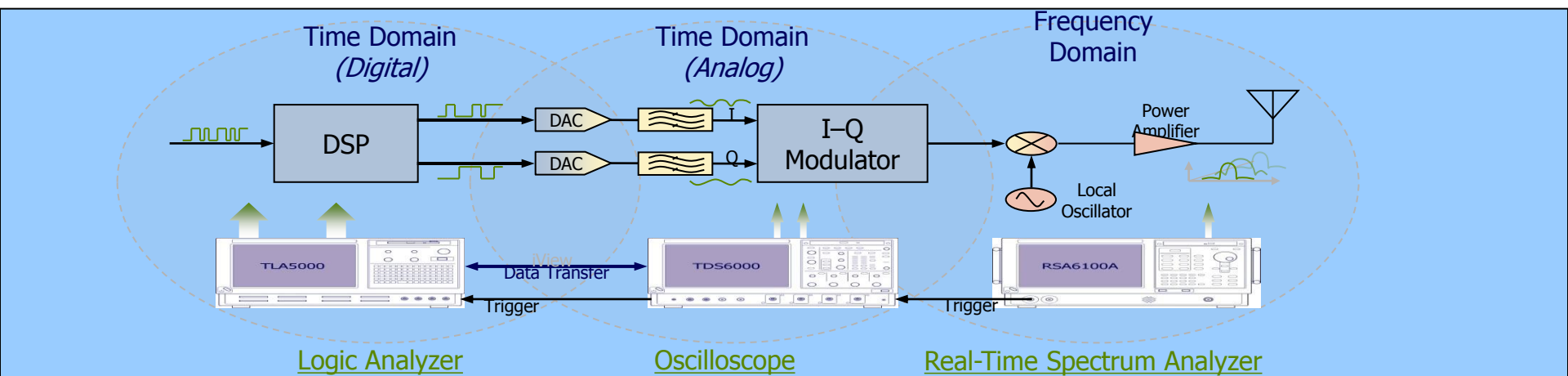


RFXpress软件产生数字调制信号

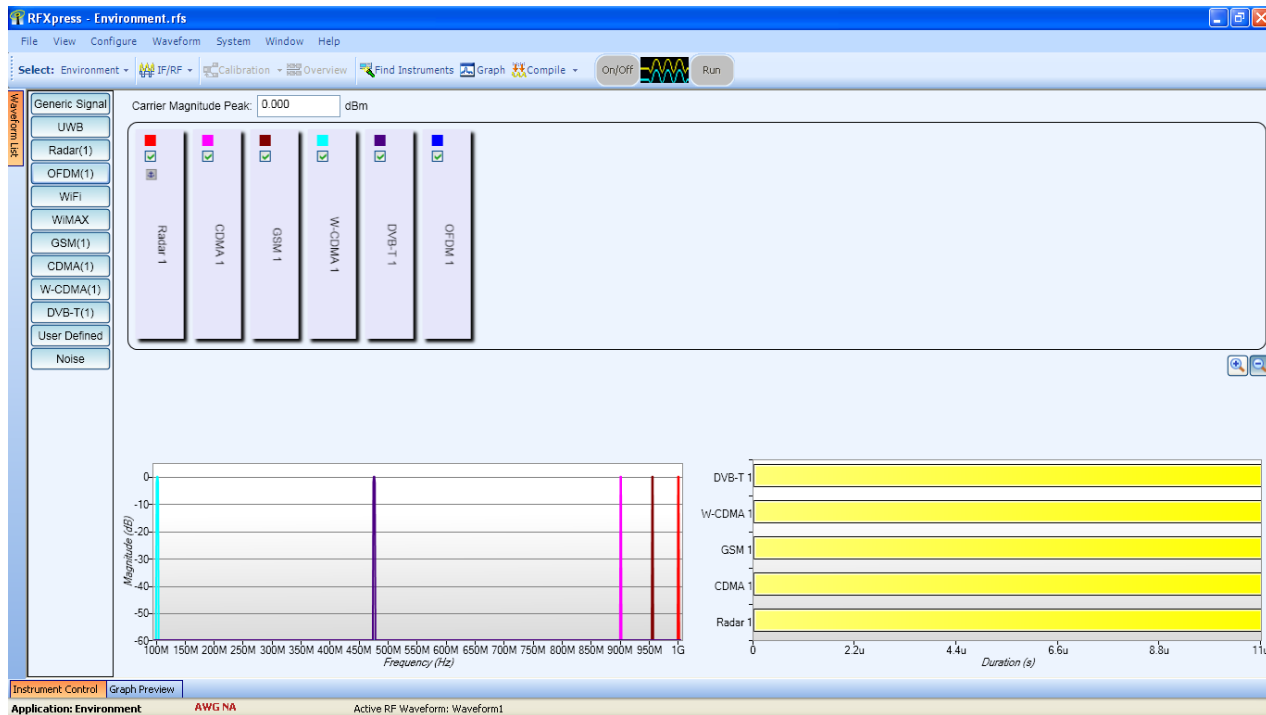
- 泰克AWG是宽带（超宽带）数字调制信号全球最通用的解决方案
- 泰克提供调制信号生成软件为用户方便产生数字调制信号的基带、中频或者射频信号
- 用户也可以使用Matlab等工具产生任意调制信号



应用五：复杂电磁环境信号仿真

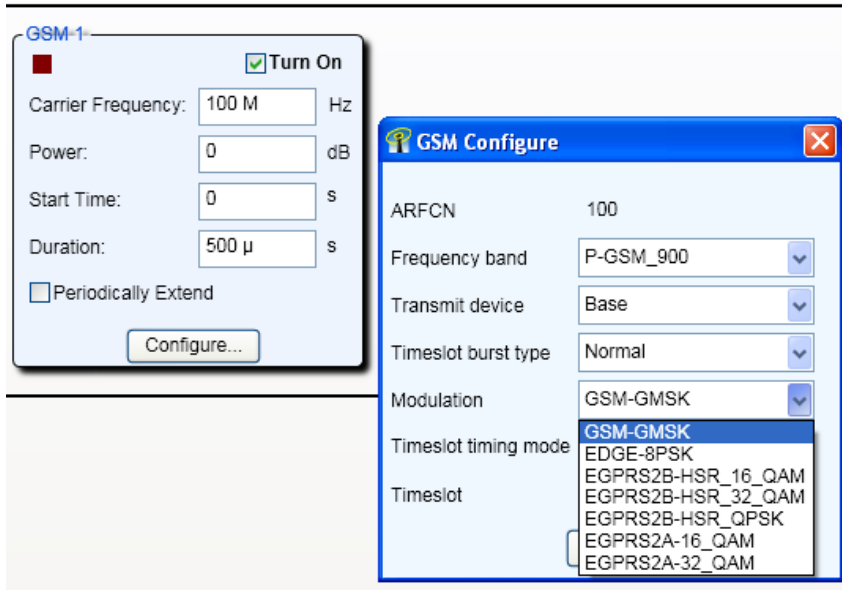


Define your environment



- Define up to 25 signals that adds up to your environment
- Support for WiMAX,WiFi,GSM, GSM-EDGE, EGPRS 2A, EGPRS2B, CDMA,W-CDMA,DVB-T, Noise & CW Radar
- Seamlessly integrate other signals from RFXpress plug-ins in to the environment
- Add Noise to the environment

Configure your signals parameters



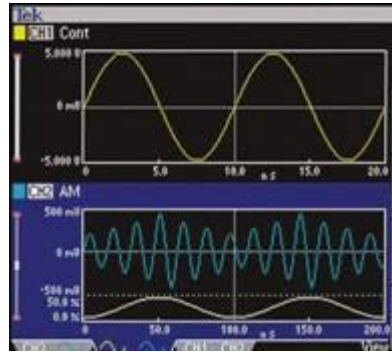
- Configure PHY parameters of your signals
- Control Carrier frequency, Power, Start time and Duration for all the signals in the environment
- Capture / Import signals from RTSA, Scope or Matlab

小结

- 通过五个例子，我们看到，任意波形发生器在适当的信号仿真软件支持下，可以直接产生定制的脉冲信号、调制信号、超宽带雷达信号、高速数字信号等
- 实际上，只要是在**AWG**的指标范围以内，它可以产生任意信号
- 任意波形发生器操作简单，功能完善，指标高；能在极短的时间内把算法模型转化为实际激励，能为用户的信号处理、接收机测试提供高效的解决方案；同时，任意波形发生器还可以作为用户发射机/发送器的参考
- 一台任意波形发生器可以替代多台传统信号源，一专多能，是一种“**all in one**”的解决方案，是一种在未来宽带信号模拟中不可或缺的信号激励系统
- 泰克任意波形发生器配合**RFXpress**调制生成软件、**SerialXpress**抖动生成软件，为宽带/超宽带调制信号和高速串行数字信号的调试和验证提供了理想的激励源
- 泰克的宽带接收机（**RSA**、示波器等）配合专业的分析软件，可以与**AWG**组成闭环测试系统，实现一套设备多个功能，是信价比极高的一体化解决方案

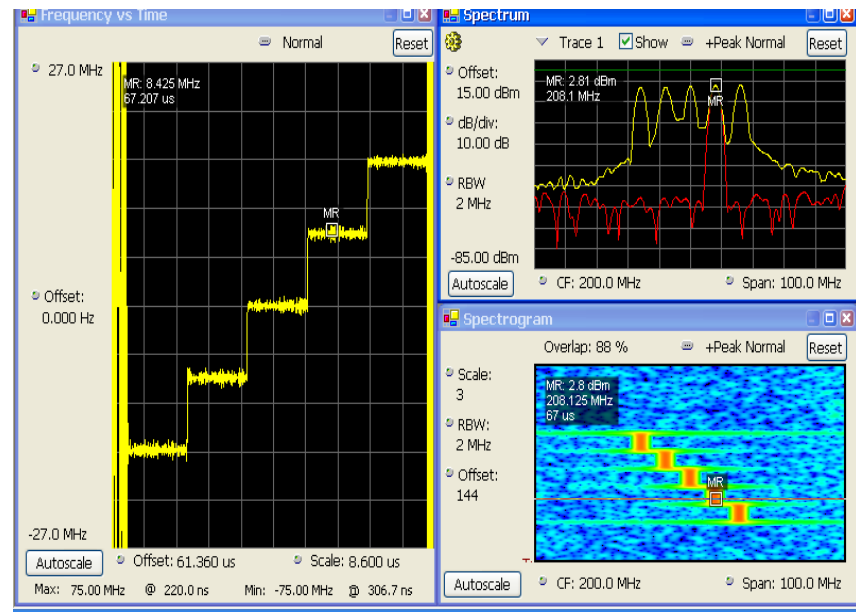
Tektronix™

复杂数字RF信号的分析平台



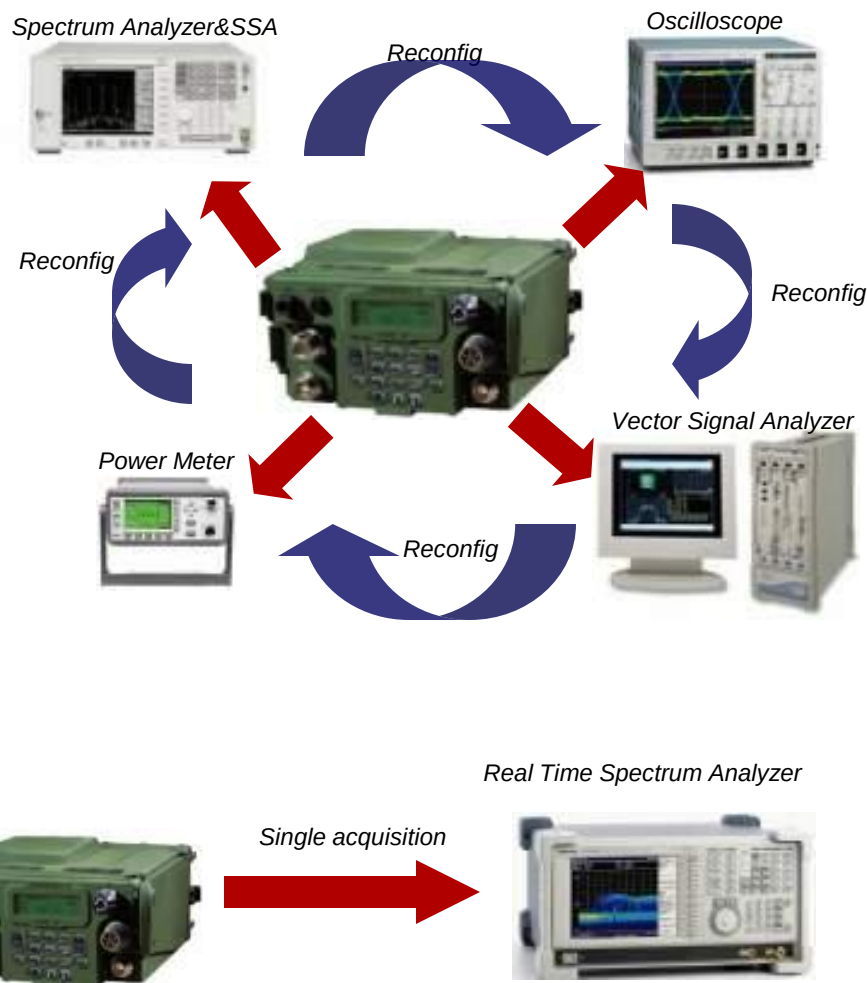
新一代数字RF分析挑战

- 接收机
 - 分析带宽足够宽
 - 合适的动态范围
 - 含有准确时间信息
 - 数据方便采集、存储以及多种分析
 - 频谱监测



真正的多域联合分析

- 传统的Radio测试
 - ACP, Power Ramping, EVM, etc.
 - 多台测试设备集成，配置复杂
- 多域联合分析的优势
 - 一次采集完成全部测试
 - 不需要重新搭设备
 - 创新的分析功能，解决测试难题
 - 多域分析=多个仪器相加
- 创新的功能
 - 自动测量换频时间
 - 任意跳频点进行解调
 - 自动音频分析功能
 - 新的跳频测量自动分析软件
 - 生动的显示功能
 - 100%的捕获概率



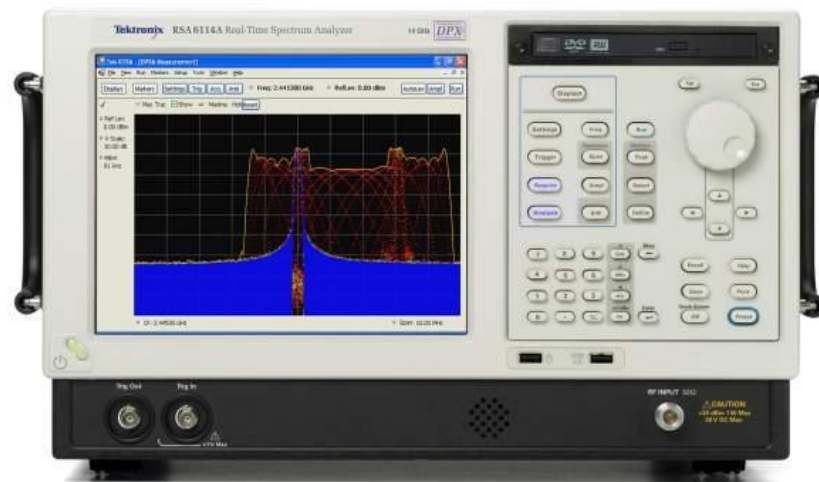
新一代数字RF信号分析平台

功能强大的接收机——实时频谱分析仪

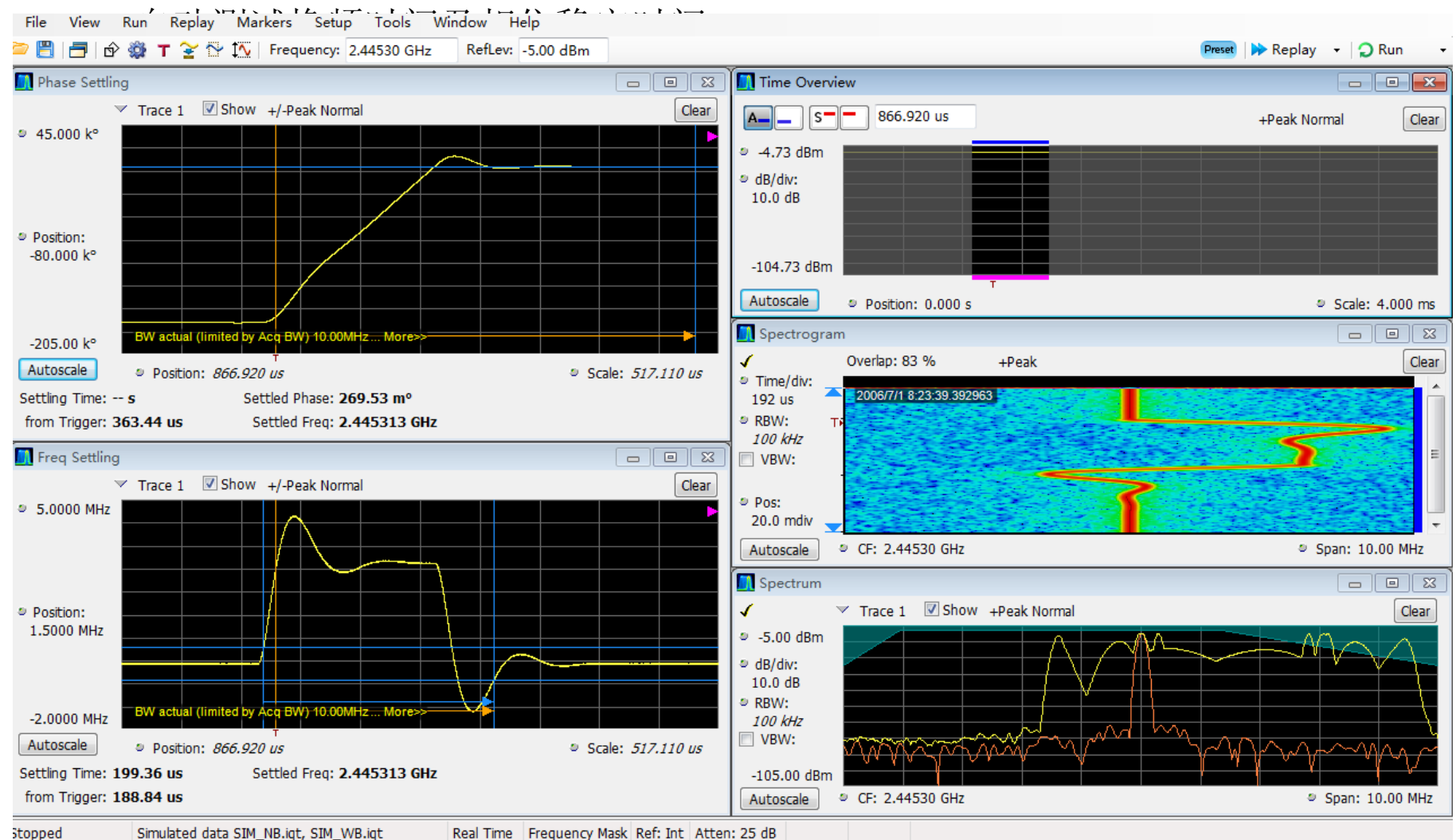
- 发现
 - DPX技术，无以伦比的发现问题的工具
- 触发
 - 专利技术的频率模板触发，从频域重新定义定位特定信号的工具
- 捕获
 - 长达秒级的捕获能力，为分析提供存储保障
- 分析
 - 多域分析，全面覆盖流行的测试项目

业内领先的宽带频谱分析仪

迎接最棘手的**数字RF**测试挑战

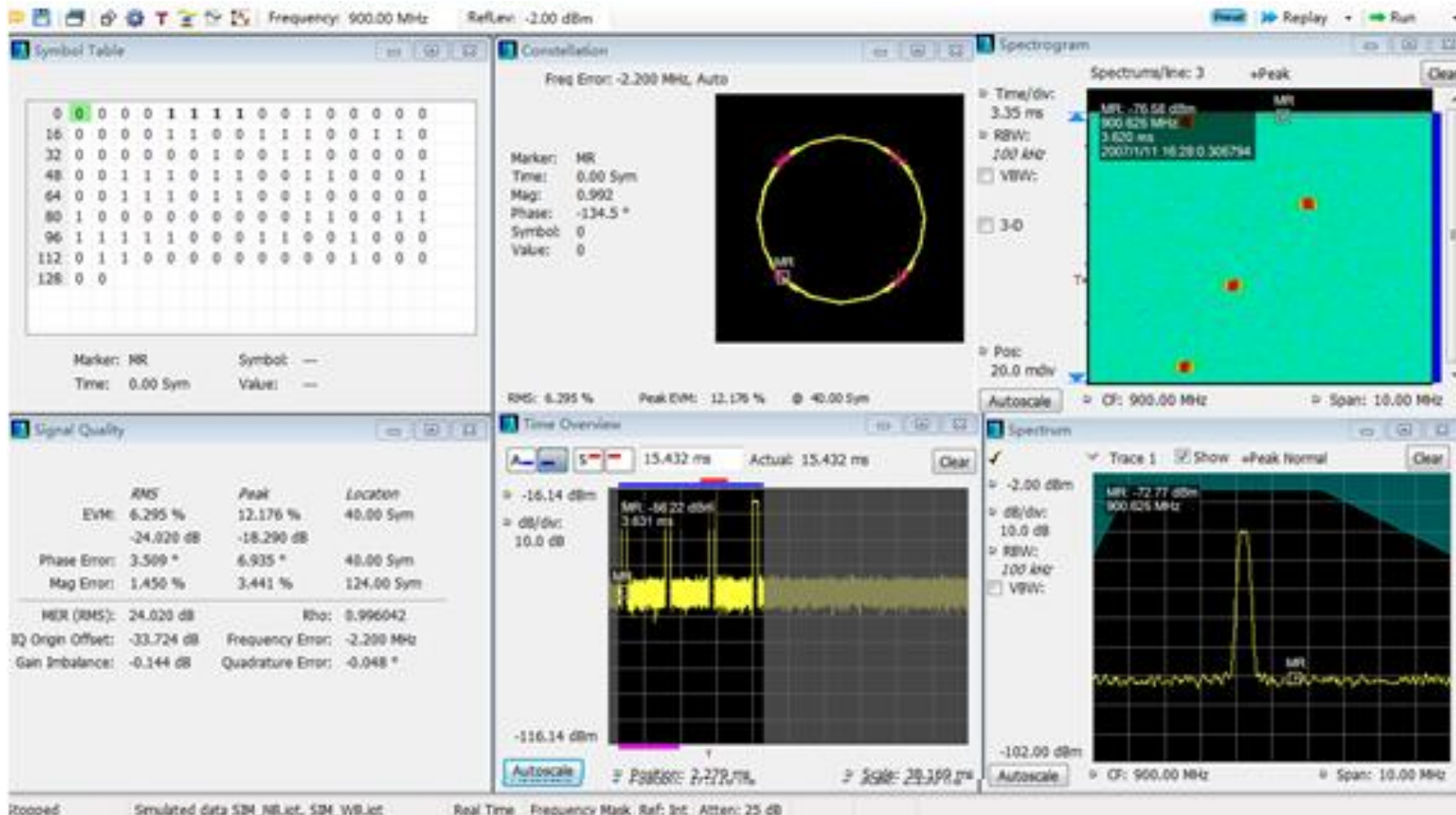


时间关联多域分析 – 跳频信号换频时间的测量



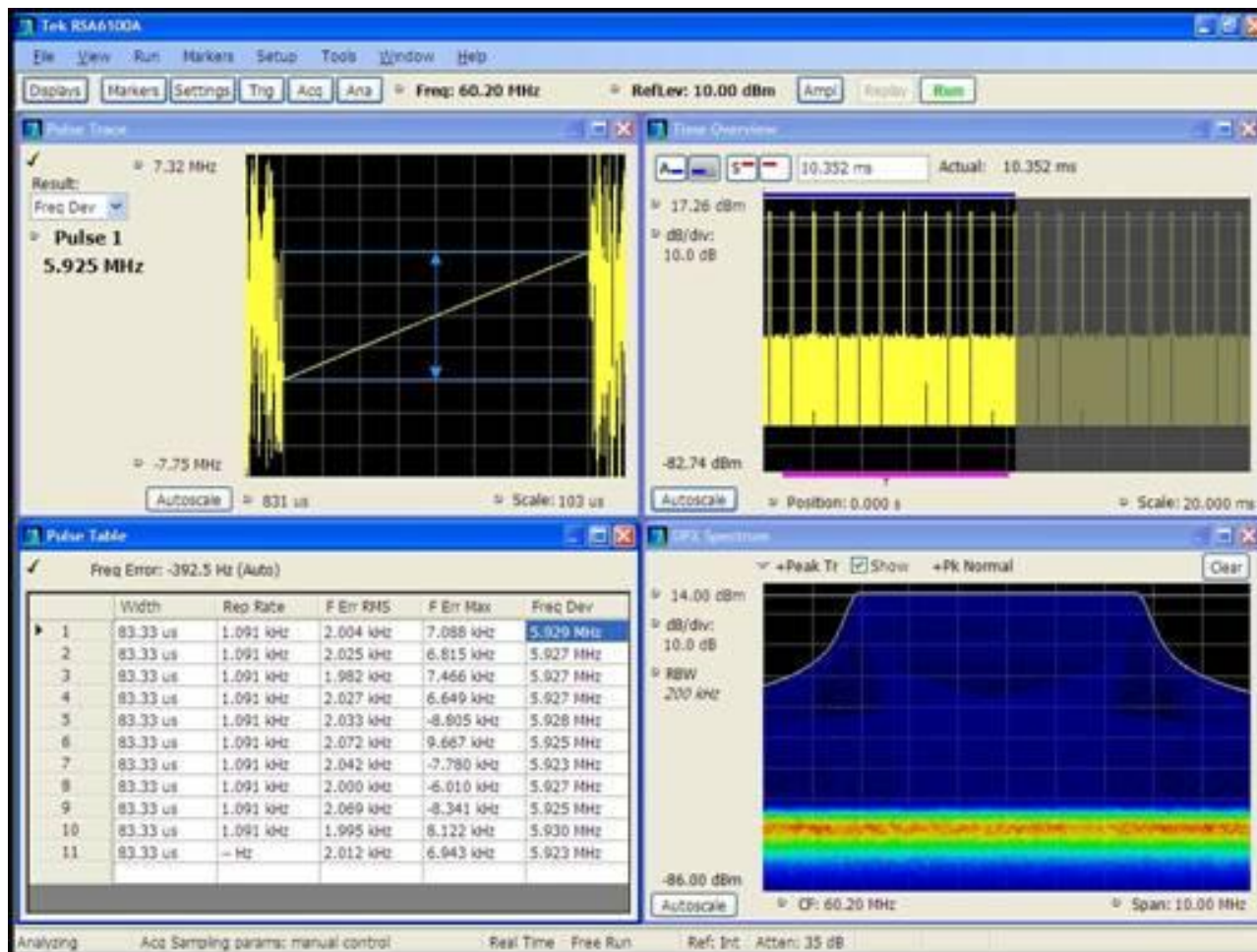
对时变信号进行矢量分析

- “指哪打哪” -RTSA
 - 先触发、选时间窗、再分析
- “打哪指哪” -VSA
 - 先采集、再分析



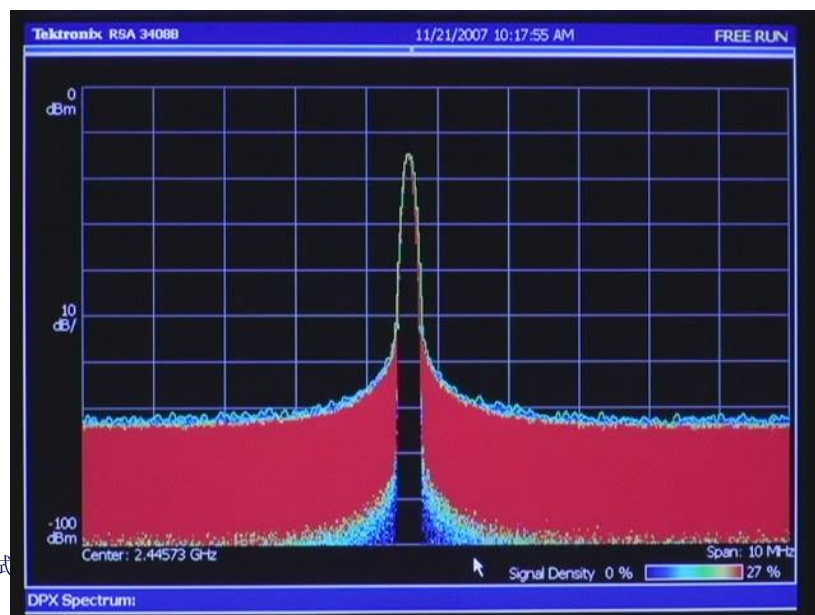
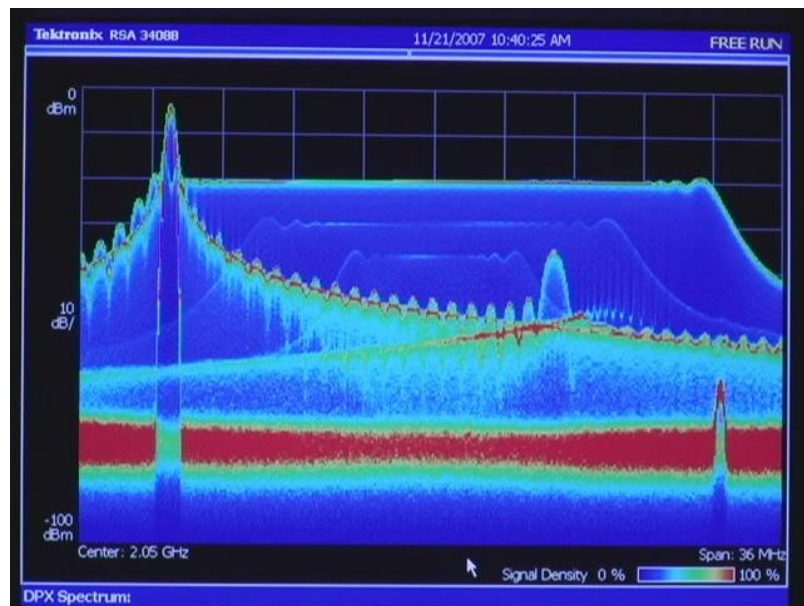
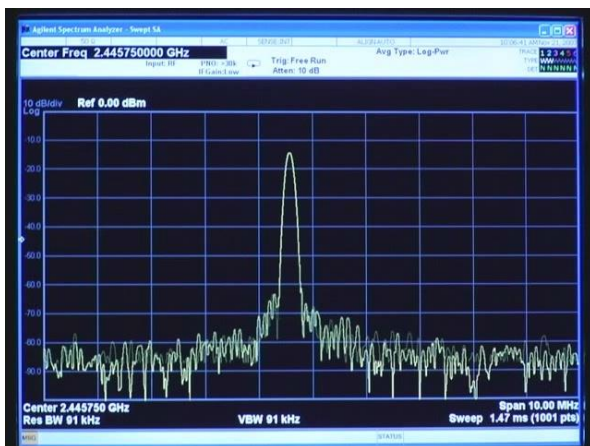
雷达自动分析软件

- 唯一具有雷达分析软件的频谱仪



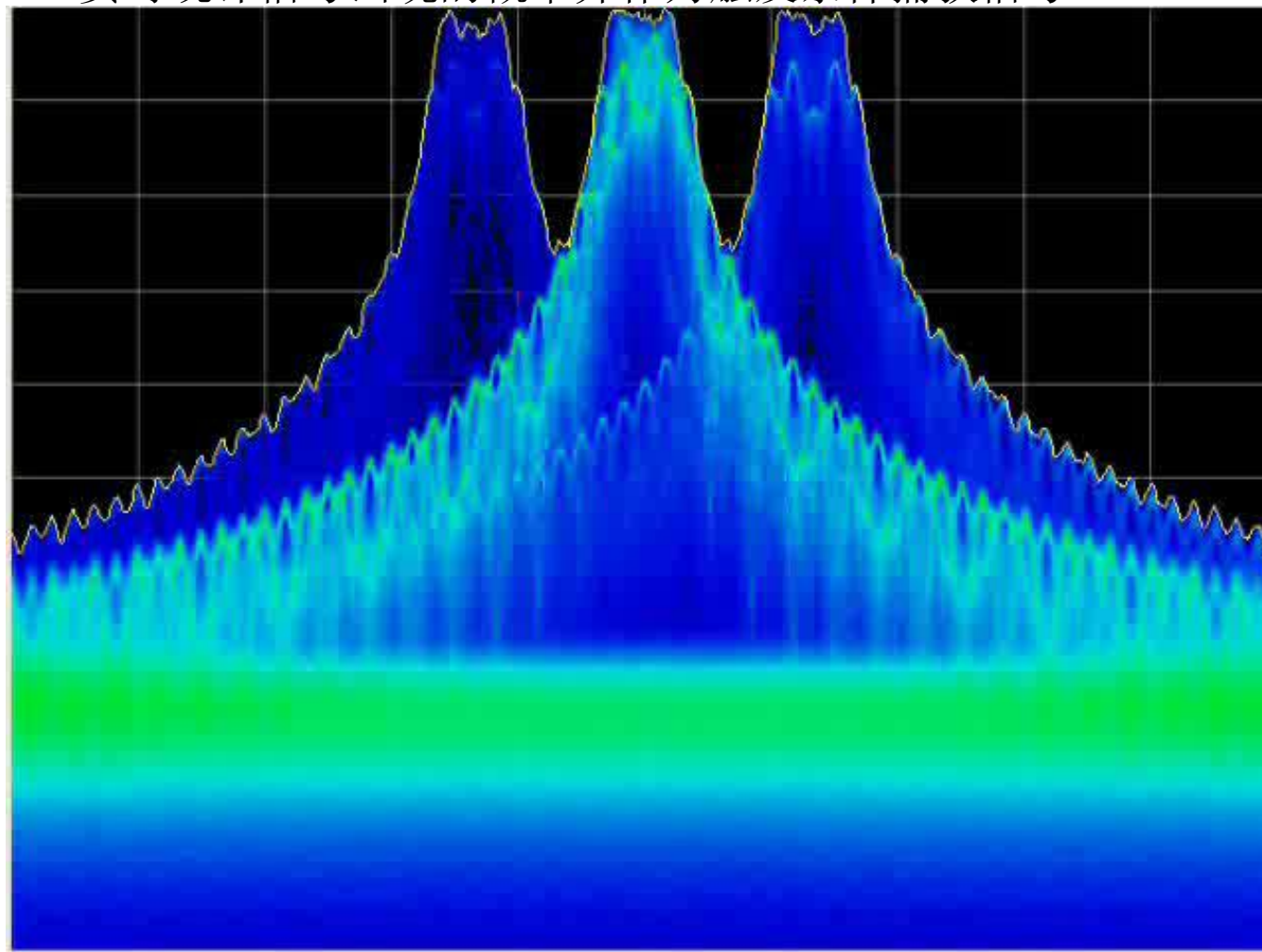
实时频谱显示技术(DPX)用于频谱监测

- 实时信号分析仪
- 100% 发现驻留时间超过 5.8us 信号
- 发现复杂电磁环境下的同频

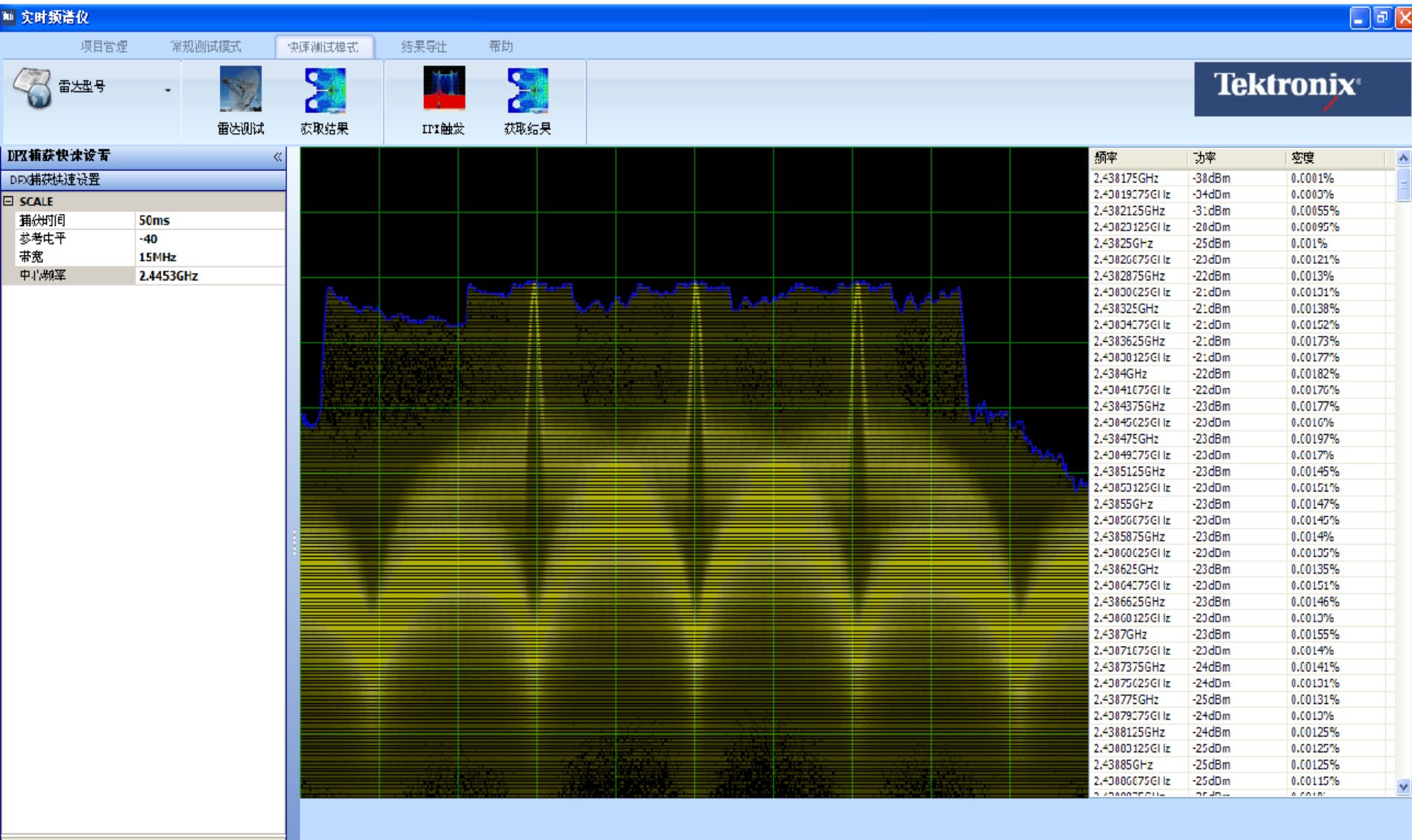


创新的频谱概率密度统计及触发

- DPX 实时统计信号出现的概率并作为触发条件捕获信号

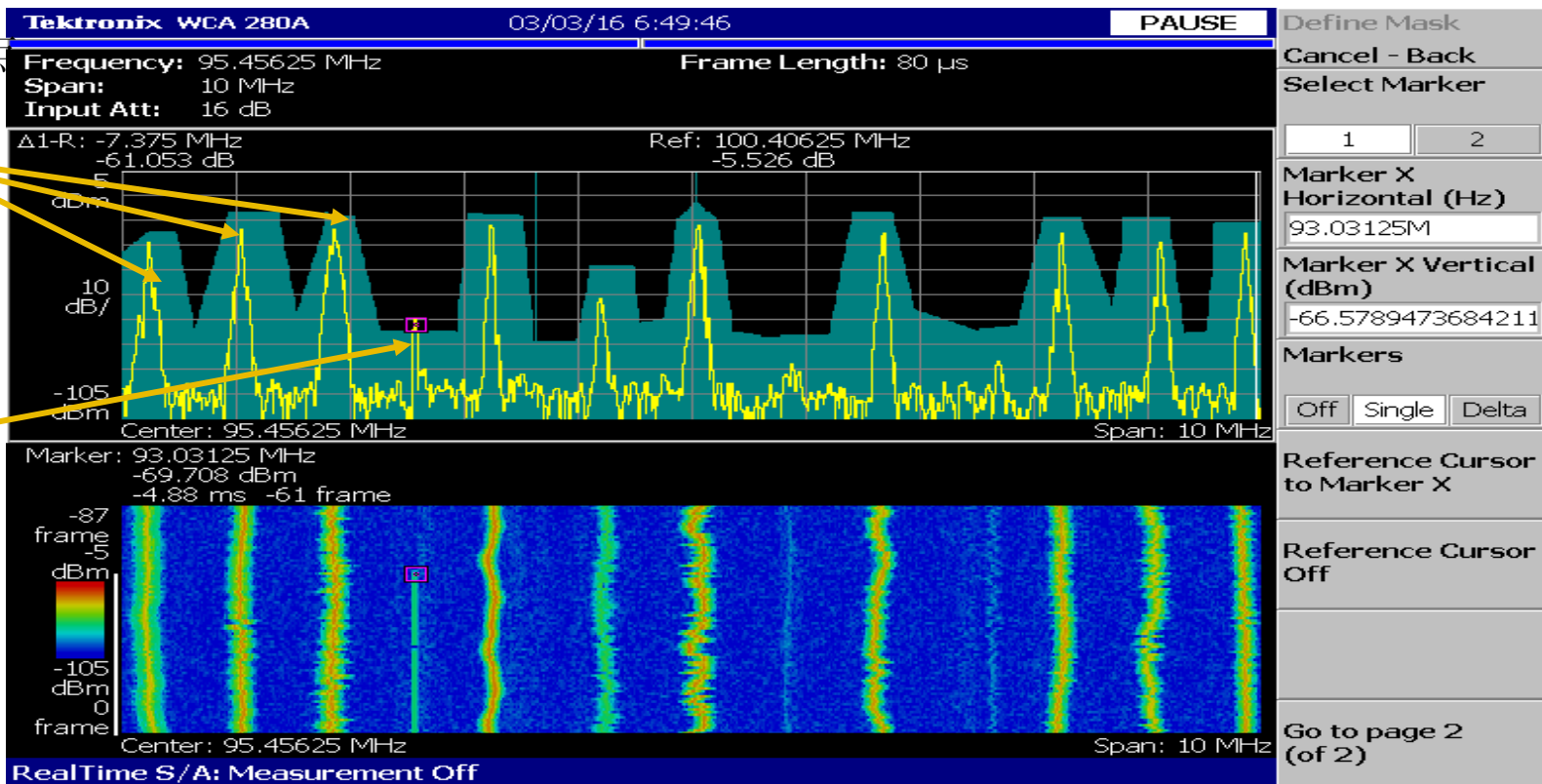


频谱占用度统计



实时捕获技术(FMT)用于违规频谱捕获

- 已知频点的信号



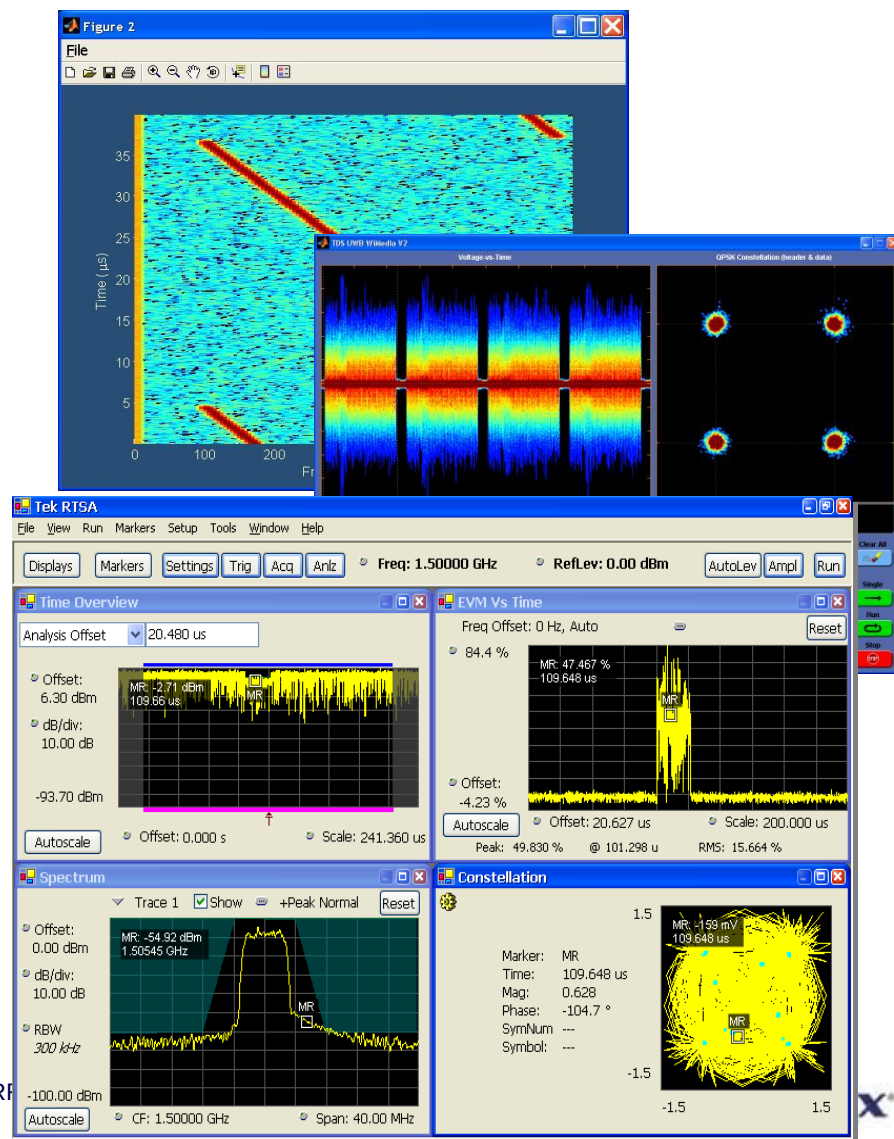
- 对未知信号进行实时触发、捕获

泰克实时频谱分析仪

					
	SA2600/H600	RSA3300B	RSA3408B	RSA5000A	RSA6000A
用途	野外/实验室	实验室	实验室	实验室	实验室
频率范围	10kHz – 6.2GHz	DC – 3/8GHz	DC - 8GHz	1Hz – 3/6.2 GHz	9kHz – 20GHz
分析带宽	20 MHz	15 MHz	36 MHz	25/40 / 85 MHz	40 / 110 MHz
DPX Live RF	✓	✓	✓	✓	✓
DPX 100% POI	500 μ s / 125 μ s	41 μ s	31 μ s	40 / 24 / 5.8 μ s	40 / 24 / 5.8 μ s
扫频 DPX 和 DPX Density™ 触发				✓	✓
频域触发	DPX 频谱模板	✓	✓	✓	✓
矢量信号分析	RSAVu	✓	✓	✓	✓

示波器作为宽带、超宽带信号采集和分析工具

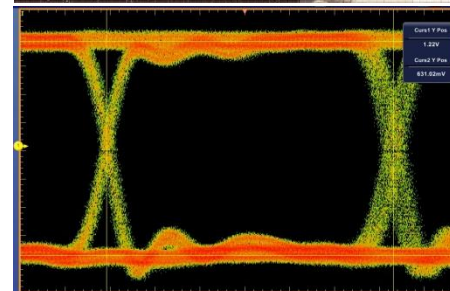
- 110M以上的调制信号，如何分析？
 - 频谱仪是窄带接收机
 - VSA、RTSA动态范围高，但是110M以上的调制信号无法分析
 - 专用接收机
- 示波器——最通用的宽带接收机
 - 泰克示波器，可以提供最高达20GHz带宽，可直接采集分析Ku波段以内的射频信号
 - 配合各种分析软件，对调制参数进行测量



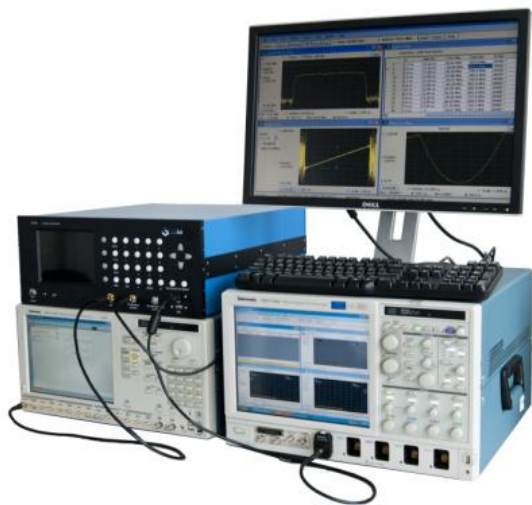
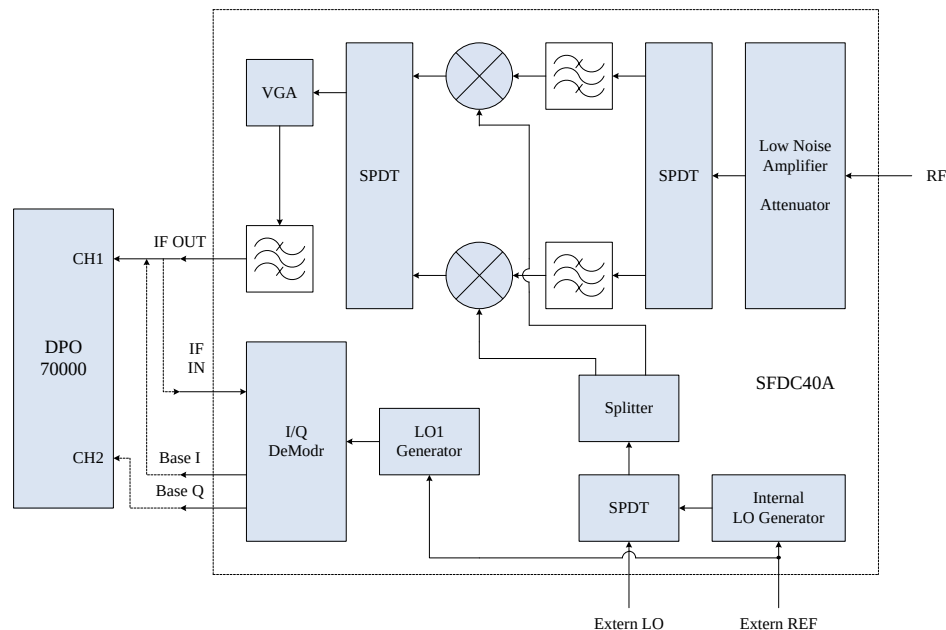
宽带信号分析的需求（矢量分析软件+示波器）

(分析带宽 > 110 MHz)

- 超宽带雷达信号
 - SAR 雷达-带宽超过2G
 - 窄脉冲雷达—（如1ns 脉冲宽度）
 - 捷变频雷达 一带宽达到500M
- 宽带通信
 - 卫星通信-带宽达到800M
 - UWB 通信一带宽达到1G
 - 扩频通信
- 频率跳变信号
 - 跳频电台一带宽达到100M
 - 其他跳频通信系统



宽带矢量信号分析方案



- **DPO73304D**
 - 带宽33GHz
 - 采样率100GS/s
 - 带宽平坦度: $\pm 0.5\text{dB}$
- **SignalVu**
 - 矢量信号解调软件
 - 27种雷达脉冲测试项目
 - 支持调制线性度、相参测试
 - 创新的脉冲压缩信噪比测试
 - 时域、频域、调制域联合测试
- **SFDC**
 - 载波频率范围: 1~40GHz
 - 信号功率范围: -70~+10dBm
 - 本振信号泄漏: $\leq -50\text{dBc}$
 - 噪声系数:
 - $\leq 10\text{dB}$ (< 20GHz)
 - $\leq 15\text{dB}$ (20~40GHz)
 - 可调增益: -10~90dB

SignalVu 的功能

- 时间相关多域观测
- 雷达分析功能
 - 脉内解调
 - 多脉冲分析
 - 捷变频分析
 - 脉冲分析软件
- 数字通信分析功能
 - 分析区域的选择
 - 多域分析
 - 跳频信号分析
 - 宽带信号解调

SignalVu真正的时间相关多域观测

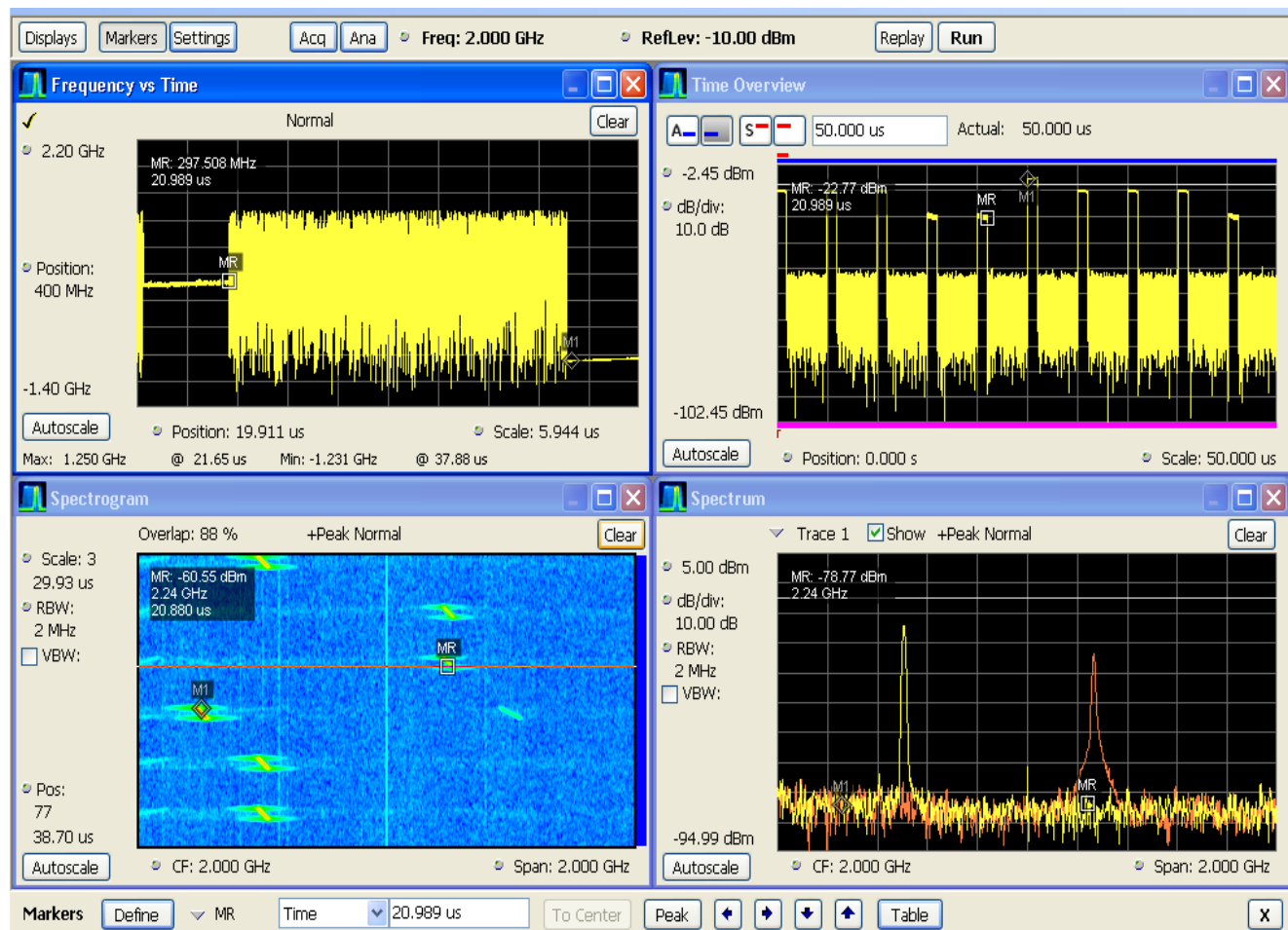
■ Time overview

作为多域相关的核心

■ 三维频谱图也可以和其他域相关测量

■ 可以计算两个频谱，一个用Chrip-Z方式计算，另外一个用FFT方式计算，一个用来观测频谱，一个用来分析频谱随时间的变化

■ 分析窗和频谱窗各自独立



雷达自动分析软件

- 频域

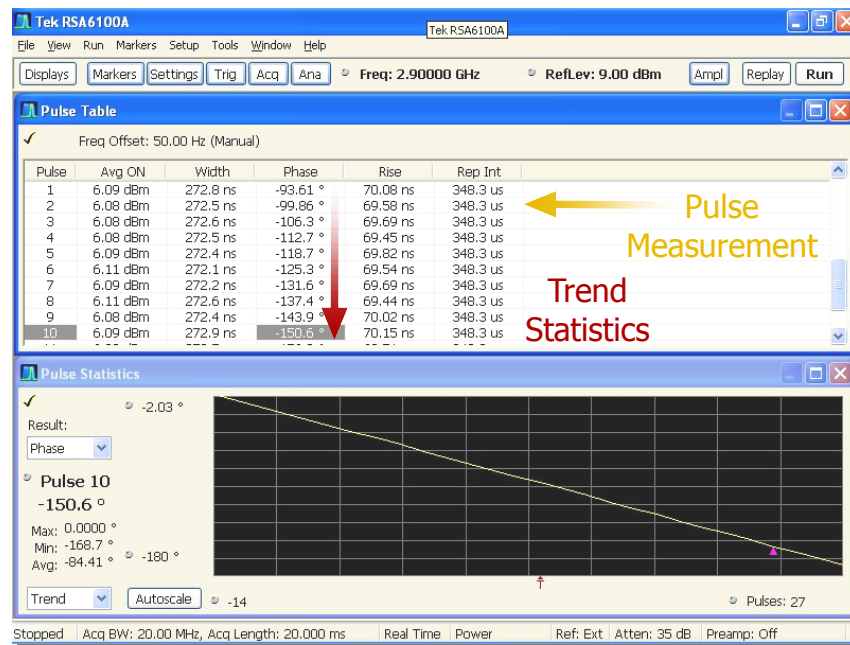
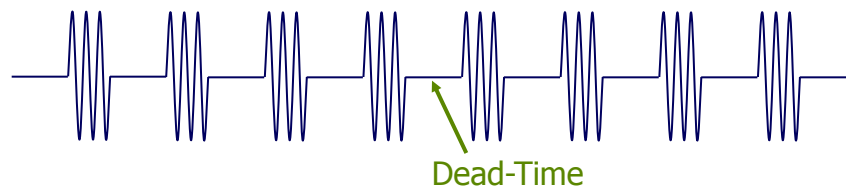
- 杂散问题
 - SW 问题
 - 瞬态问题
- 占用带宽
- 发射带宽
- 通道功率
- 相邻信号功率

- 时域

- 单脉冲测试
 - 脉冲定时特性
 - 脉冲包络测试
 - 模拟解调— FM Linear Chirp
 - 数字解调
- 多脉冲测试
 - 脉冲到脉冲的参数分析
 - 参数趋势分析
 - 系统性能整体评估

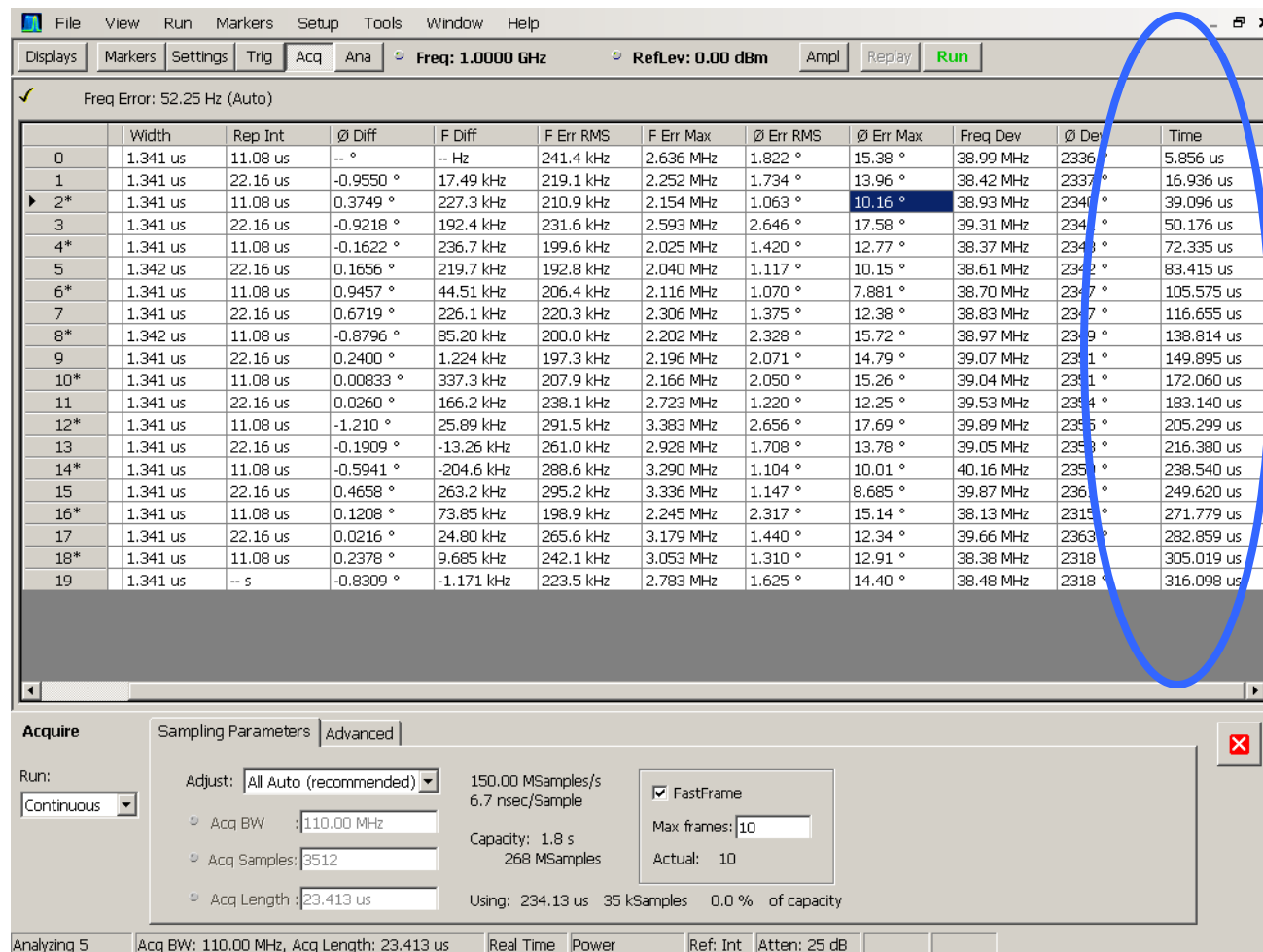
雷达自动分析软件—多脉冲分析

- 分析脉冲序列
- 自动消除空的时间
- 列出表格
- 这是脉冲到脉冲相位的测试例子



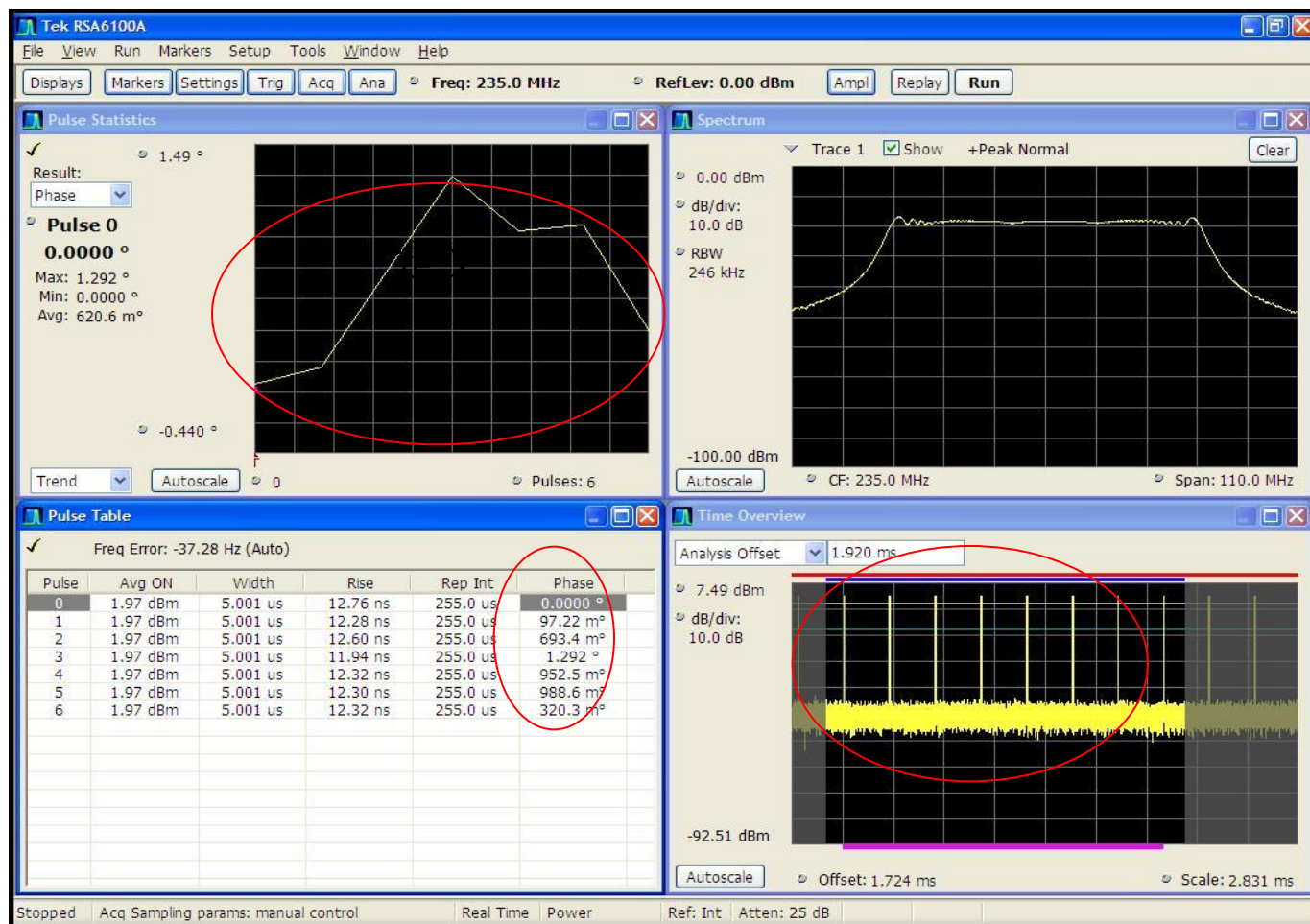
雷达自动分析软件—脉冲时间

- 从采集的开始，
每个脉冲的精确时间

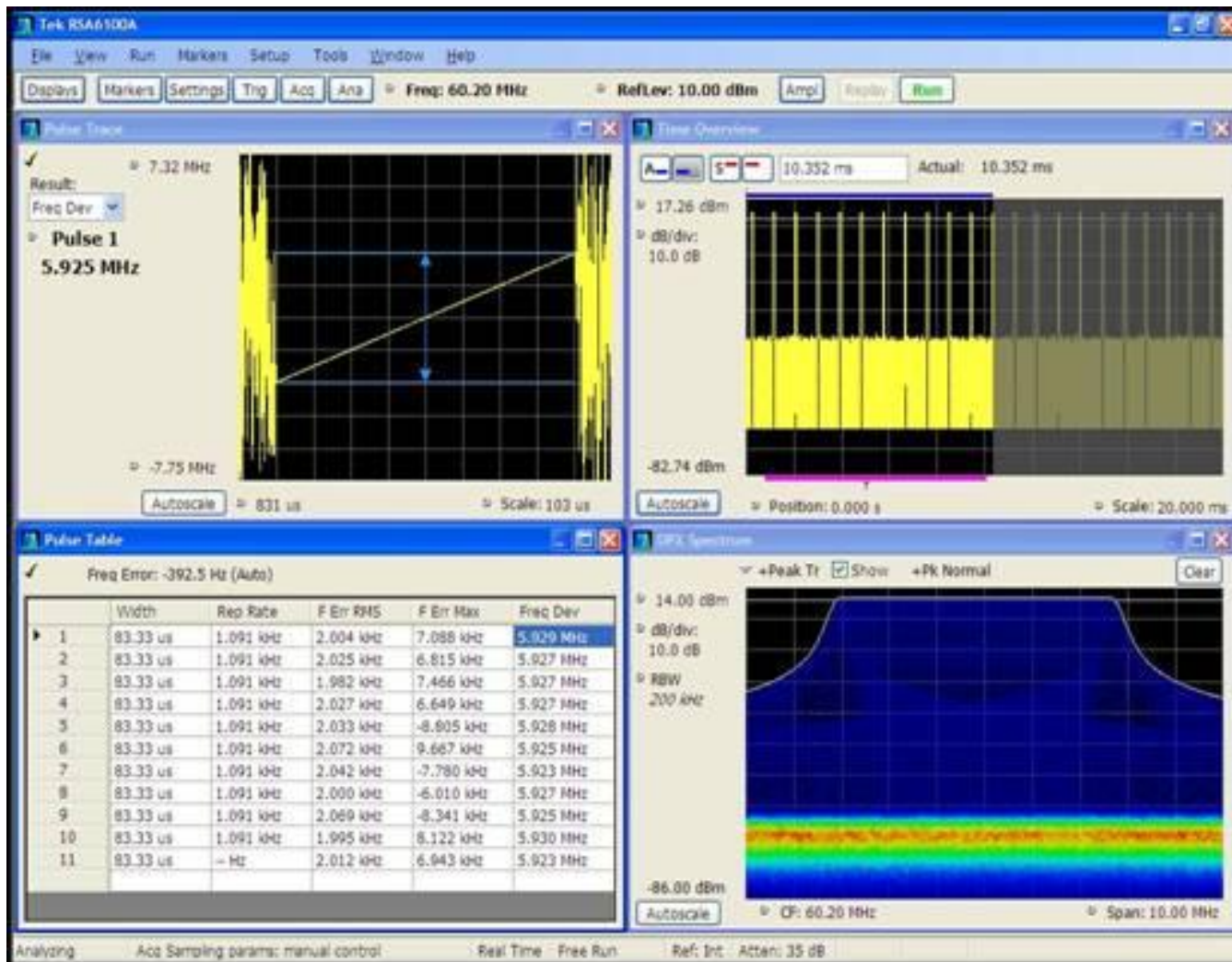


创新的雷达性能测试—相参测量

- 脉冲分析套件作为相参分析的载体
- 提供多脉冲的趋势分析



创新的雷达性能测量—线性调频雷达线性度测量



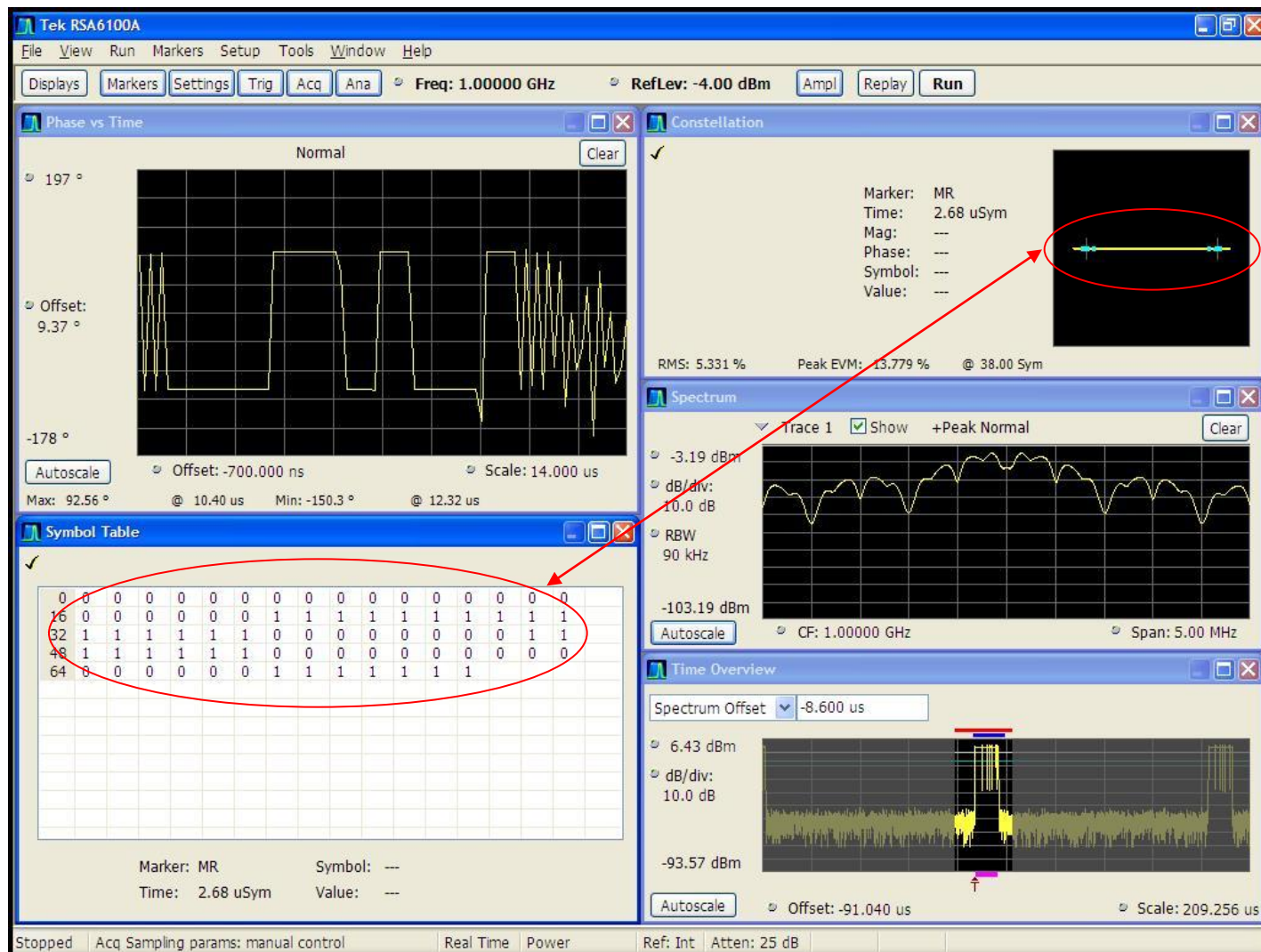
SignalVu对宽带调制信号的分析功能

■同时进行
模拟数字解
调

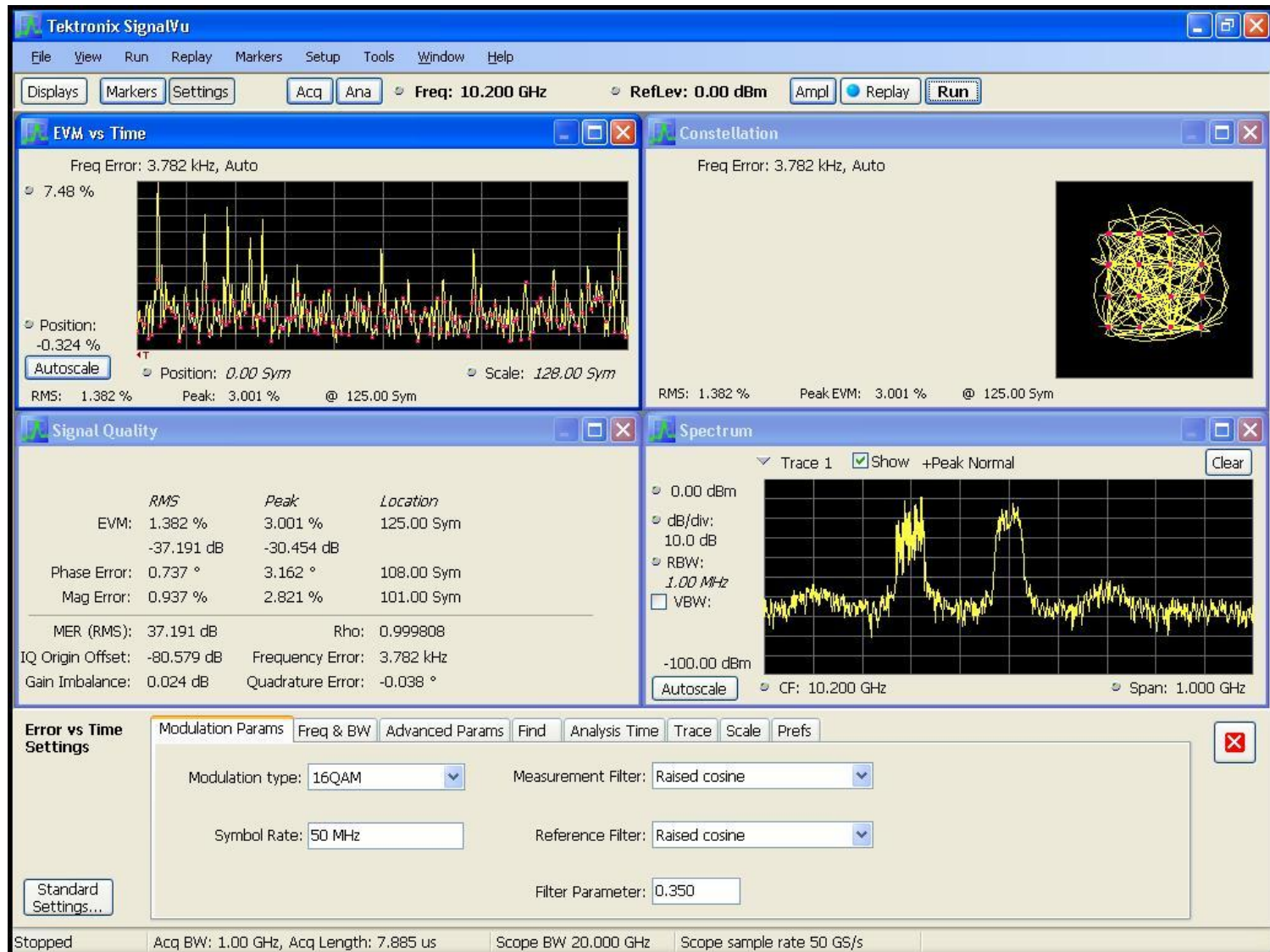
■“指哪打
哪”

■分析窗和
频谱窗个子
独立

■可变分析
窗，矢量分
析和频谱分
析各不耽误

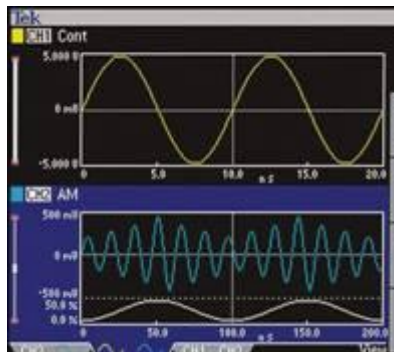


宽带矢量信号应用实例-多载波数字调制信号

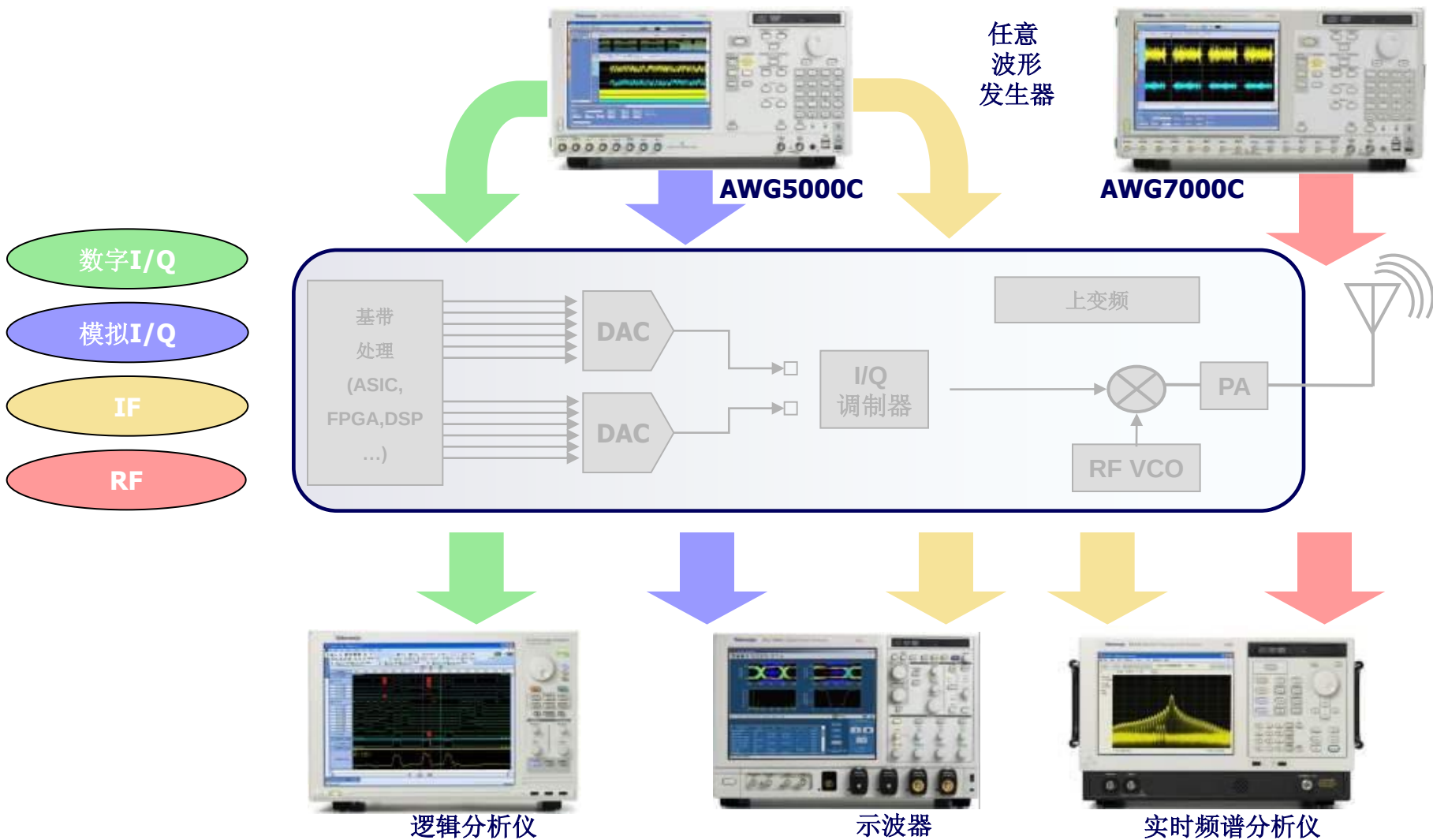


Tektronix™

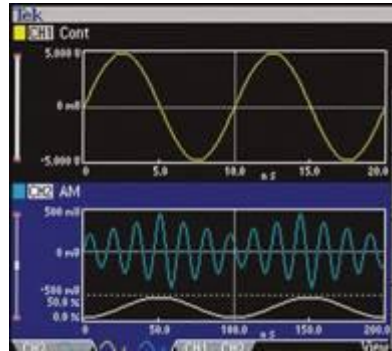
泰克各种仪器互联组建完整解决方案



无线技术无处不在, 数字RF测试
泰克复杂数字RF信号测试解决方案



Tektronix®



Thank You For Attending!