

# Tektronix

## 突破传统射频测试的新型解决方案



# 议程

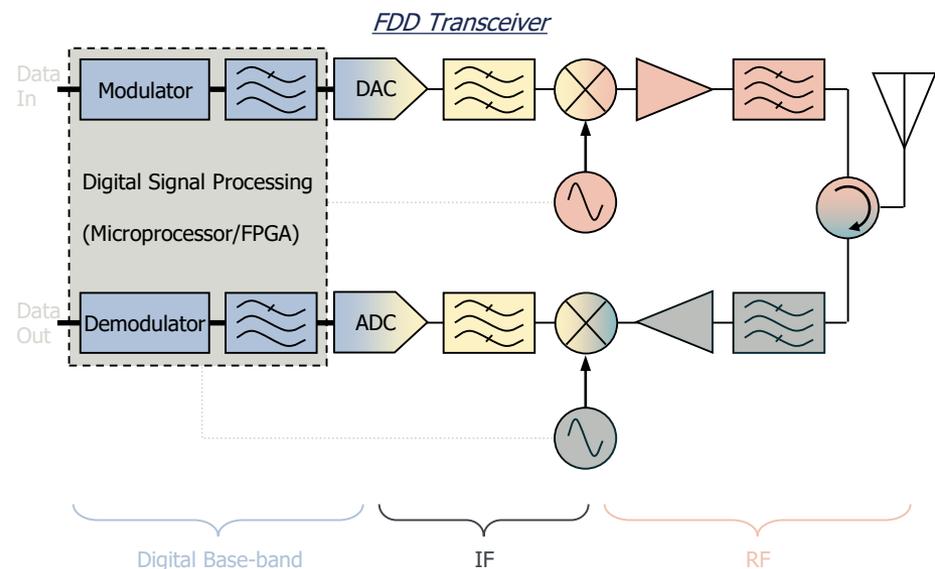
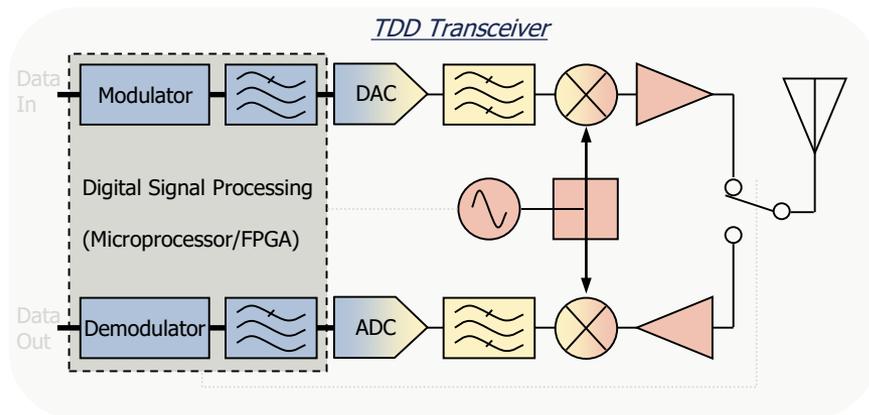
## AGENDA

- 下一代复杂宽带射频技术的测试挑战
- 泰克针对下一代复杂宽带射频技术的混合信号测试方案
  - 复杂电磁环境
  - 宽带雷达
  - 宽带通信
  - EMI测试
  - RFID测试
  - 下一代无线通信
- 总结

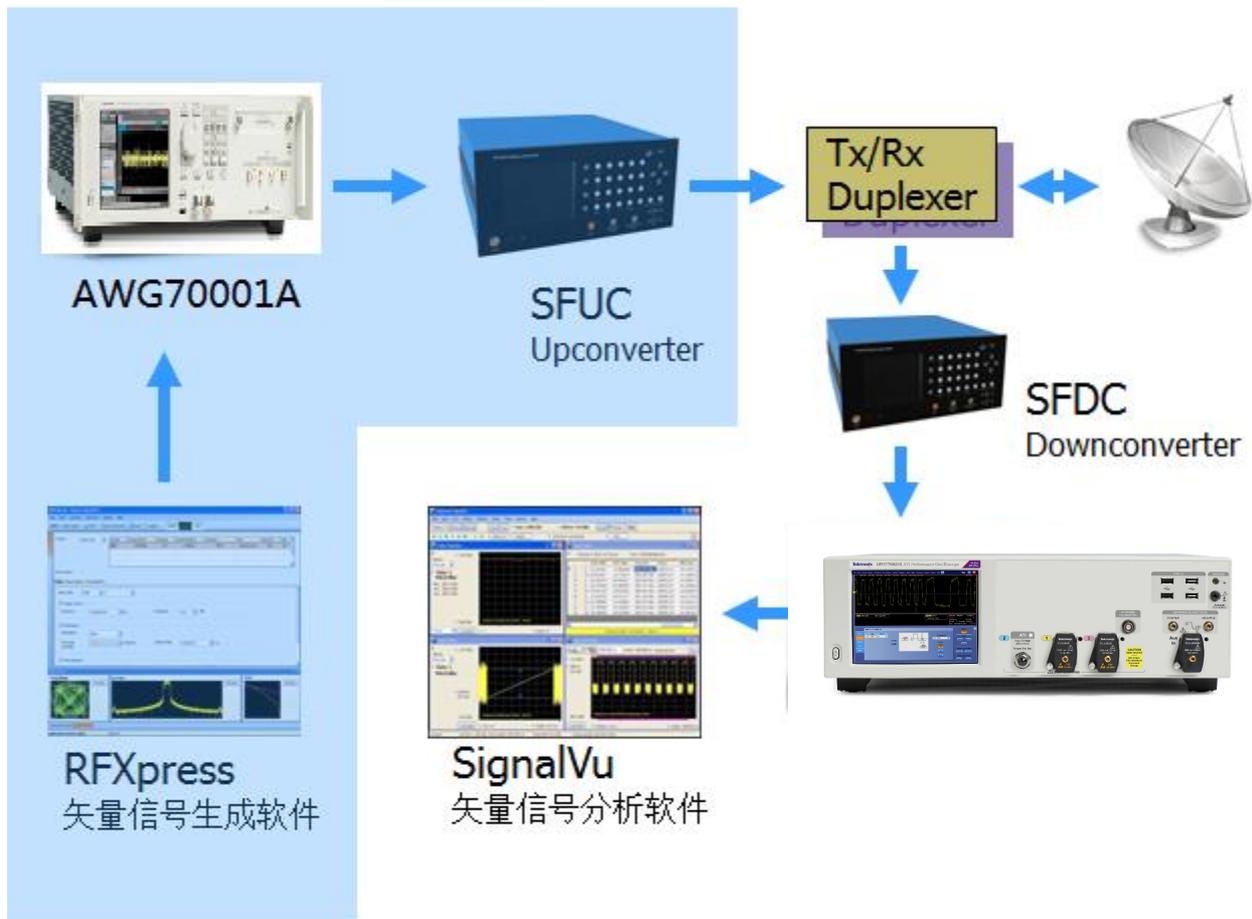


# 下一代宽带RF信号的测试挑战

- 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
  - 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
  - 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
  - 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

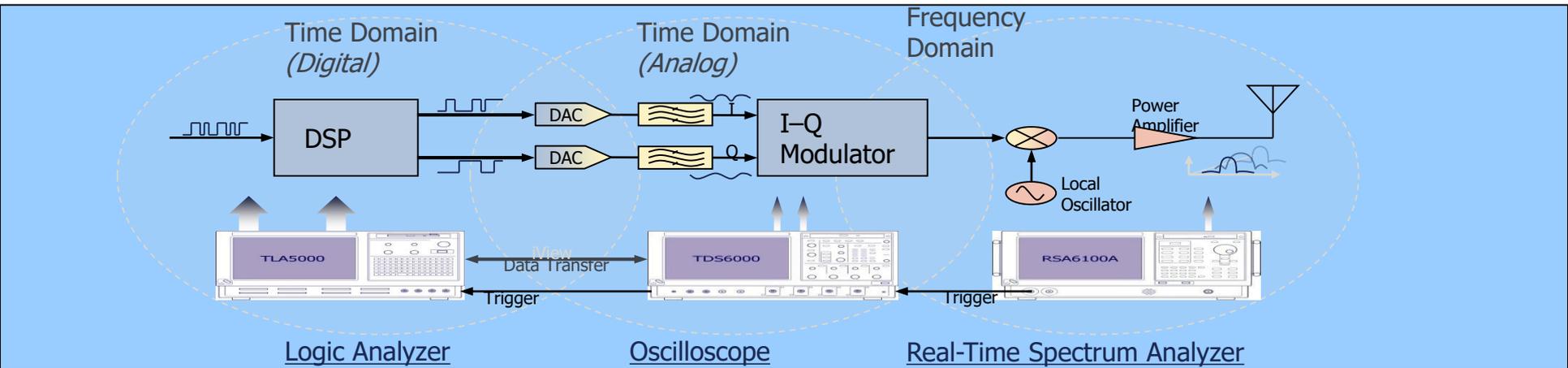


# Tektronix 宽带射频系统应用框图



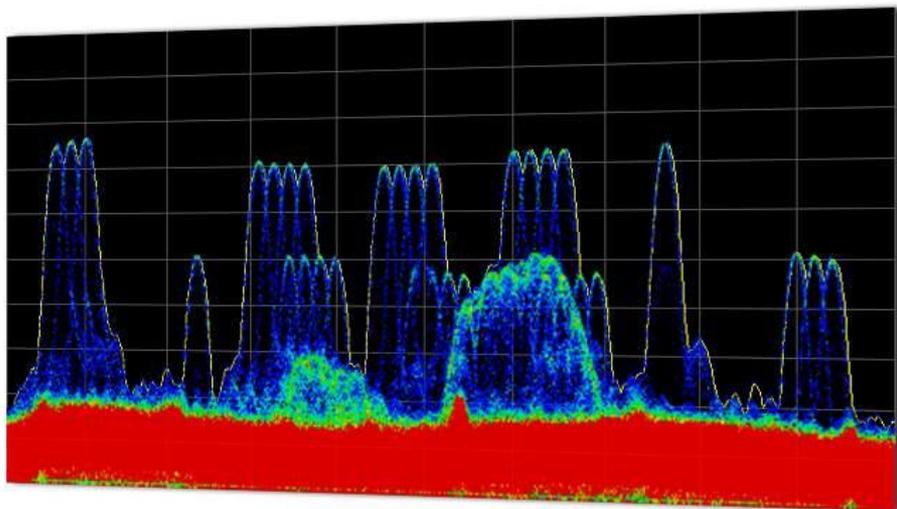
- 完整闭环测试系统
- 支持全环路幅相一致性自动校准
- 支持双通道
- 支持各种现代体制通信及雷达信号产生及分析
- 系统组成简单，使用方便快捷，易于维护

# 应用一：复杂电磁环境信号测试



# 复杂电磁环境的定义

- 时间上突发多变
- 频率上拥挤重叠
- 能量上高低分布
- 方向上纵横交错



# 复杂电磁环境下的频谱监测

- 必须动态监测频谱活动
- 时短信号，突发干扰的发现和定位
- 实时记录复杂背景下的信号
- 复杂电磁环境的定量分析

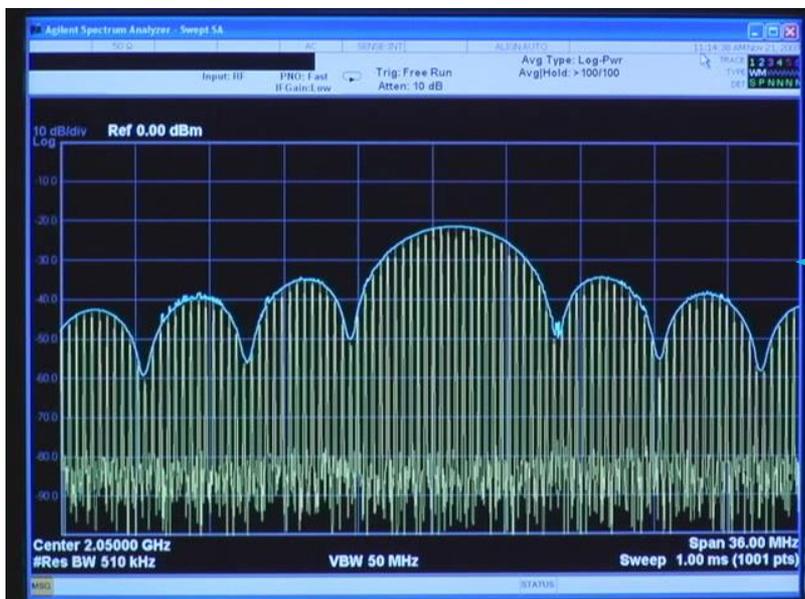


© 2010 02/2010 3171-000000

# 传统测量手段难以发现故障和未知的信号特性

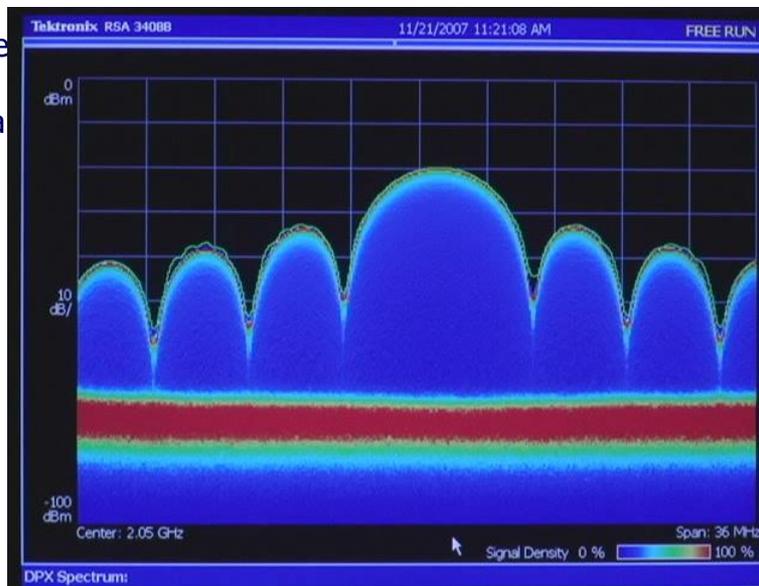
Swept Spectrum Analyzer

RSA6100A with DPX™ Spectral



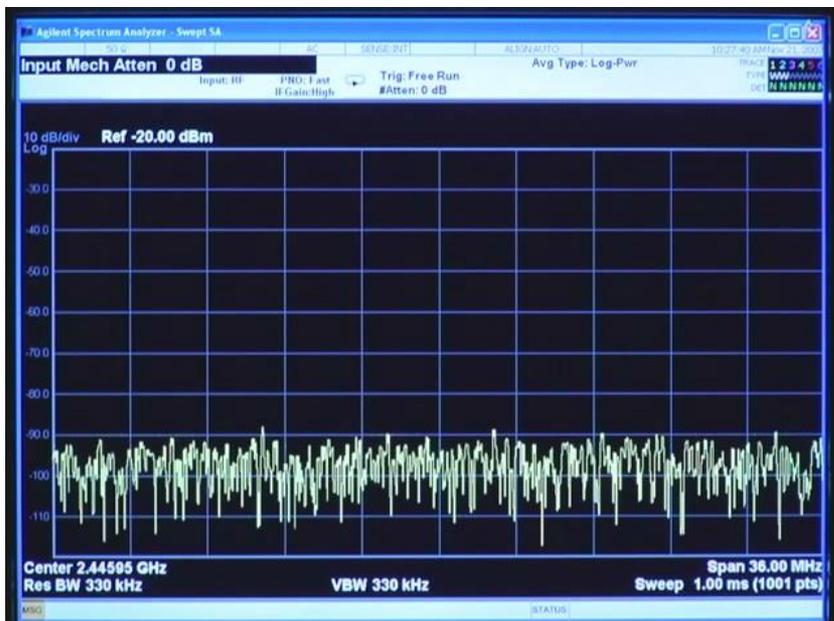
Same Test Signal

?



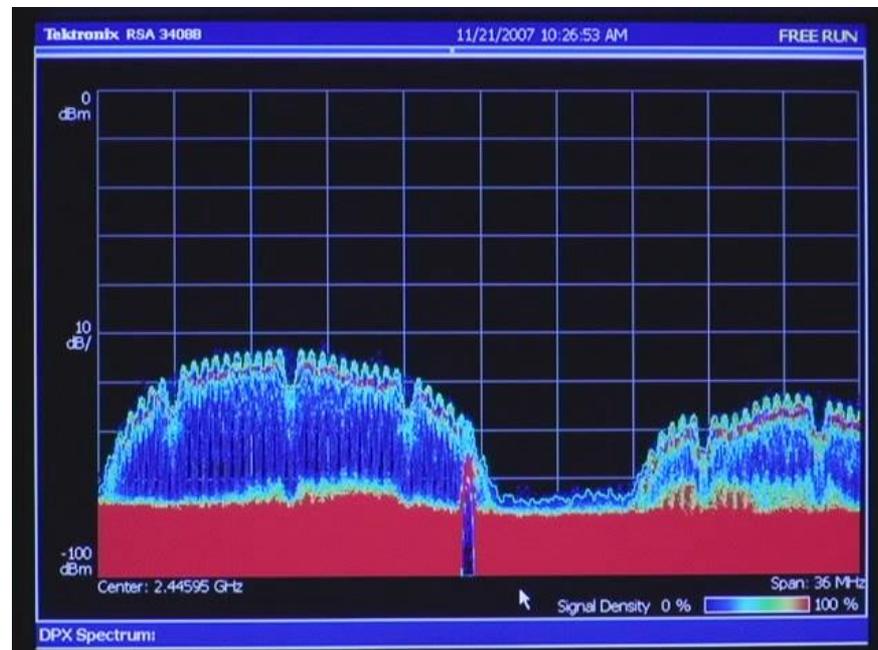
Low Level Signal

# 通信信号的同频出现



## 挑战

- ▶ 监测非法信号
- ▶ 发现干扰源
- ▶ 识别，分类



## 传统方案

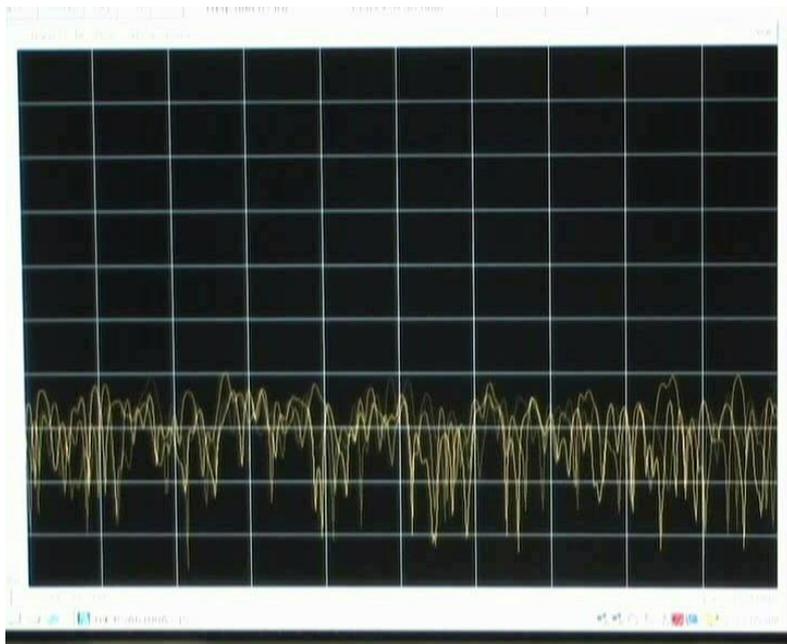
- ▶ 低的监测概览
- ▶ 低的POI 截获概率
- ▶ 分析功能有限

## 泰克优势

- ▶ DPX: 100%发现信号
- ▶ FMT: 精确定位故障
- ▶ Analyze: 超强分析功能

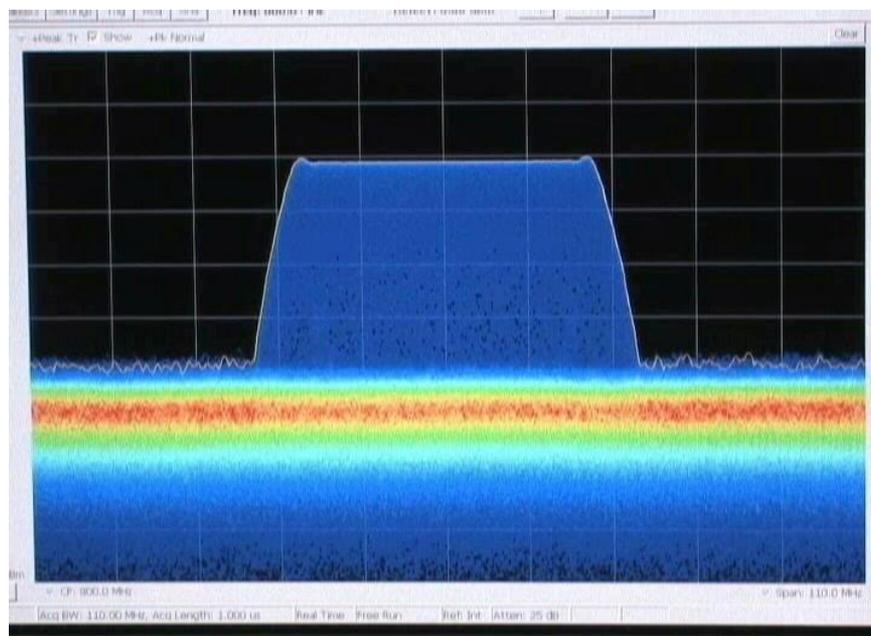
# “发现”问题比”解决“问题更重要

## DPX™ 频谱 – 生动的RF事件观测



传统频谱观测

- 错过随时间变化信号的真是特性
- 对快速的信号具有低的POI
- 信号的统计特性无法被观测到



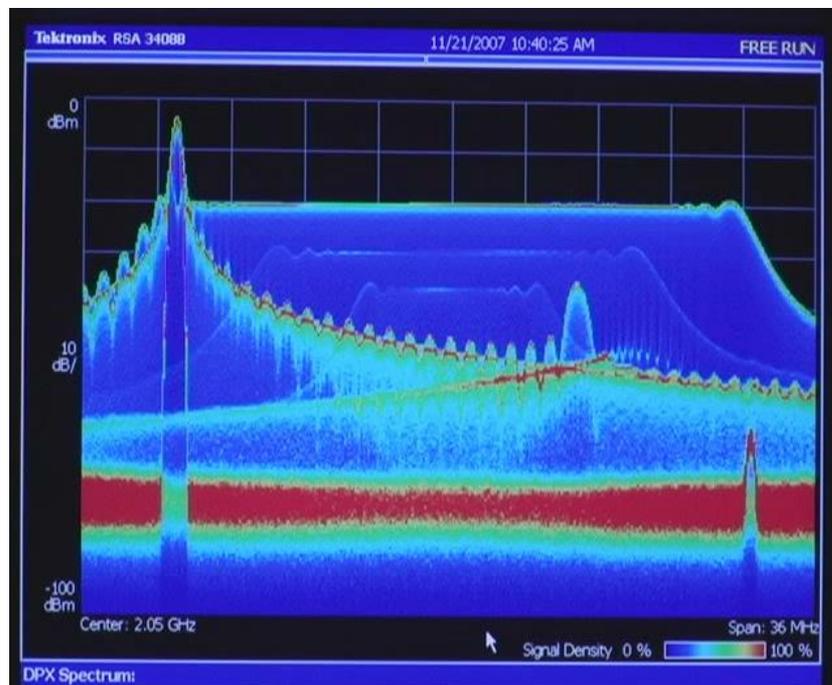
实时频谱观测

- 观测信号随时间变化的真是特性
- 对低于24us的信号具有 100%POI
- 信号的统计特性可以通过色温的可变余晖和无限余晖表现出来

# 复杂电磁环境实例

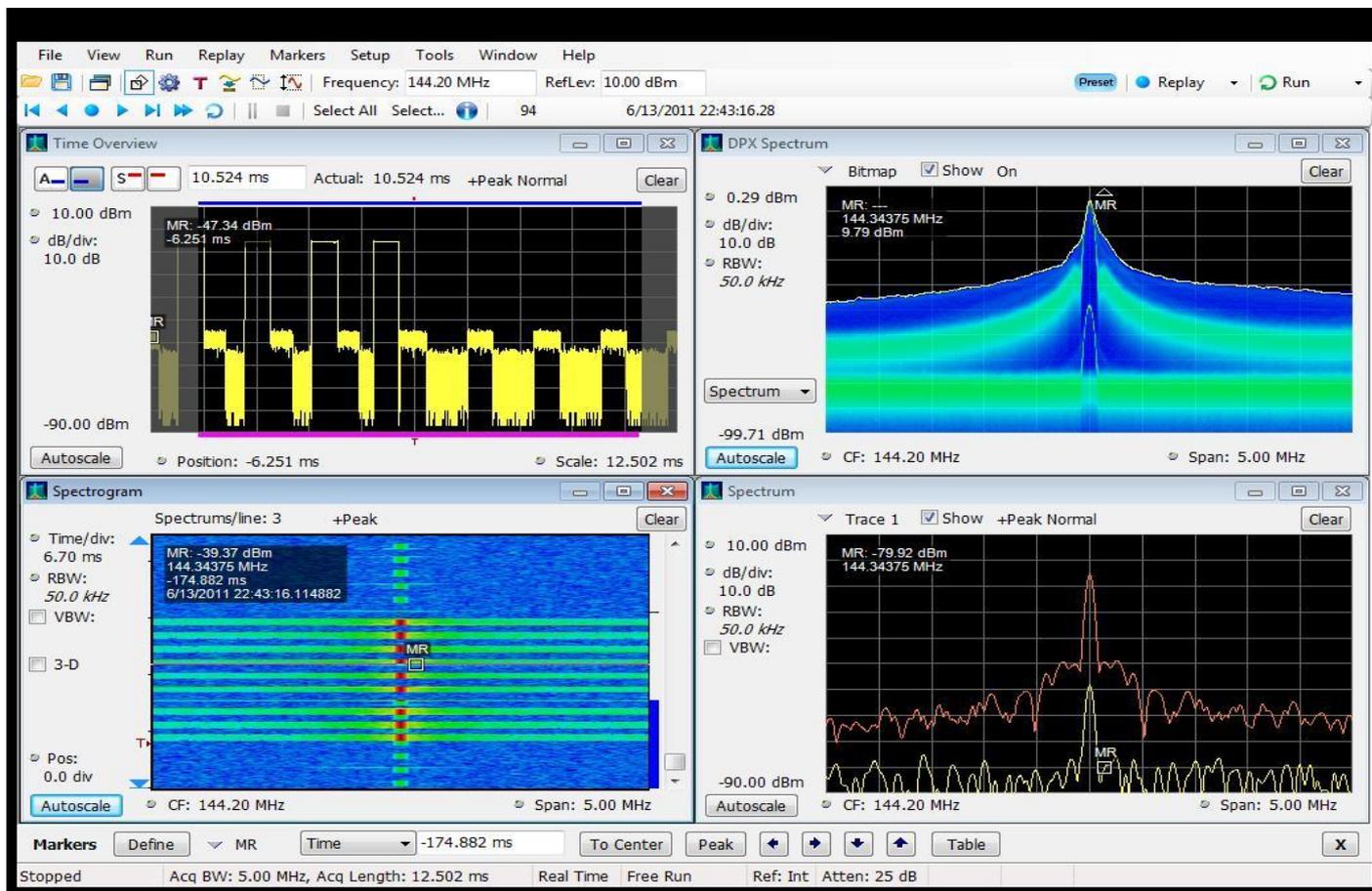
## DPX频谱观测

频率上拥挤重叠  
雷达信号共用同一频点



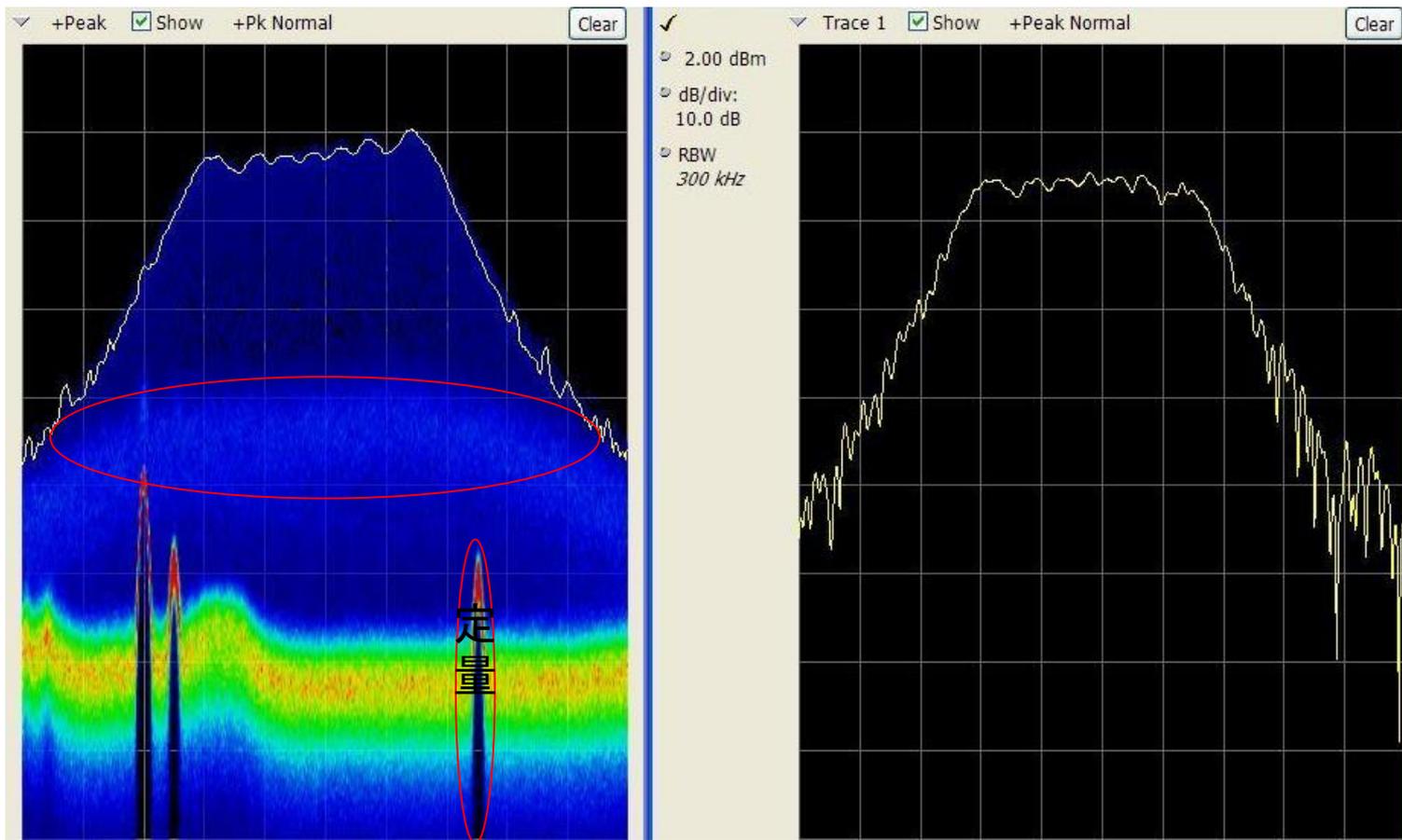
# 复杂电磁环境实例

- 能量上高低分布
  - 两个同频点信标

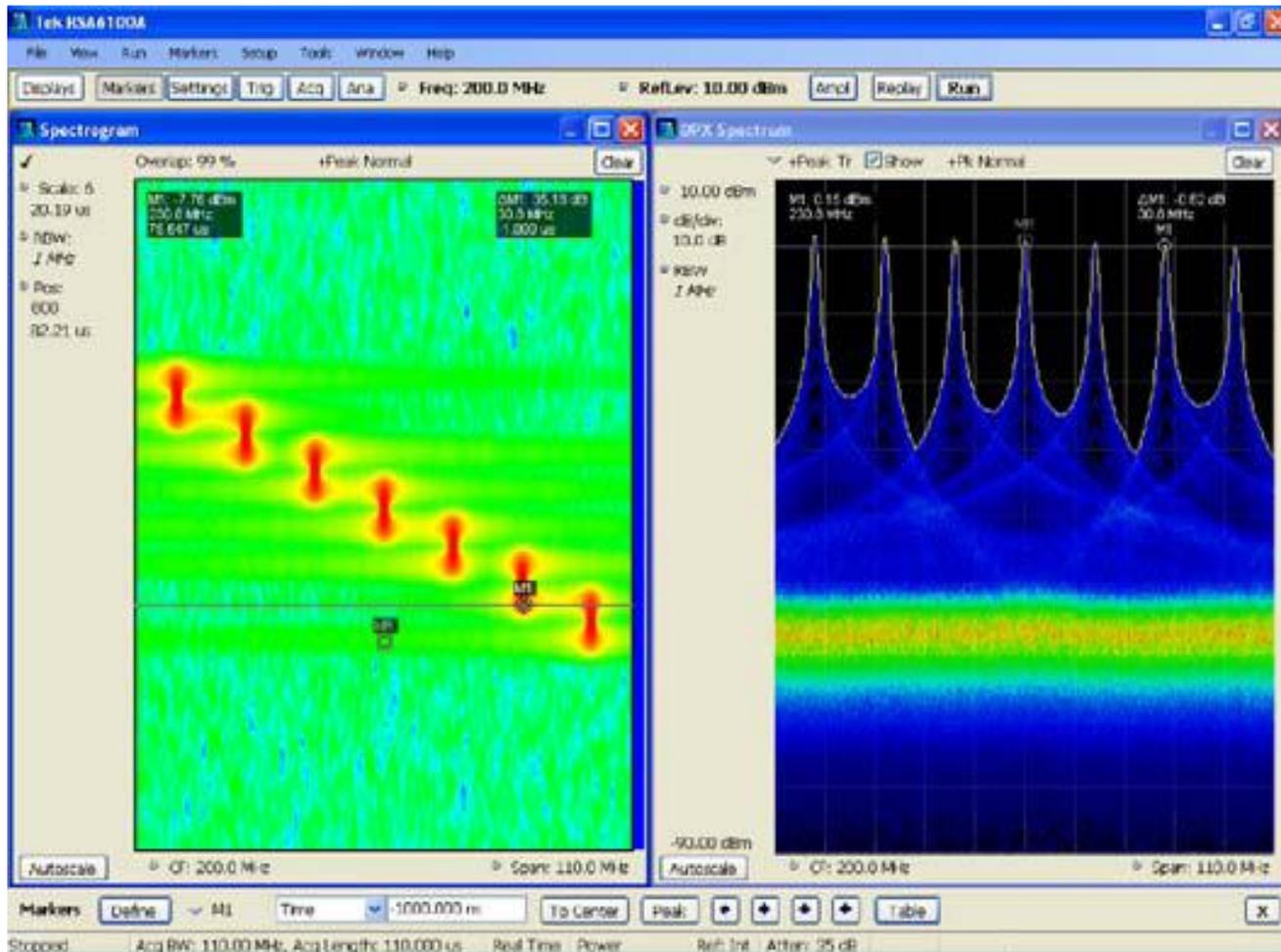


# 实时发现潜在故障

- 存在本振泄漏
- 存在偶发噪声
- 发现问题比解决问题更重要



# 跳频信号监测

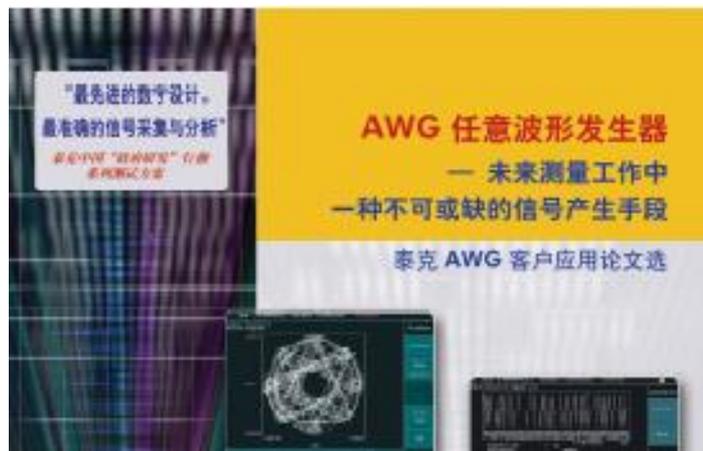


# 信号源类型

- 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

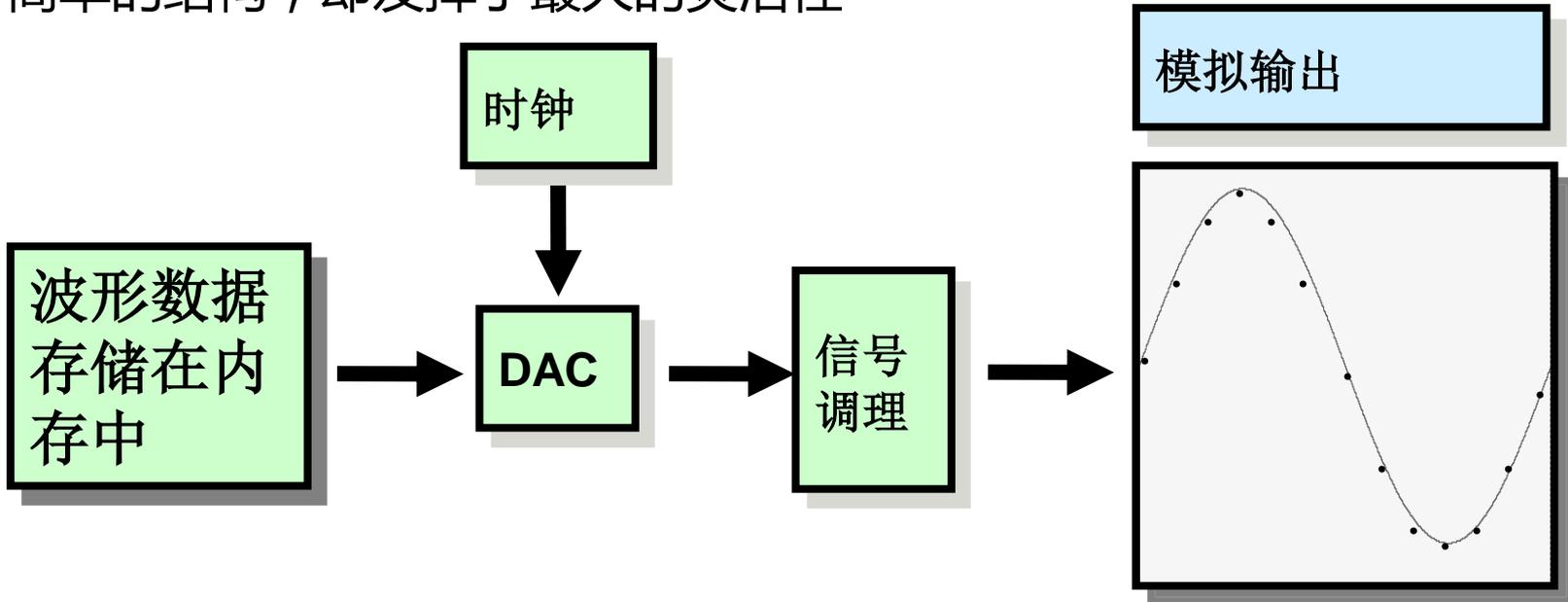
# 高速任意波形发生器——一种在未来不可或缺的信号源

- 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）
  - 宽带数字调制信号
  - 高速带压力的串行信号
  - 高速脉冲信号
- 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
  - 回放复杂电磁环境信号



# 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。
- 简单的结构，却发挥了最大的灵活性



# 泰克复杂电磁环境的仿真



RFXpress - Environment.rfs

File View Configure Waveform System Window Help

Select: Environment ▾ IF/RF ▾ Calibration ▾ Overview ▾ Find Instruments ▾ Graph ▾ Compile ▾ On/Off

Waveform List

- Generic Signal
- UWB
- Radar(1)
- OFDM
- WiFi
- WIMAX
- GSM(1)
- CDMA(1)
- W-CDMA
- DVB-T
- User Defined
- Noise

Carrier Magnitude Peak: 0.000 dBm

**Radar 1**  Turn On

Carrier Frequency: 1.000000000 G Hz

Power: 0.00 dB

Start Time: 0 p s

Duration: 11.000000 μ s

Periodically Extend

Configure...

**CDMA 1**  Turn On

Carrier Frequency: 900.000000 M Hz

Power: 0.00 dB

Start Time: 0 p s

Duration: 26.667040000 m s

Periodically Extend

Configure...

**GSM 1**  Turn On

Carrier Frequency: 955.000000 M Hz

Power: 0.00 dB

Start Time: 0 p s

Duration: 4.615360000 m s

Periodically Extend

Configure...

**GSM Configure**

ARFCN: 100

Frequency band: P-GSM\_900

Transmit device: Base

Radio format: GSM

Timeslot burst type: GSM

Modulation: EDGE, EGPRS2A, EGPRS2B

Timeslot timing mode: 157 symbols\*2 timeslots, 156 symbols\*6 timeslots

Timeslot configuration: All timeslots

OK Cancel

Magnitude (dB)

Frequency (Hz)

Duration (s)

GSM 1

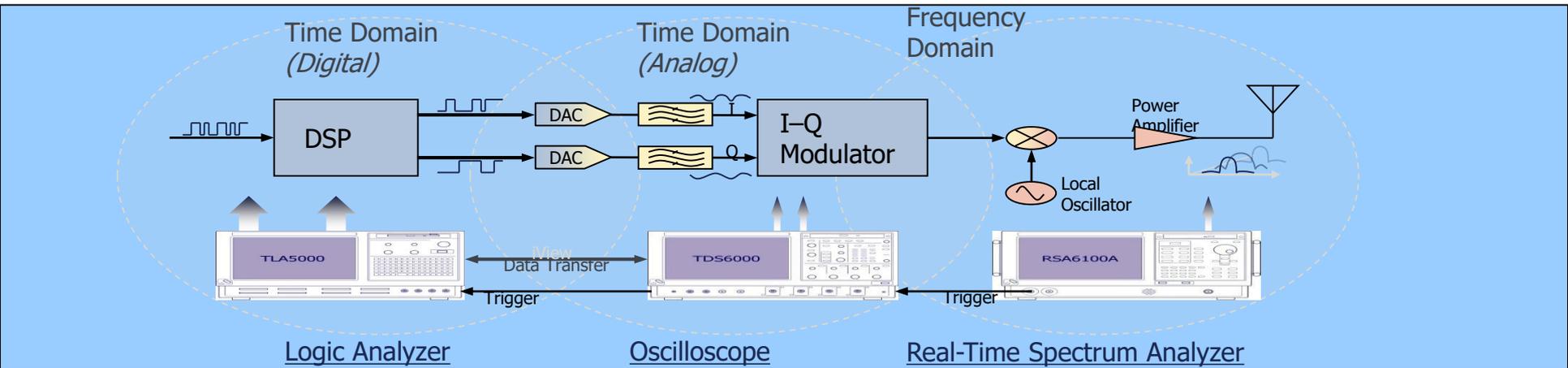
CDMA 1

Radar 1

Instrument Control Graph Preview

Application: Environment AWG NA Active RF Waveform: Waveform1

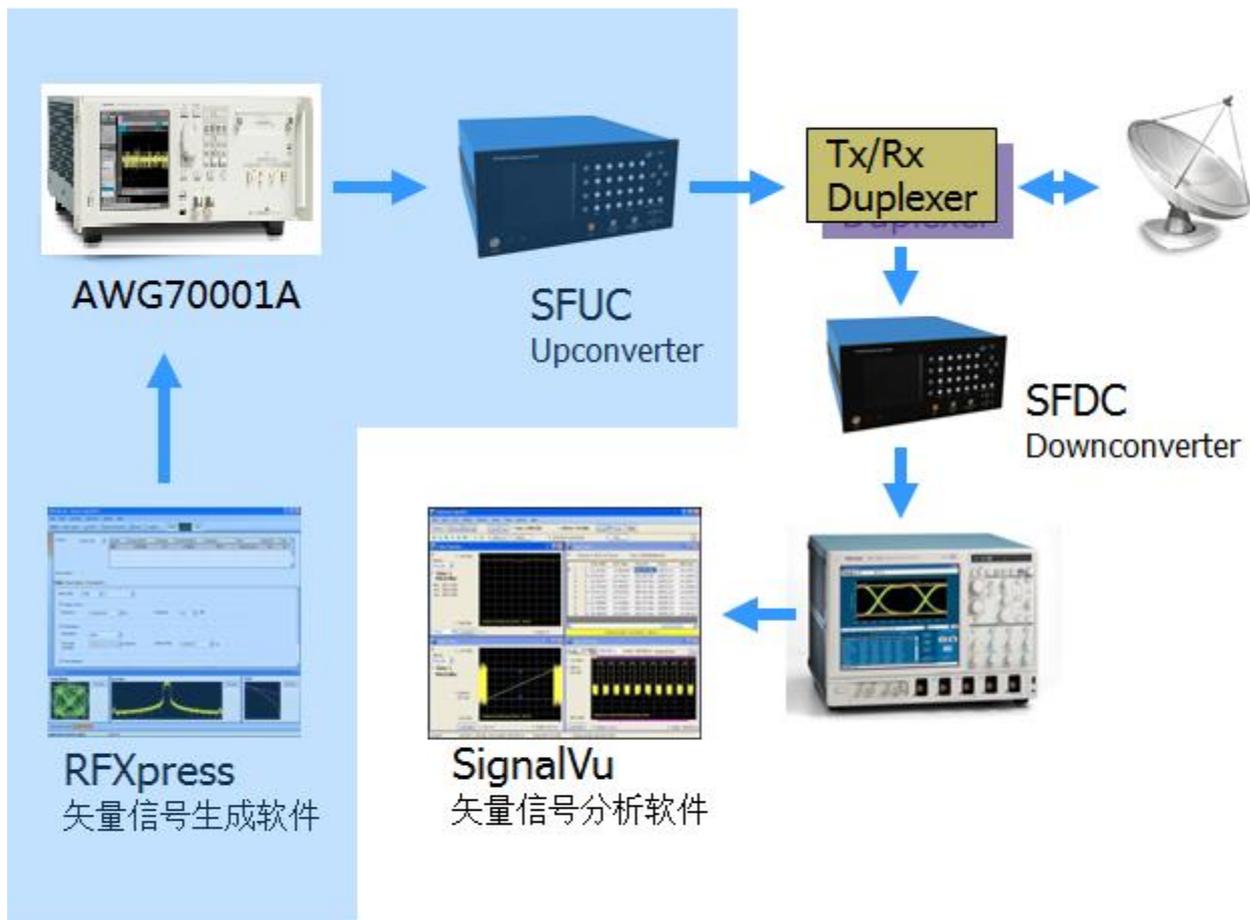
# 应用二：宽带雷达系统测试方案



# 使用AWG产生超宽带雷达信号

- 挑战
  - 随着先进雷达体制不断涌现，在雷达测试信号仿真方面，提出了更高的要求。新体制雷达对信号源的主要要求有：足够的带宽，特别是在合成孔径雷达等超宽带系统中，对输出带宽要求可达4GHz以上；严格的时序关系，以模拟确定的PRI、相位和频率随时间变化的特性；灵活的操作，可根据实际的信号要求方便地配置输出信号参数，包括理想信号、环境信号、信道情况的模拟；等等
- AWG优势
  - 极高的带宽性能(最高达20GHz)
  - 可在时域、频域和调制域等个视角编辑波形，同时保证信号的时序、频率和相位等的特性
  - 配合适当的波形仿真软件，可以输出各种不同体制的雷达信号
- 示波器——最通用的宽带接收机
  - 泰克示波器，可以提供最高达70GHz带宽，可直接采集分析射频信号
  - 配合各种雷达信号分析软件，对调制参数进行测量

# Tektronix 宽带雷达系统测试方案



- 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

# 业内唯一的高级雷达信号生成信号源+软件RFXpress

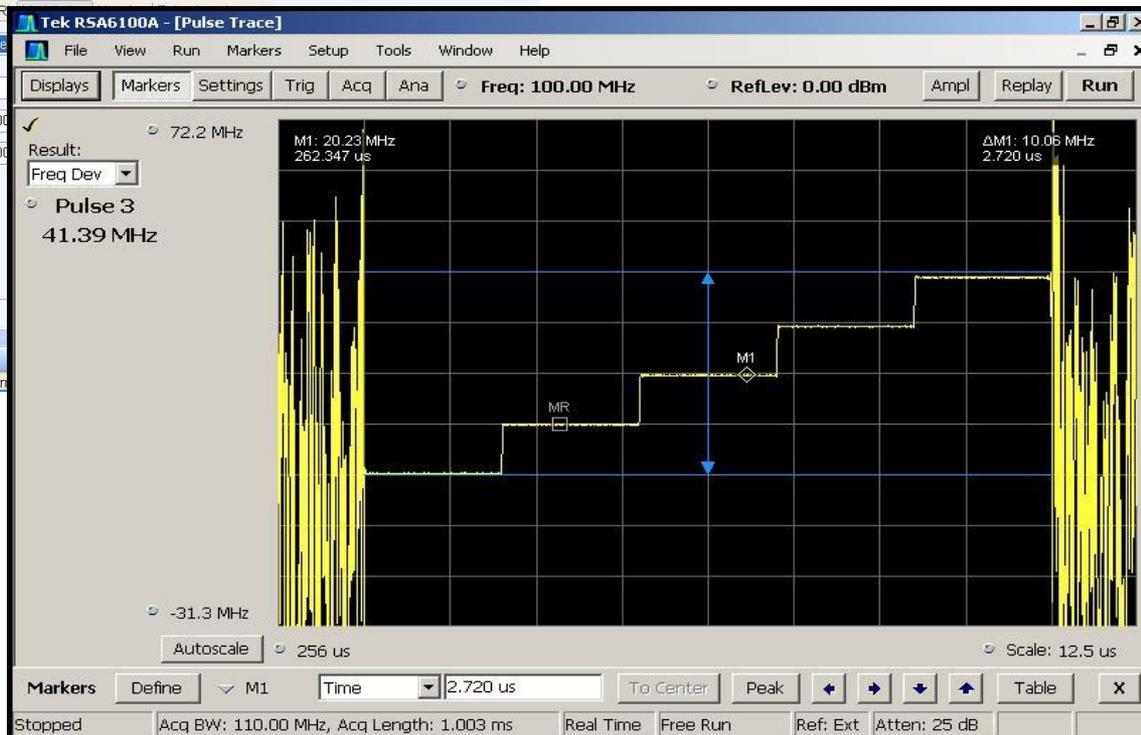
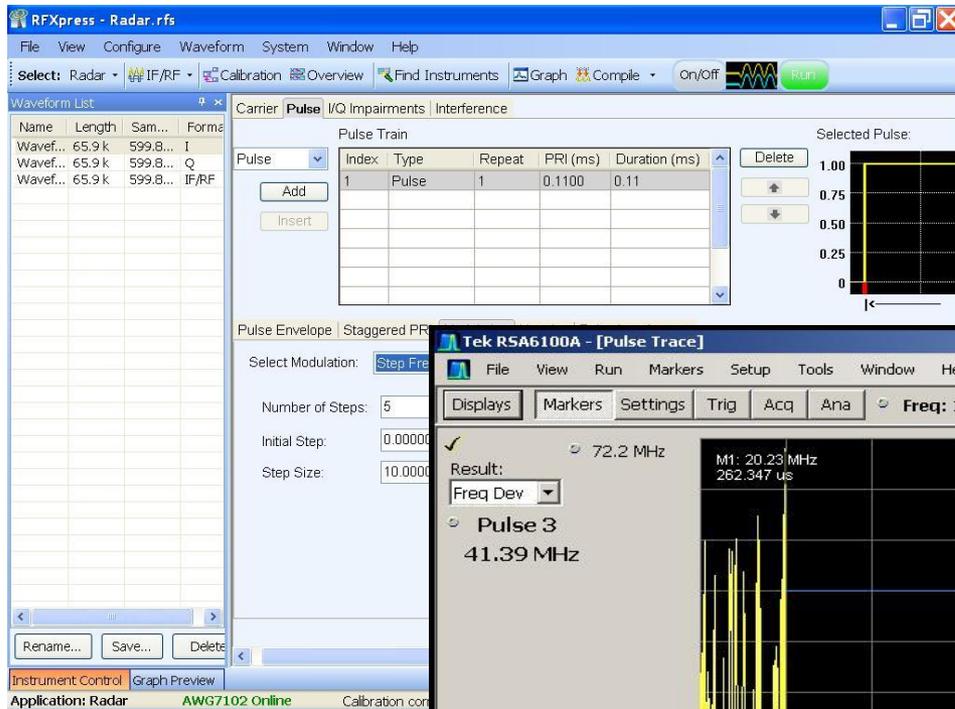
- 针对新型雷达体制的特点和要求，雷达插件为RFXpress加入了以下功能
  - 建立单个或者多个雷达脉冲组，并由此产生相参或者非相参的脉冲序列
  - 每个脉冲组的所有参数均可独立设置。
  - 可在每个脉冲内和脉冲间独立定义幅度变化和频率变化（hopping）
  - 定义雷达脉冲图案，并且以时频图方式显示，便于观察
  - 简便定义所有脉冲参数，包括起始时间、关断时间、上升时间、下降时间、脉冲宽度、跌落和纹波
  - 定义变化PRI的信号，PRI变化可为步进或者用户自定义规律。
  - 建立用户定义的脉冲顺序，并使用AWG的序列模式，在产生大量脉冲信号的同时优化内存使用
  - 支持多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



# 脉内的调制

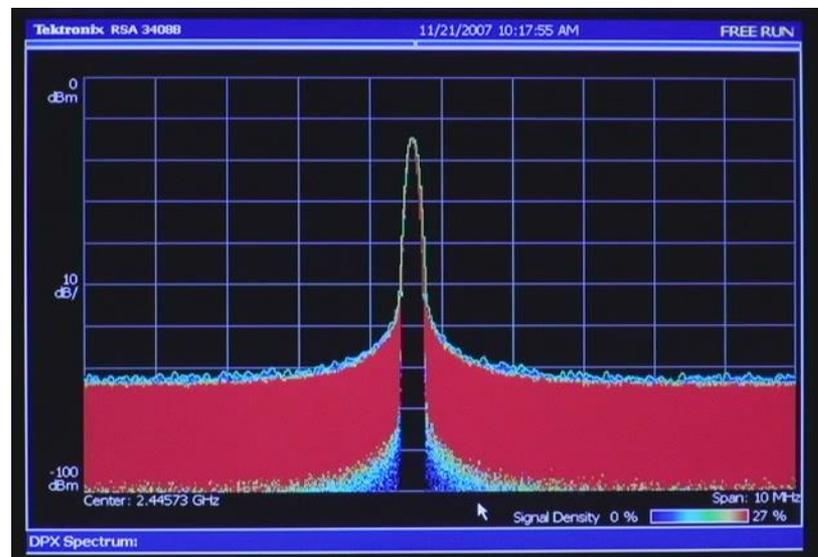
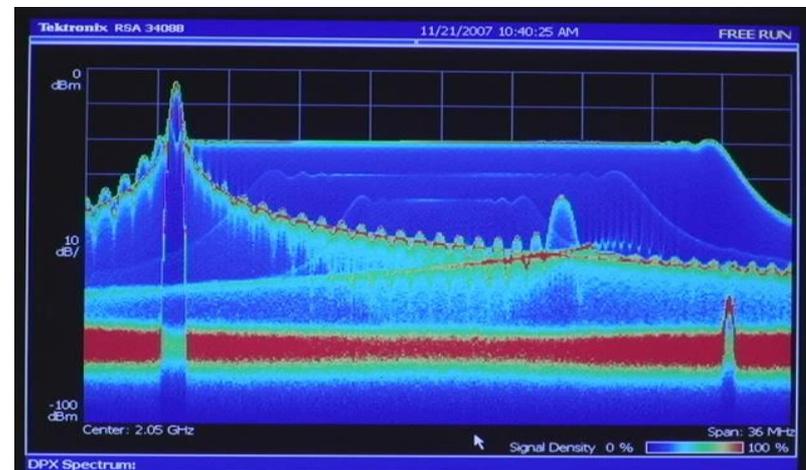
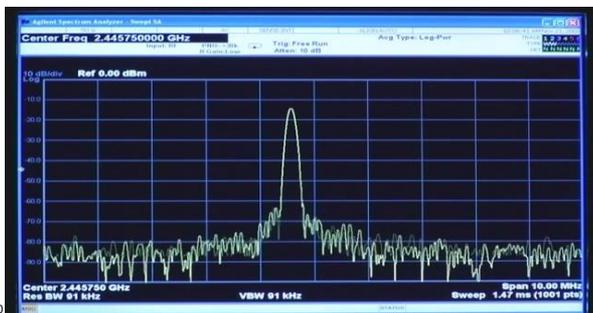
- 支持各种各样的调制

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



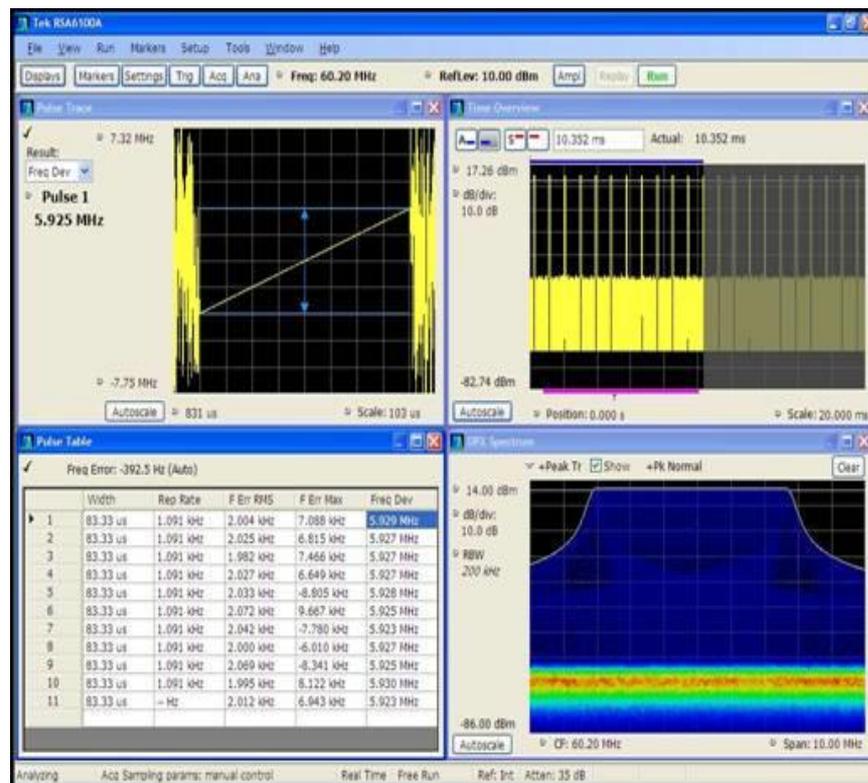
# 实时频谱显示技术(DPX)用于频谱监测

- 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信号



# 示波器作为宽带、超宽带信号采集和分析工具

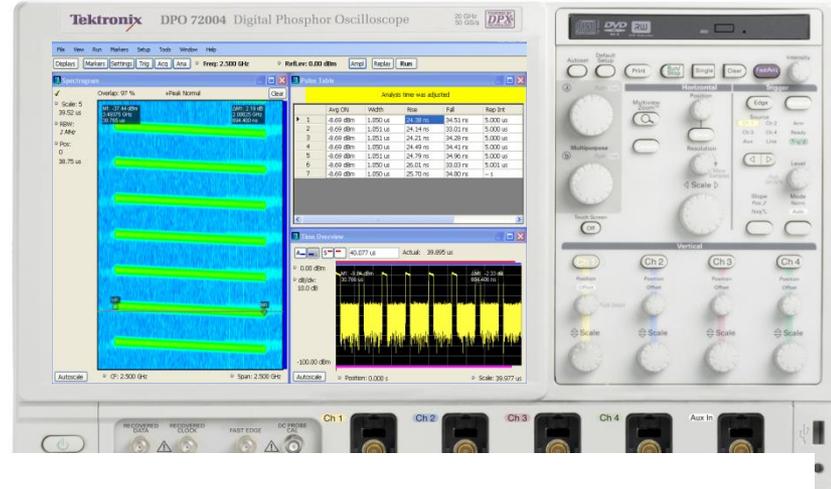
- 165M以上的调制信号，如何分析？
  - 频谱仪是窄带接收机
  - VSA、RTSA动态范围高，但是165M以上的调制信号无法分析
  - 专用接收机
- 示波器——最通用的宽带接收机
  - 泰克示波器，可以提供最高达70GHz带宽，可直接采集分析射频信号
  - 配合各种分析软件，对调制参数进行测量



# 泰克宽带雷达分析平台

## ■ SignalVu

- DPO/DSA70k+ATI and DPO7k series
- 70G的示波器带宽
- 200G的采样率
- 内存 1G



# 超宽带接收机

## ATI 示波器

- 全新超高性能70GHz异步时序交织(ATI)结构
- 全新的紧凑型示波器设计
- 全新同步总线的UltraSync高性能多机



# 主要指标

示波器旗舰，兼具中高端频谱分析仪的射频指标

- 70GHz带宽
- 200G采样率
- 低至-155dBm/Hz@20GHz，-150dBm/Hz@70G的DANL
- 相位噪声1GHz CF，-113dB/Hz @10K offset
- 最高同步4个ATI通道



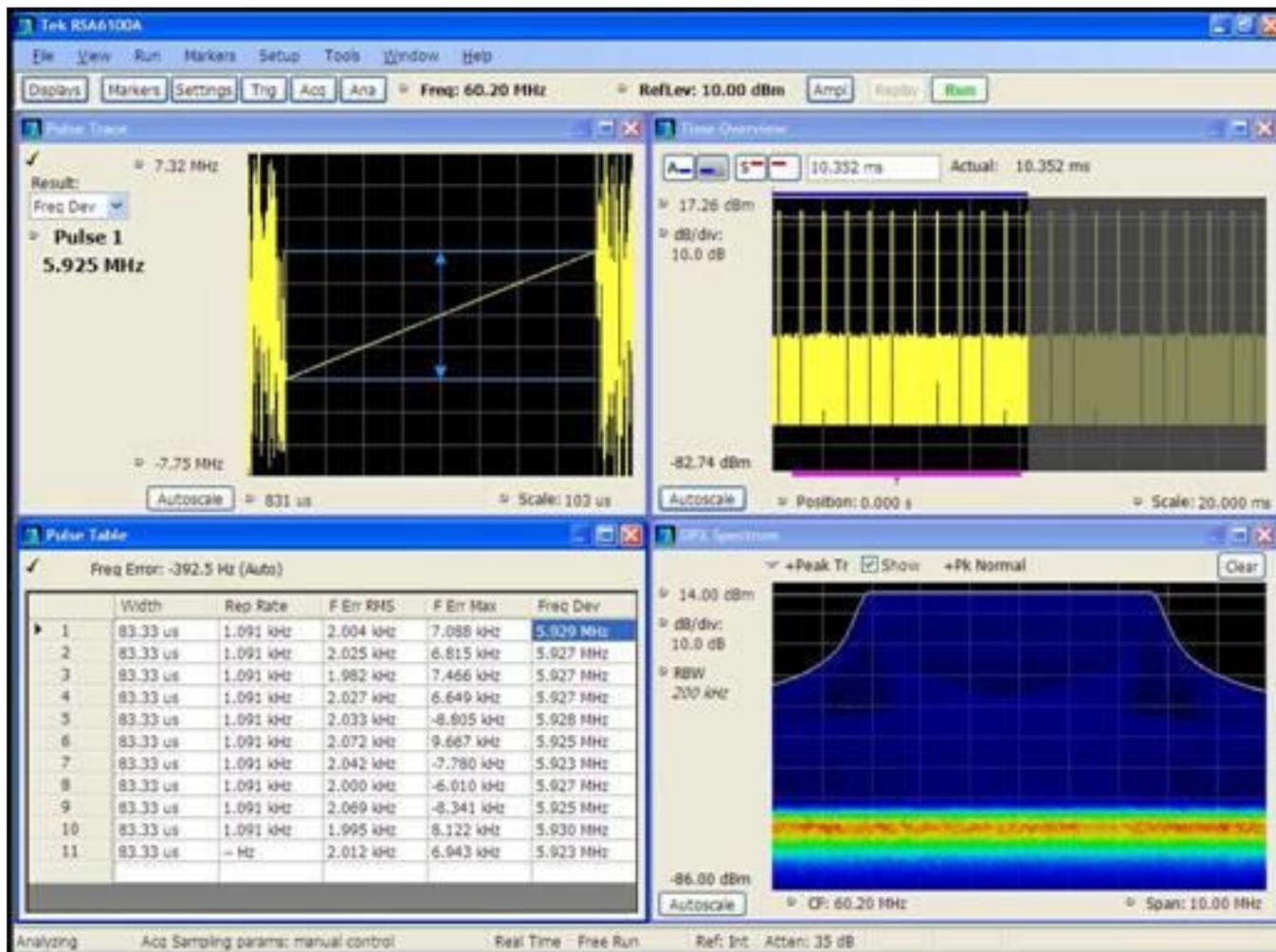
# 雷达自动分析套件—27项

- ▶ **Average ON Power** :平均开功率
- ▶ **Peak Power**:峰值功率, 针对脉冲方式
- ▶ **Average Transmitted Power** :平均发射功率
- ▶ **Duty Factor (Ratio)** : 占空比
- ▶ **Duty Factor (%)** :展空比(百分比显示)
- ▶ **Pulse Width** :脉冲宽度
- ▶ **Repetition Rate (Hz)** :脉冲重复频率
- ▶ **Repetition Interval (Sec)** :脉冲重复间隔
- ▶ **Rise Time** :脉冲边沿的上升时间
- ▶ **Fall Time** 脉冲后沿的下降时间
- ▶ **Ripple** :纹波(脉冲顶部的不平坦)
- ▶ **Droop** :脉冲顶部的衰落
- ▶ **Pulse-Pulse Phase Difference** : 脉冲到脉冲之间的相位差(脉冲的固定位置)
- ▶ **Pulse-Pulse Freq Difference** :脉冲到脉冲的频率偏差
- ▶ **RMS Freq Error** :频率误差的有效值
- ▶ **Max Freq Error** :频率误差最大值(脉冲内部频率差的最大值)
- ▶ **RMS Phase Error** :相位误差的有效值
- ▶ **Max Phase Error** :相位误差的最大值
- ▶ **Freq Deviation** :频率偏差
- ▶ **Phase Deviation** :相位偏差(调制带宽内的相位变化)
- ▶ **Time** :每个脉冲的精确时刻



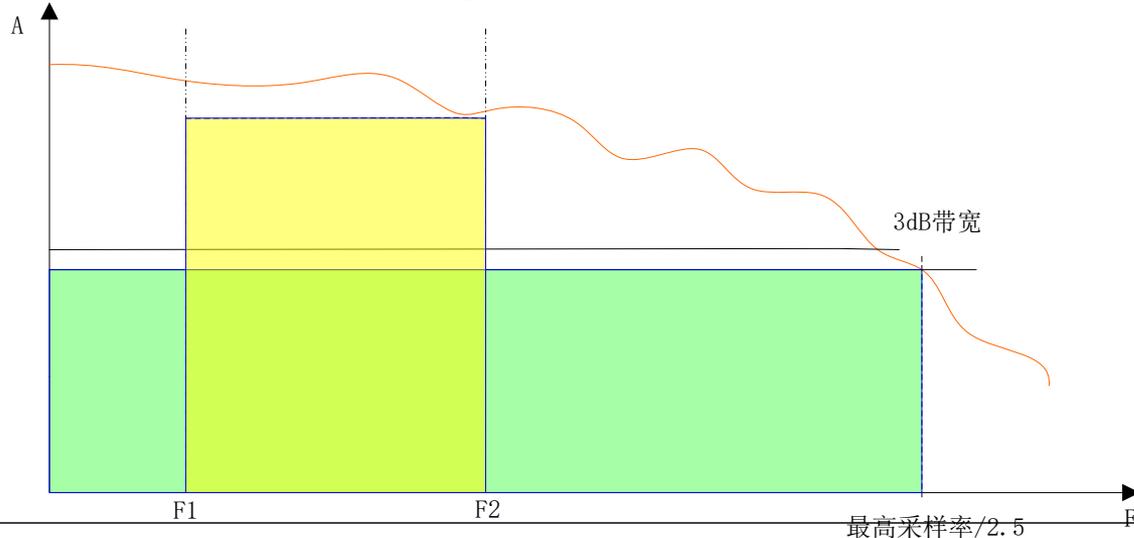
# 创新的雷达性能测量

- 独有的雷达自动分析套件
- 专有的时间概览窗可支持最多10000个脉冲
- 线性调频线性度自动测量
- 相参测量
- 相位编码自动分析



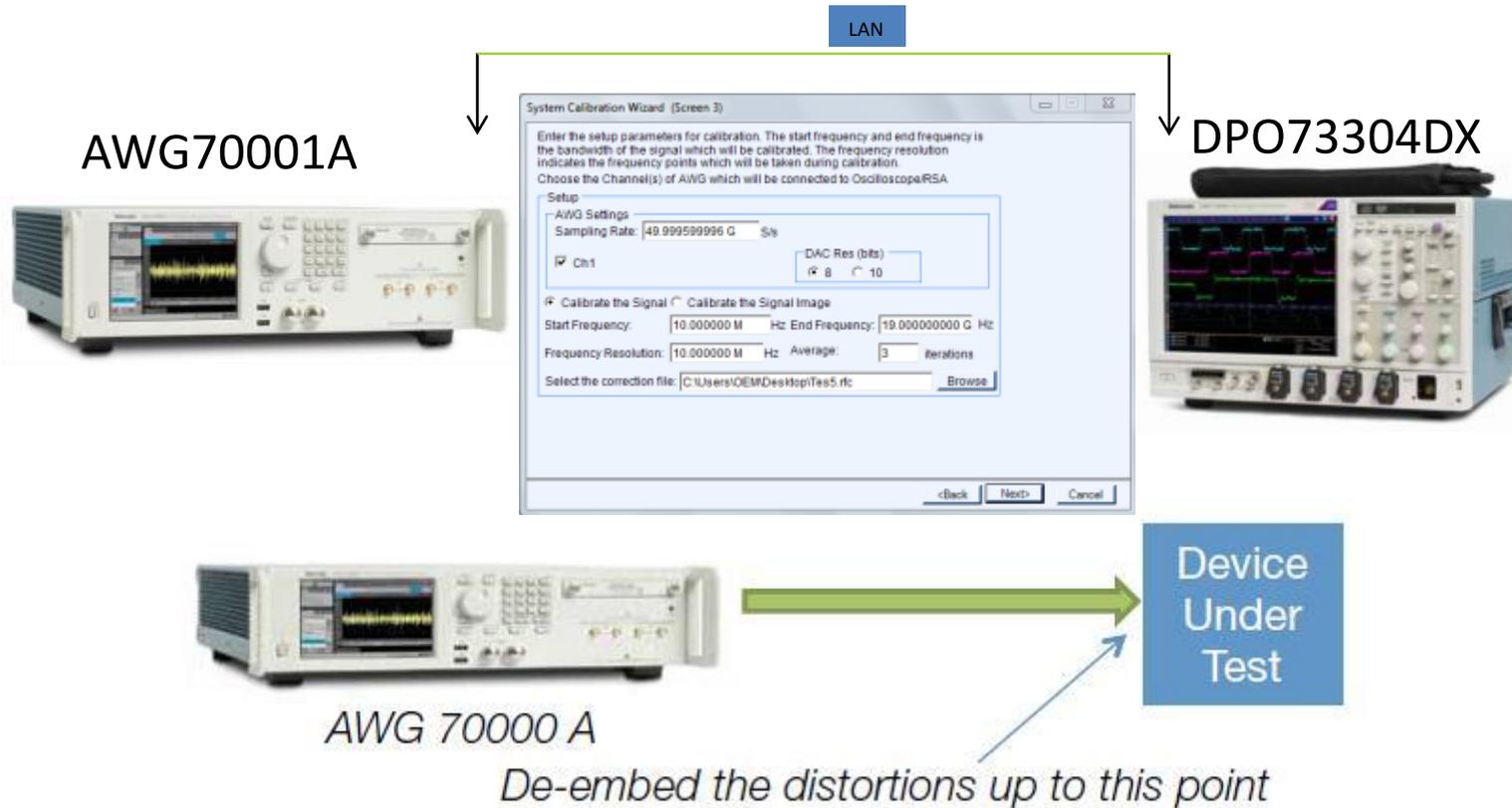
# 有关校准

- 宽带低通滤波器——幅频特性可能不太理想
  - 平缓的滚降曲线
  - 需要校准
- 两种校准方式
  - 全带宽内预失真（或预校正predistortion）
    - 幅度
    - 数据处理
  - 可选范围的预失真——泰克使用的方式



# Pre-compensation Calibration in RFXpress for Improved Performance in Test System

- Calibration is performed using RFXpress from Tektronix
- SignalVu Analysis SW running on DPO73304DX is used to measure the electrical EVM  
(note – optical EVM will be lower because RMS is used instead of Peak)



# 校准

RFXpress - Generic signal.rfs

File View Configure Waveform System Window Help

Select: Generic signal - IF/RF - Calibration - Overview - Find Instruments - Graph - Comp - On/Off - Run

Number	Frequency (MHz)	Amplitud..	Symbol rate(MHz)	Modulation	Filter	Alpha/B*T	State
1	10.000000	0.00	1.000000	QPSK	Raised Cosine	0.35	ON

Carriers: Single Carrier

Total carriers: 1

Setup Hopping P

Base data:

Single Ca

Frequency:

Modulation:

Filter/Win

Filter: Raised Cosine Window: None

Alpha/B\*T: 0.35

Convolution length: 21 symbols

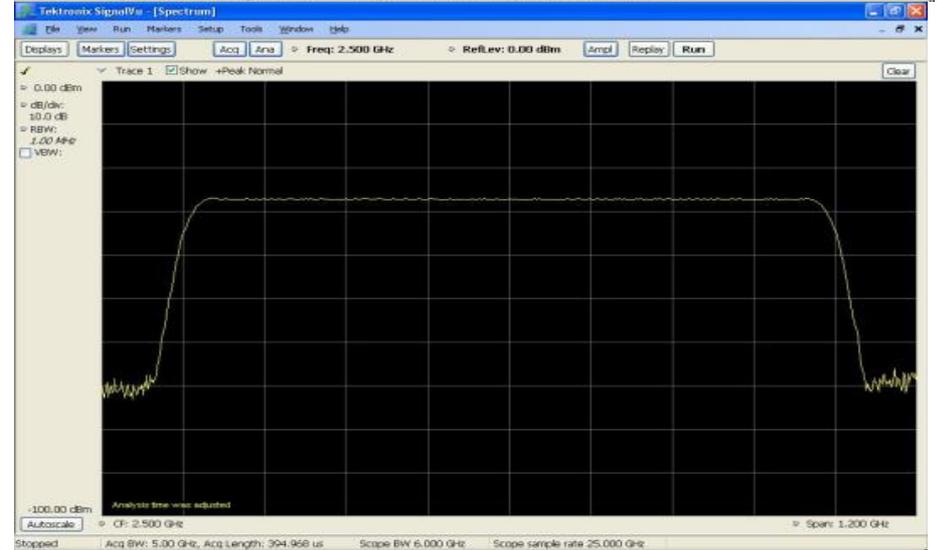
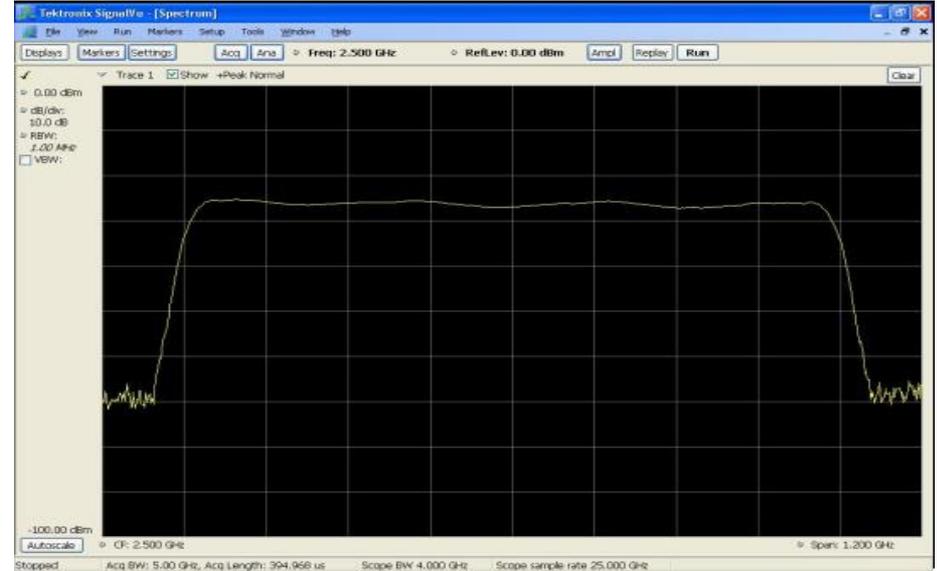
**Find Instruments**

Model	Status	ConnectionType	Name
TEKTRONIX_DPO7004B	Connected	Ethernet	

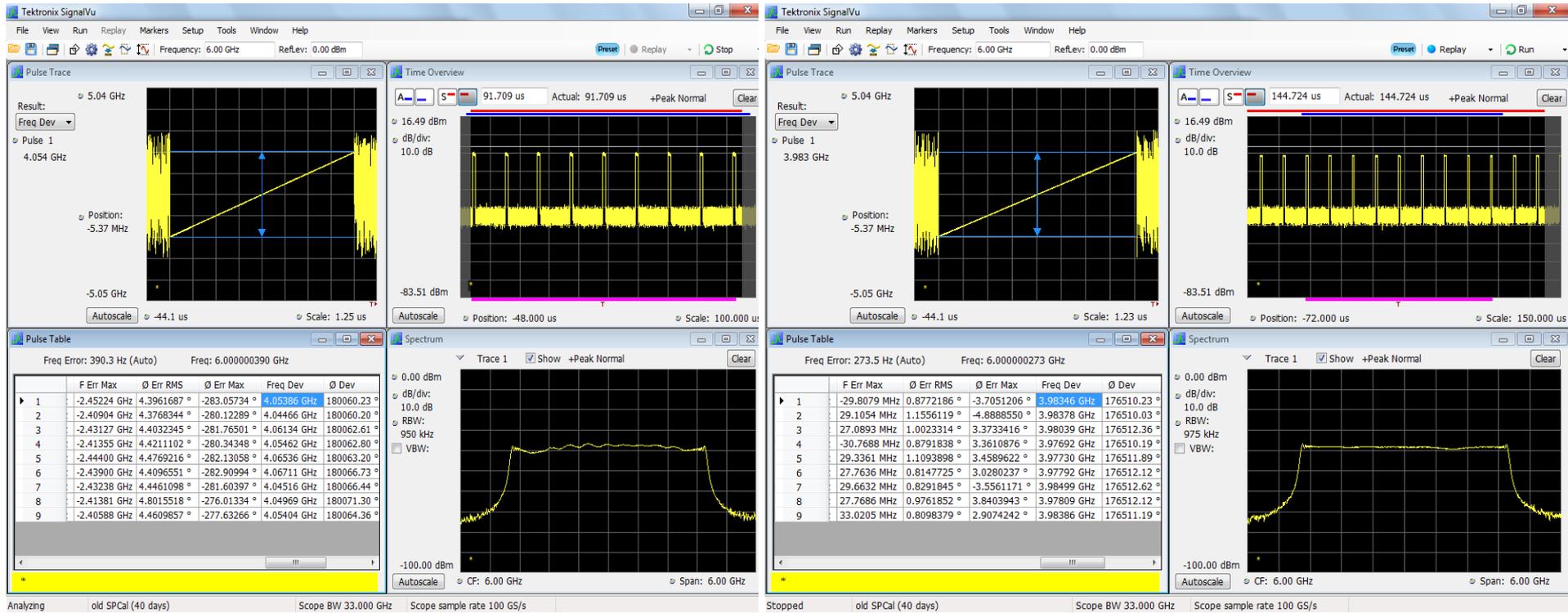
Buttons: Connect, Disconnect, Refresh, Import...

Status: Ready

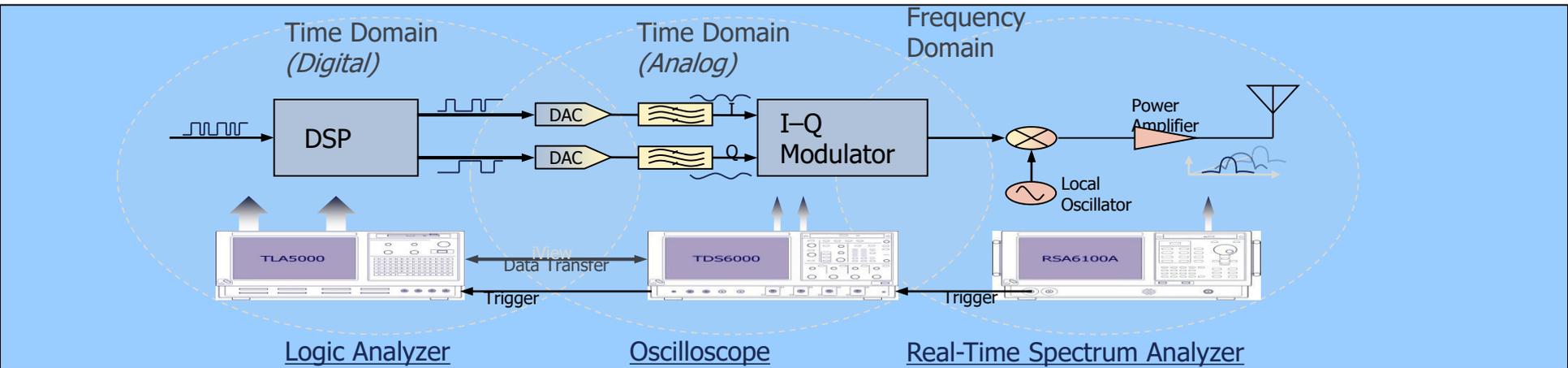
Buttons: Close, Help



# CW: 6GHz, BW:4GHz 雷达线性调频校准前后对比



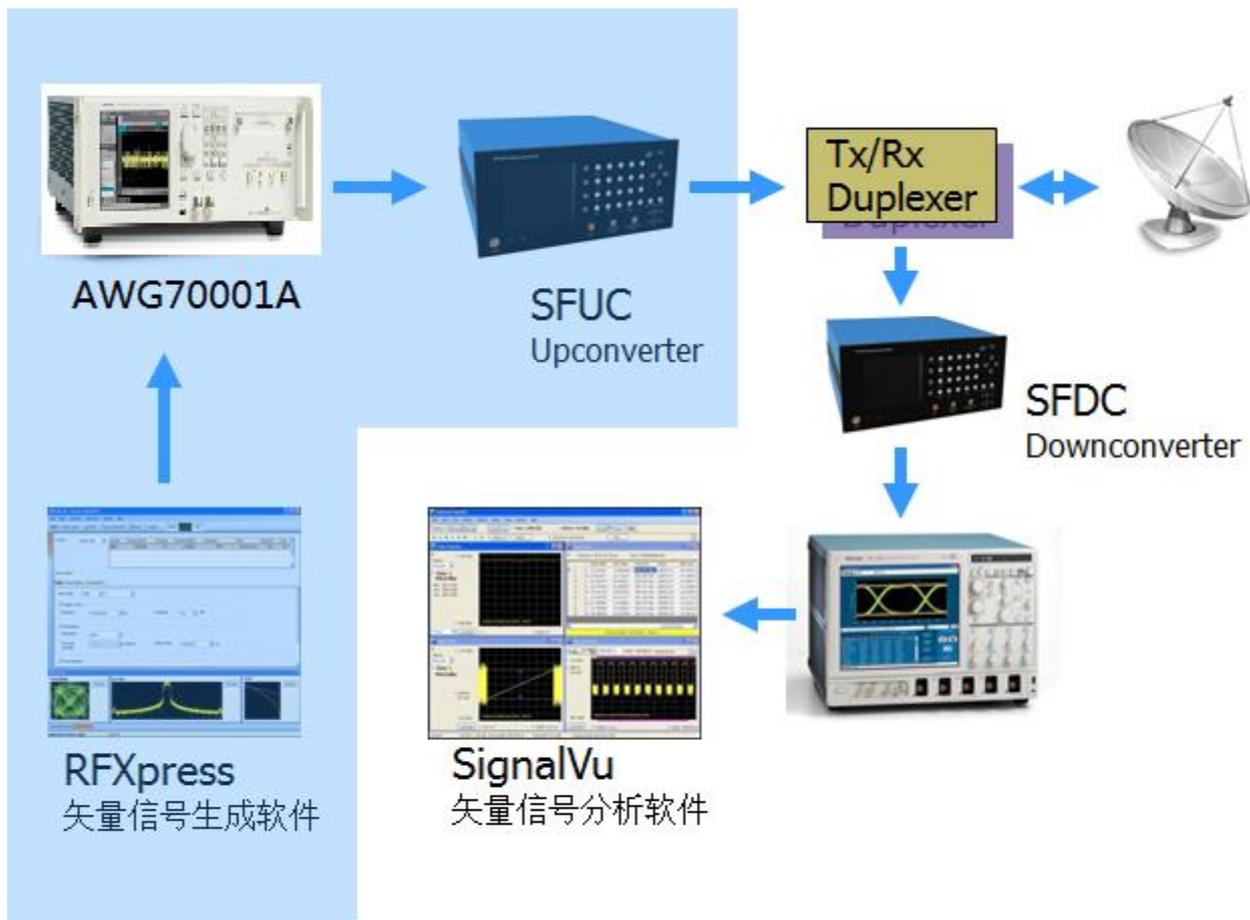
# 应用三：宽带通信信号测试



# 宽带通信信号测试

- 主要应用
  - 卫星通信/THz
- 挑战
  - 传统信号源应用于这一领域时，无论是调制还是脉冲无线电，用户常常难以得到所需的带宽。用户一般需要庞大昂贵的信号源系统或定制的专用激励源才能得到部分宽带性能
  - 传统上，矢量调制信号是基带源和矢量调制器配合产生的，在通用仪器的解决方案中，这种方式可以实现的最高调制带宽在2GHz以内，而且仍然需要一台高性能（采样率2.5GS/s以上）任意波形发生器作为基带源。泰克的任意波形型发生器可以直接输出最高瞬时带宽超过6GHz的调制信号而不需要基带源和调制器，是通用仪器中最高的性能。
- AWG优势
  - 极高的瞬时带宽(最高达20GHz)
  - 灵活的波形生成能力，根据用户需求，可以方便地输出各类信号
  - 简便的仪器配置，无需模拟信号源、基带源和调制器，直接生成所需信号。调制信号的基带、中频甚至是射频直接输出，任意波形发生器都能提供all in one的完备激励性能。
- Scope+SignalVU
  - 宽带数字调制信号分析

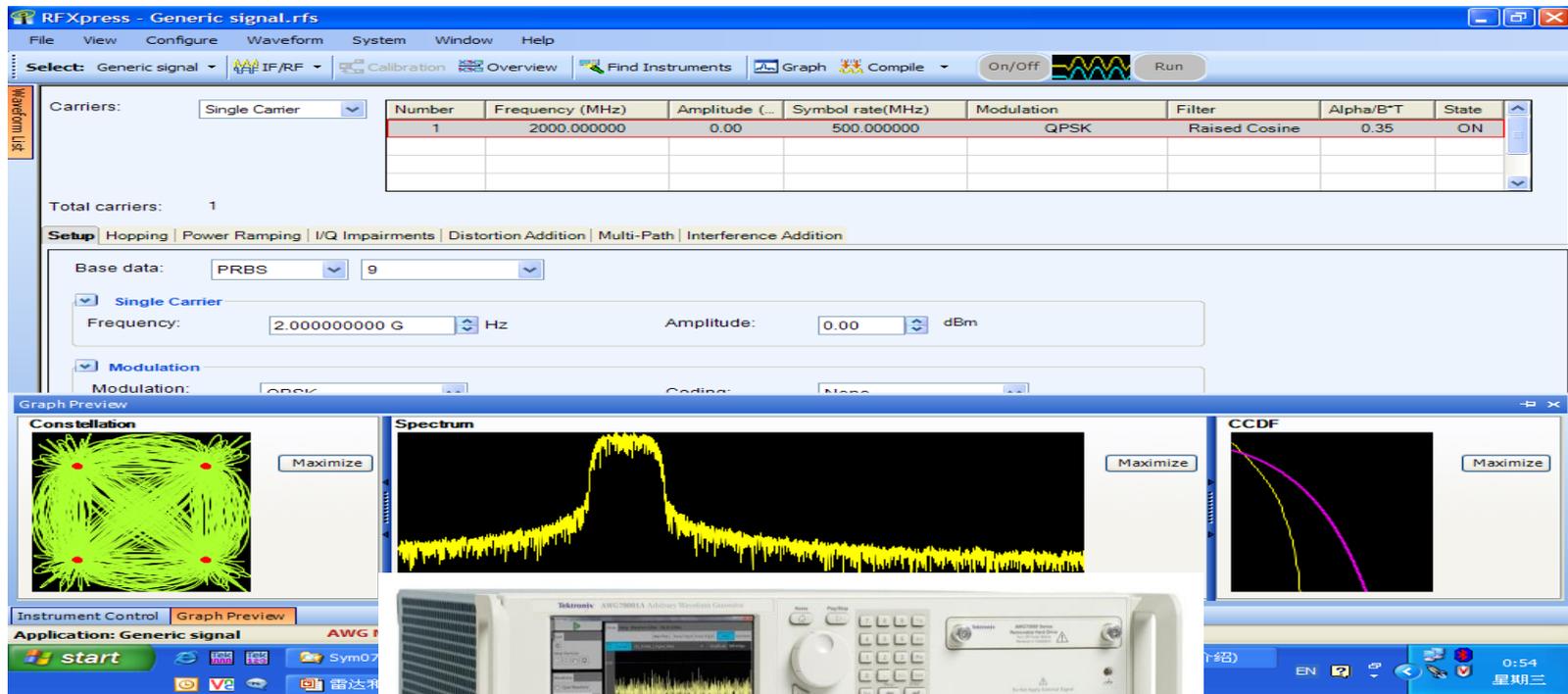
# Tektronix 宽带通信系统测试方案



- 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

# AWG70k 利用RFXpress软件宽带数字调制信号

- 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



© 2016 02/2016 371W-00509-U



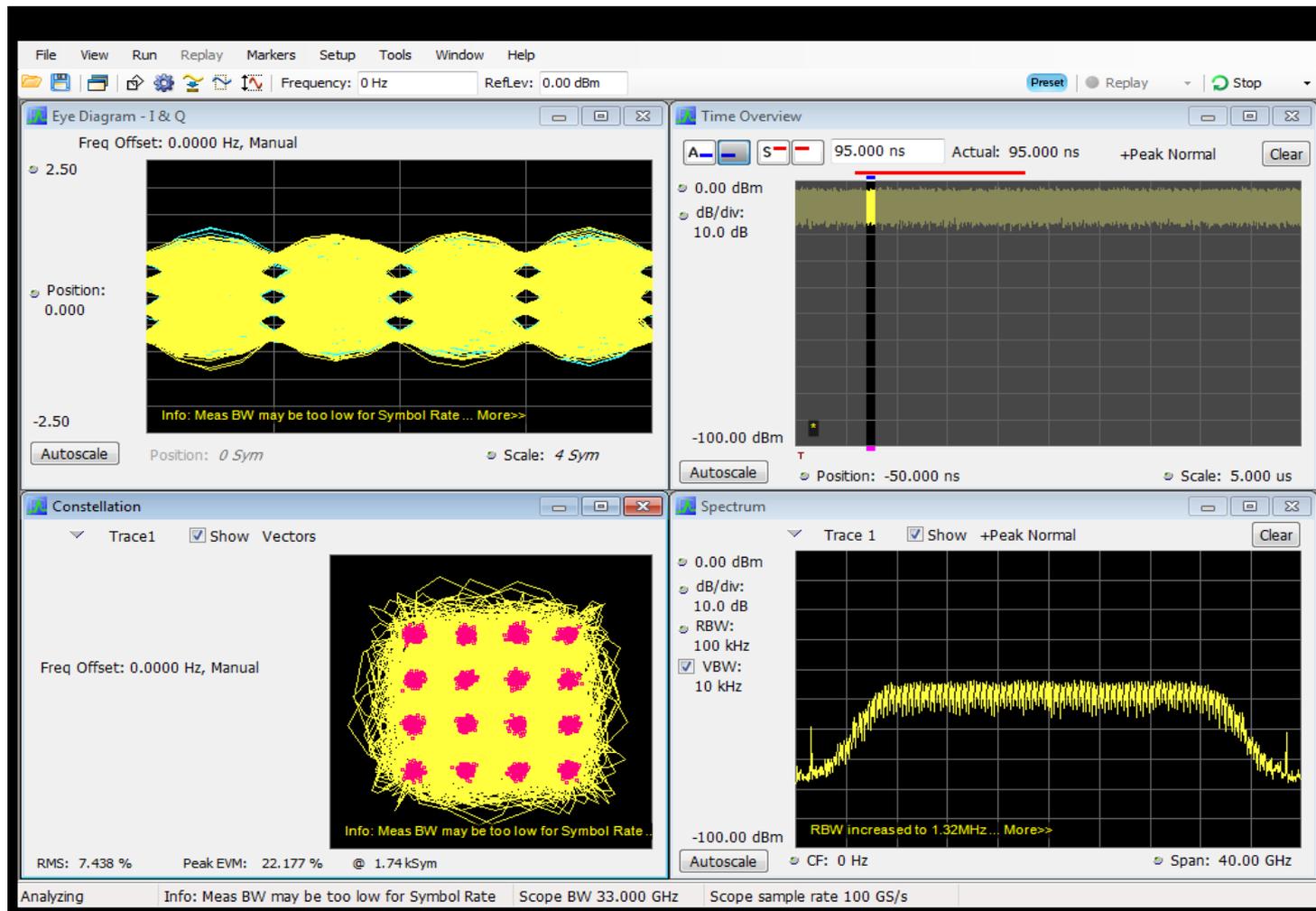
# Scope+SignalVu对宽带调制信号的分析功能

■ 同时进行  
模拟数字解  
调

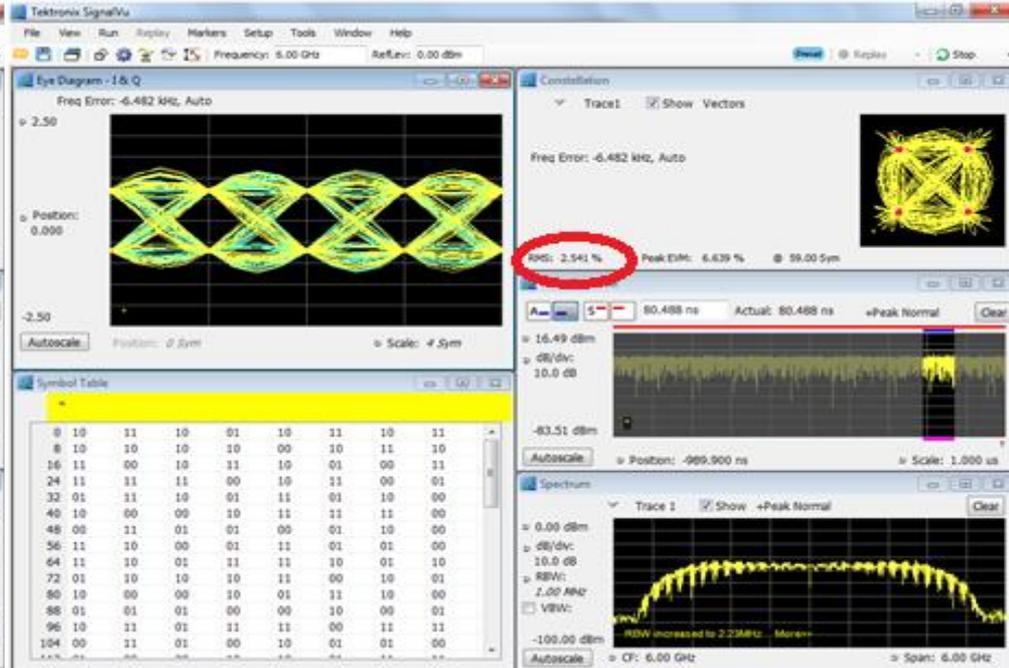
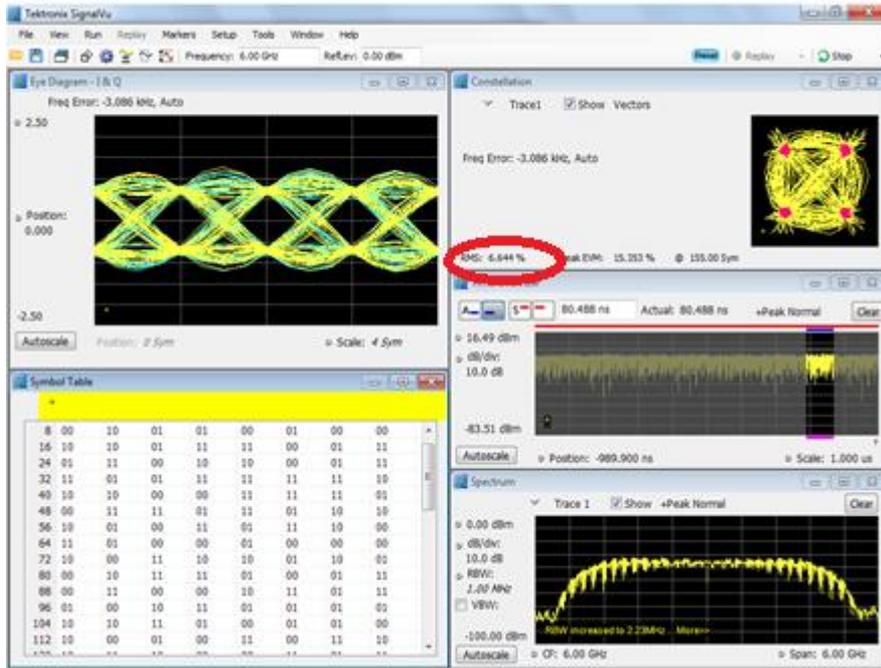
■ “指哪打  
哪”

■ 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



# QPSK 4GBaud 校准前后对比



# 通信系统电子对抗系统在复杂电磁环境下的性能验证

- 突发，跳频，扩频信号的捕获和分析
- 跳频系统的性能验证
- 10万跳的观测能力，20万跳的捕获能力
- 扩频信号的观测
- 通信系统的信号实物仿真



# 跳频信号测试挑战

- 主要应用
  - 跳频电台一带宽达到几百MHz
  - 其他跳频通信系统
  - 雷达脉间跳频
- 挑战
  - 传统上，宽带跳频
  - 跳频速度快
- AWG优势
  - 由于AWG信号输出无锁相环路，采用DAC直接将数字信号转换成模拟信号，不存在锁相环路需要稳定的问题，因此AWG频率转换非常快，它与DAC的上升、下降时间（输出带宽）和时钟速度有关。
- Scope+SignalVU
  - 测试快速宽带跳频信号

# 跳频通信信号的测试和模拟

- 基于AWG70000系列超宽带特性
  - 调频范围可达20GHz
  - 换频时间可缩短至几十皮秒
  - 跳速几乎没有限制
  - 超长模拟信号输出时间
  - 同时模拟信号中的多路跳频信号
- 基于示波器宽带采集的能力，配合独一无二的跳频信号在线分析能力
  - SignalVu独有的分析能力，采集带宽内，无需中心频率和载波对齐
  - 一次捕获，多次分析
  - 用户可控制捕获和分析范围
  - 多域联合分析
  - 结合AWG和RFXpress软件，复现复杂信道

# AWG70k 利用RFXpress软件宽带快速跳频信号

## Hopping

Turn On

Index No: 0

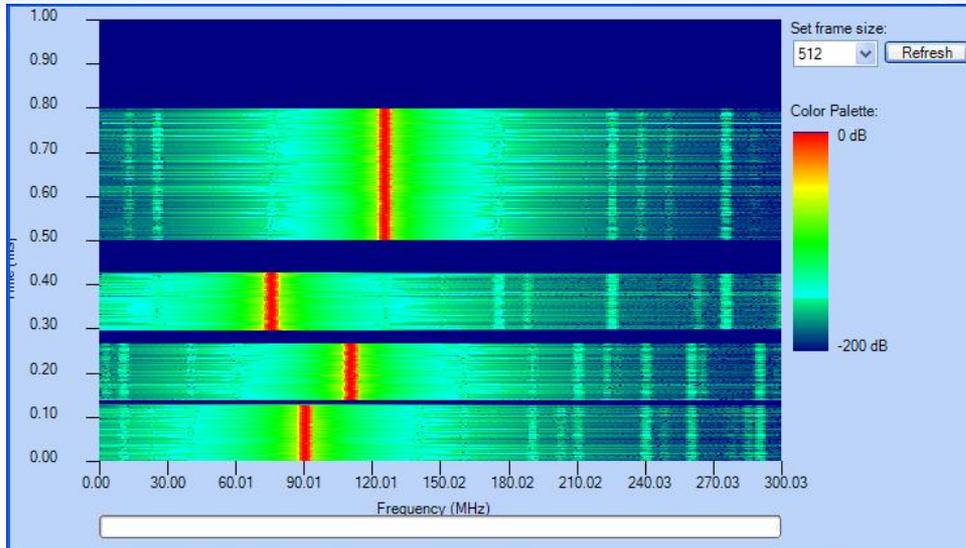
Start Symbol: 0

End Symbol: 0

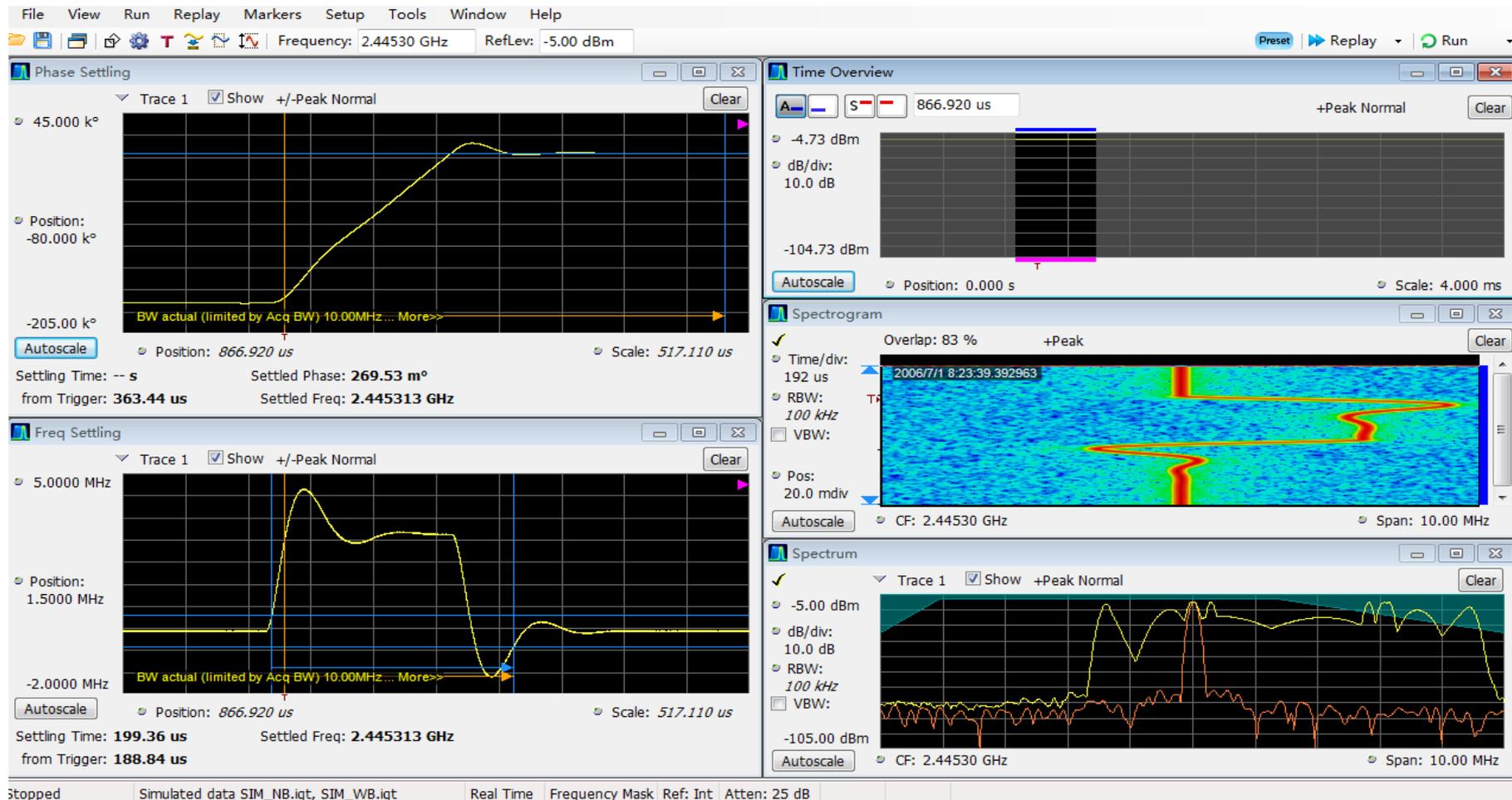
Relative Amplitude: 0.00 dB

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



# 时间关联多域分析 – 跳频信号换频时间的测量



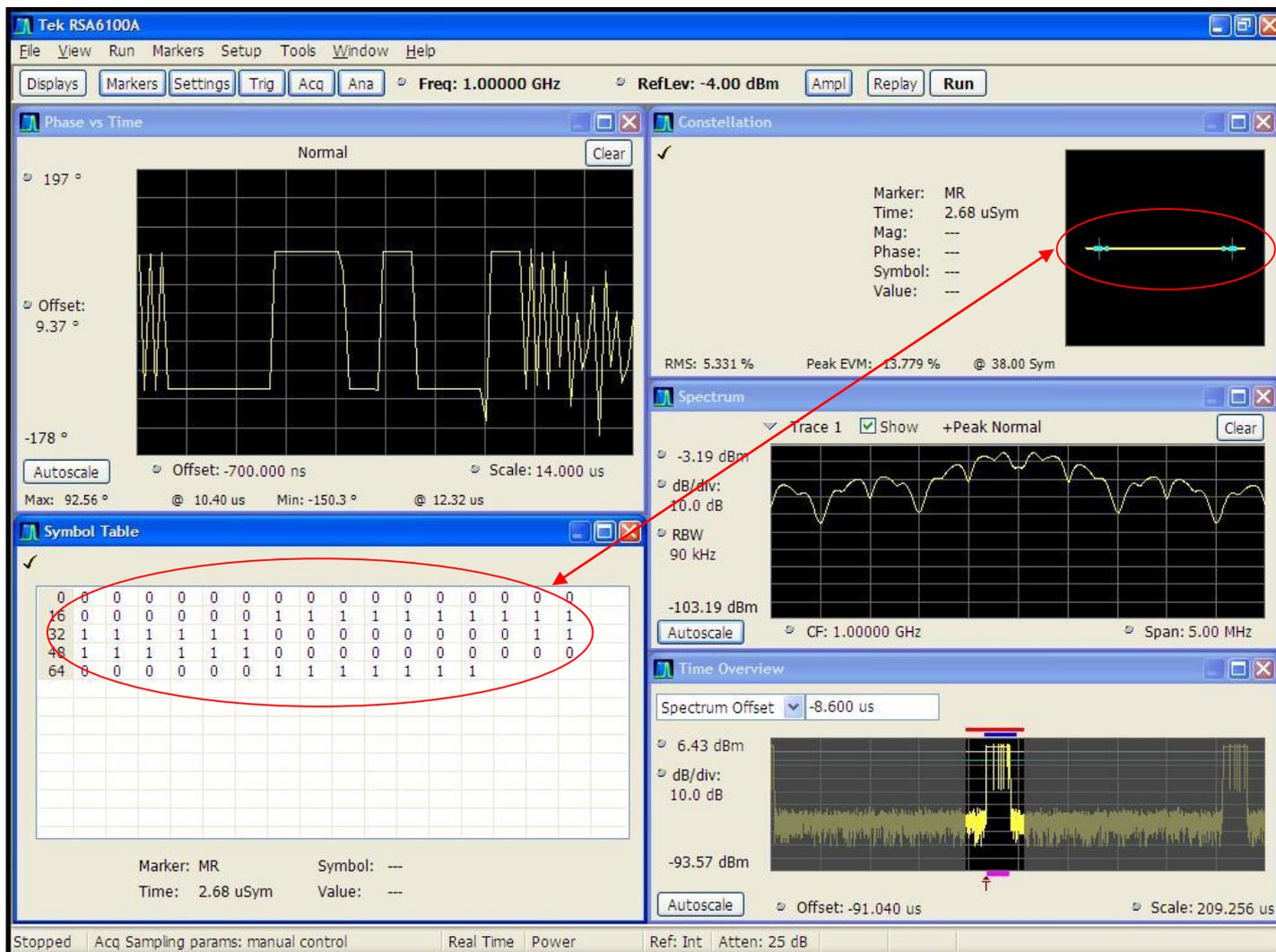
# Scope+SignalVu对跳频信号的解调分析

■ 同时进行  
模拟数字解  
调

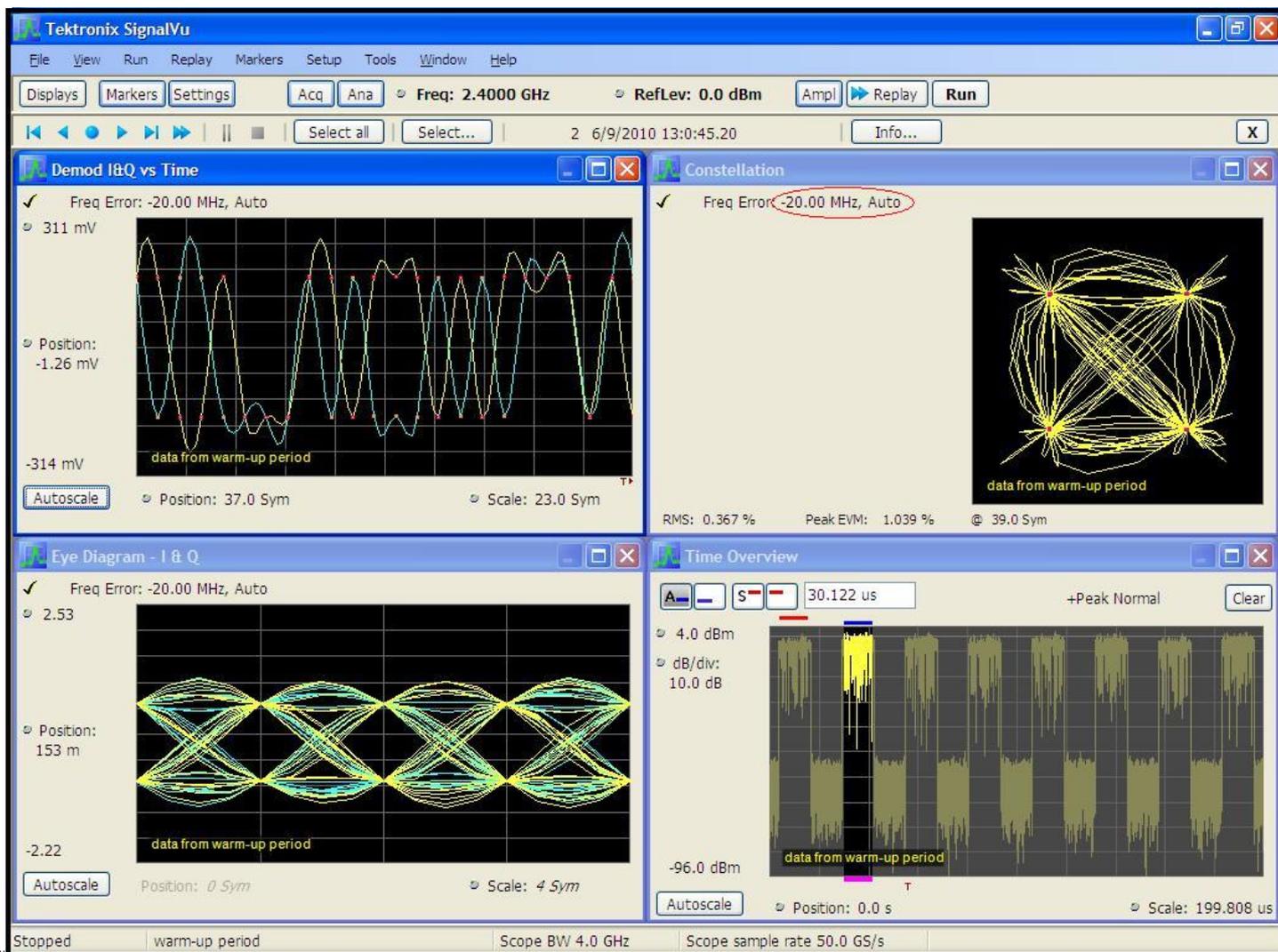
■ “指哪打  
哪”

■ 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



# 一个跳频信号分析的实例



# 泰克多载波信号产生AWG70K+RFXpress

The screenshot displays the RFXpress software interface for configuring a multi-carrier signal. The main window is titled "RFXpress - 30carrier.rfs" and includes a menu bar (File, View, Configure, Waveform, System, Window, Help) and a toolbar with buttons for "Select", "Generic signal", "IF/RF", "Configure IF", "Calibration", "Overview", "Graph", "Compile", "On/Off", and "Run".

**Carriers Table:**

Number	Frequency (MHz)	Amplitude (dBm)	Symbol rate(MHz)	Modulation	Filter	Alpha/B*T	State
2	6855.100000	-48.65	-	No Mod	-	-	ON
3	6854.900000	-21.22	-	No Mod	-	-	ON
4	6859.400000	-42.48	-	No Mod	-	-	ON
5	6861.200000	-36.42	-	No Mod	-	-	ON

Total carriers: 30

**Setup** | Hopping | Power Ramping | IQ Impairments | Distortion Addition | Multi-Path | Interference Addition | Sub-Carrier Modulation | S-Parameters

Base data: PRBS 9

**Selected Carrier**

Frequency: 6.851200000 GHz  
Amplitude: -41.20 dBm  
Phase shift: 0.0 degrees

**Modulation**

Modulation: No Mod  
Coding: None  
Symbol rate: 1.000000 MHz

**Filter/Window**

Filter: Raised Cosine  
Window: None  
Alpha/B\*T: 0.00  
Convolution length: 21 symbols

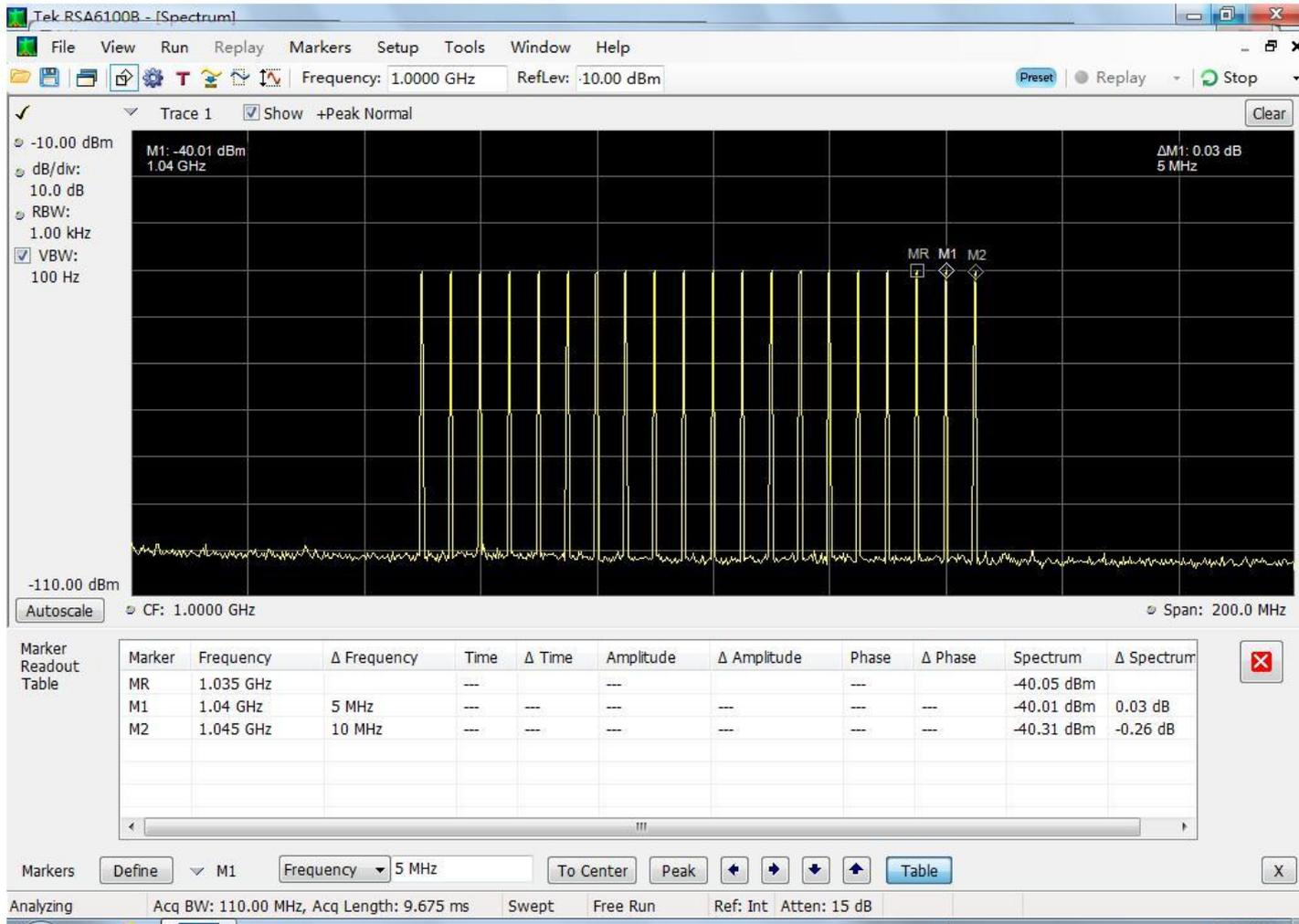
Instrument Control | Graph Preview

Application: Generic signal AWG70001

The bottom of the screenshot shows a Windows taskbar with the time 10:33 AM and date 4/15/2014.



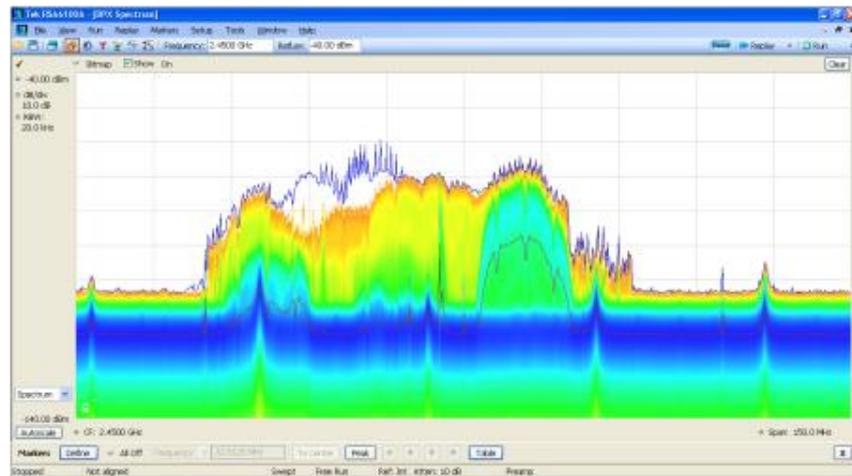
# 泰克多载波信号分析Scope+Signalvu or RTSA



# 应用： 嵌入式RF设计与EMI诊断



- 以合理的成本实现新设计
  - 165 MHz采集带宽中端分析仪
    - 支持蓝牙、WLAN、其它非许可频谱和专有系统
- 缩短集成和故障排除时间
  - 发现其他分析仪无法识别的问题
  - 区分RF与数字问题
  - DPX
- 支持EMI故障排除提高互操作性和安全性
  - 发现瞬态EMI
  - 优异的低频性能与DPX实时RF显示相结合



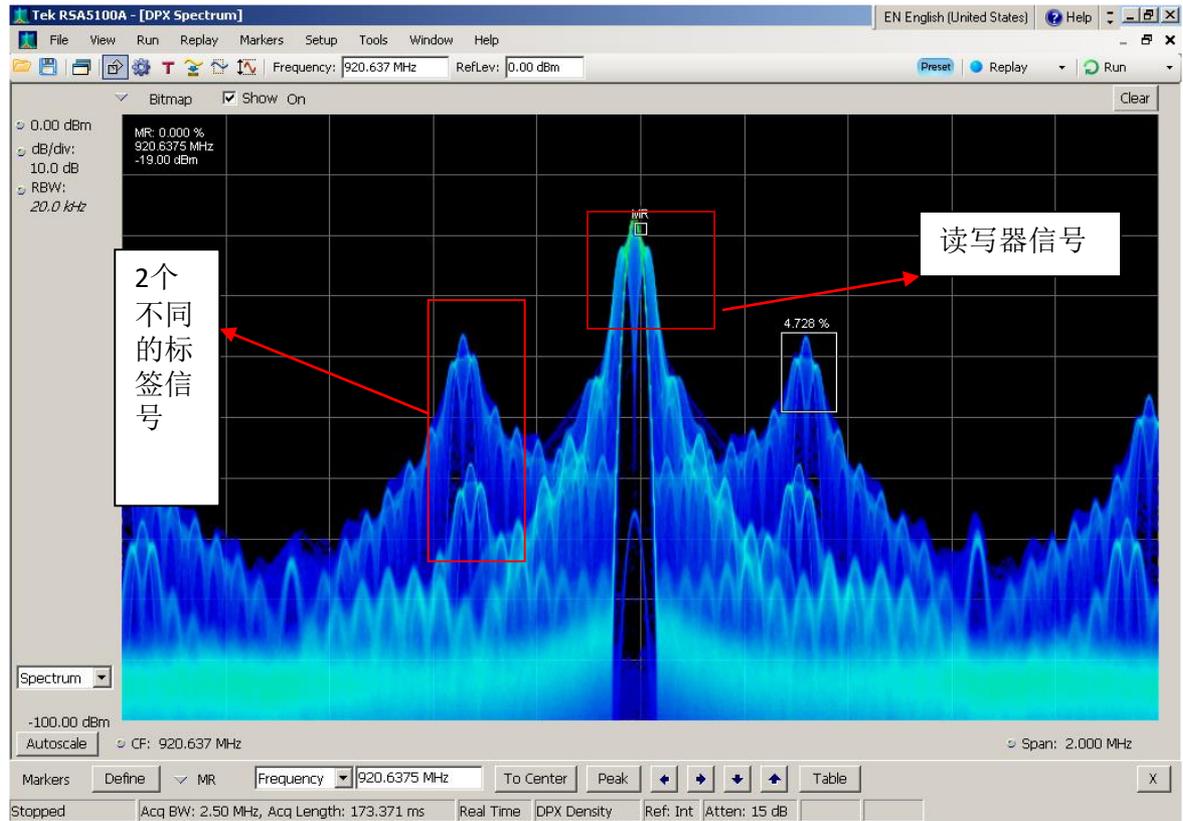
# 泰克RFID测试方案

满足研发级和认证级别测试



# 实时观测和实时捕获RFID信号

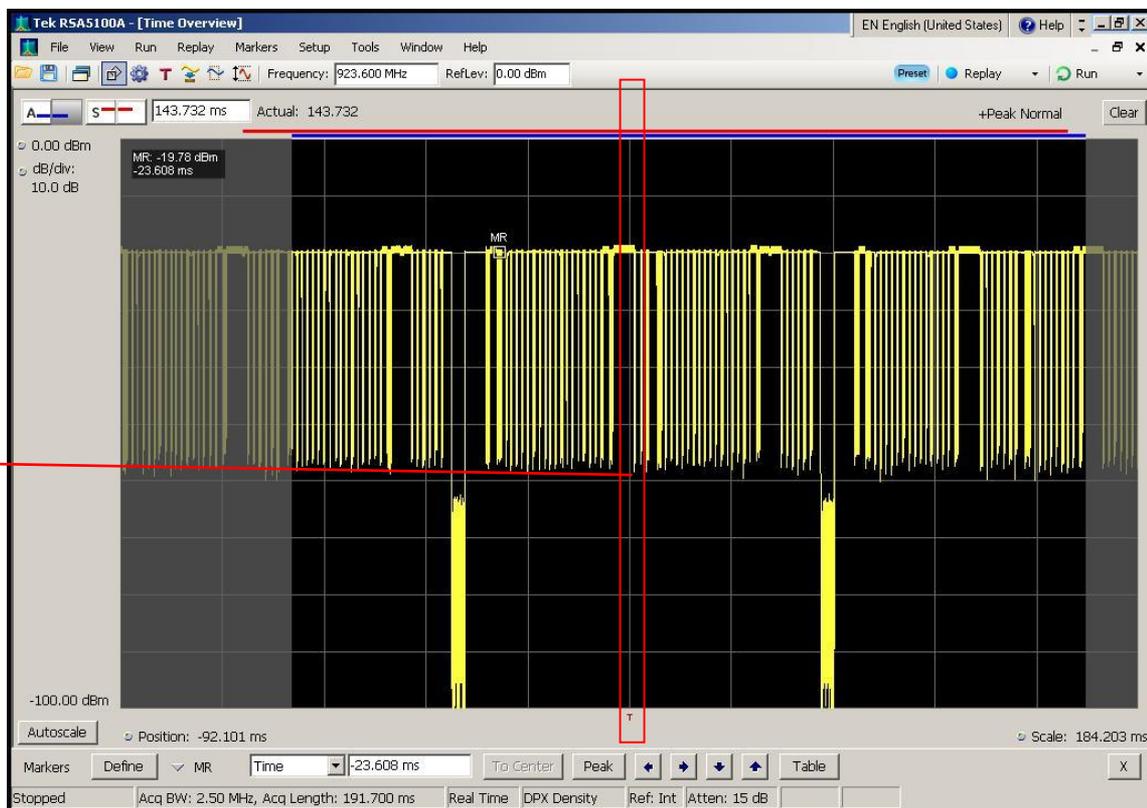
- DPX技术实时观测RFID信号行为
- 观测同频的多标签信号
- 实时捕获标签信号或者读写器信号
- 概率密度触发捕获标签信号



# 捕获的RFID信号时域显示

- 时域上精确显示捕获时的标签信号 (T)
- 时间概览窗，概览全部交互过程

触发的标签信号精确的时刻

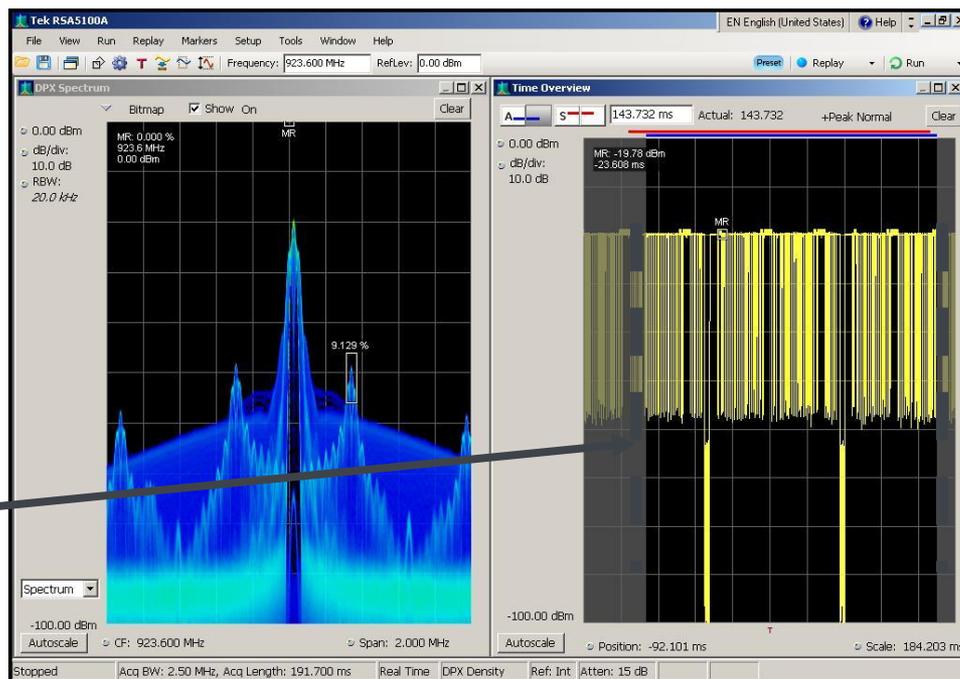


# 时间相关，多域分析

- 时间概览图任意选取想要分析的时间段
- 各域光标联动

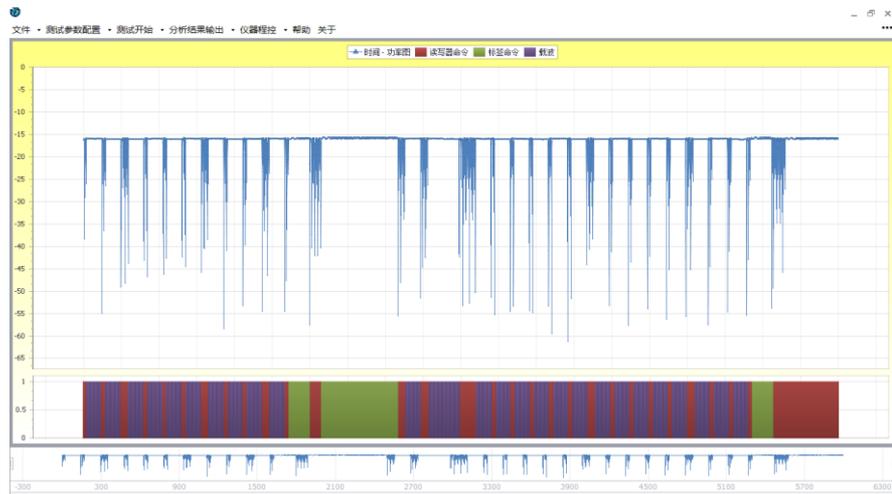
码域，时域，频域各个测量域中的光标以时间为参考量，实现关联，同步分析

可任意调节的时间分析窗



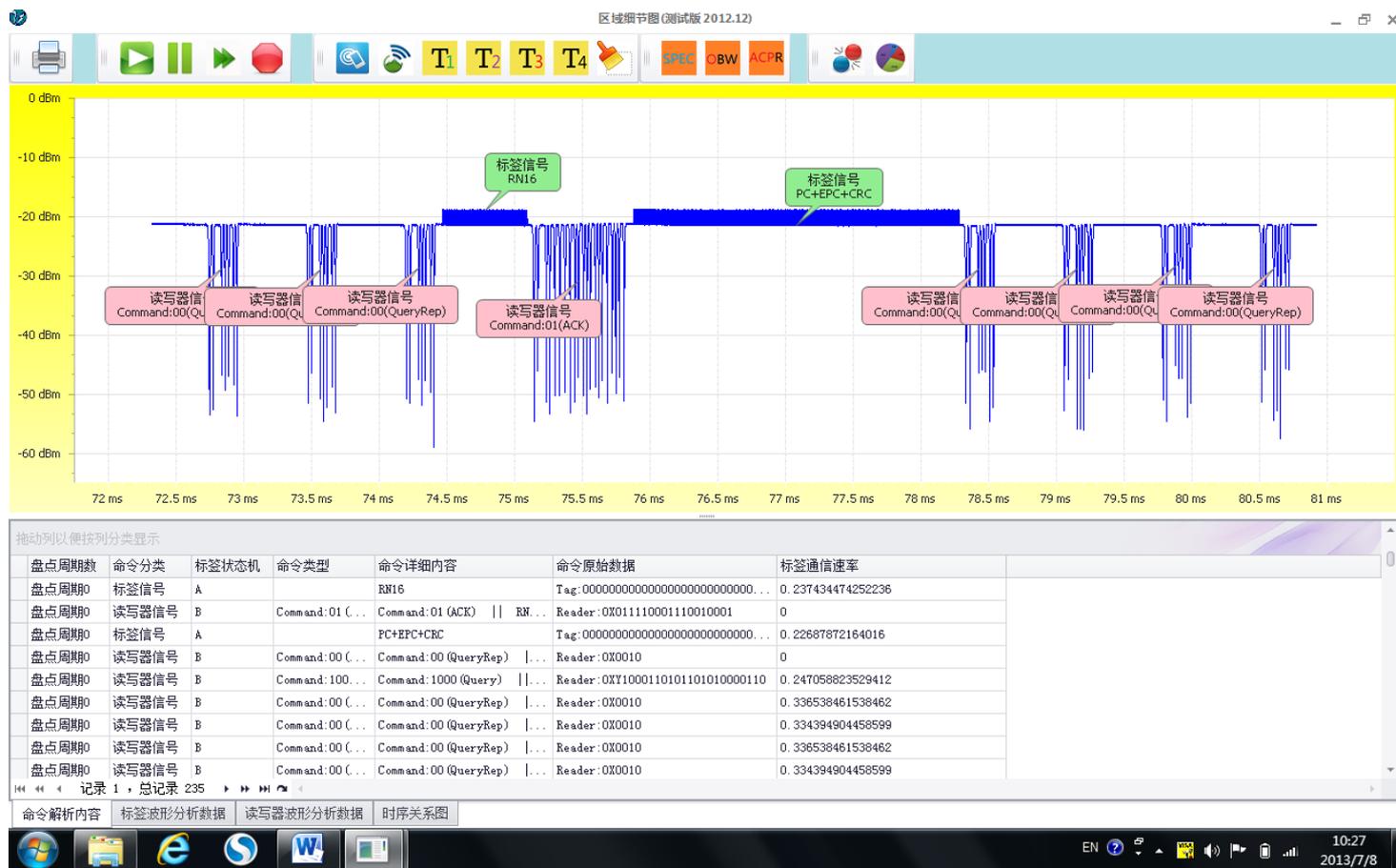
# 系统特点介绍

- 18000-6读写器、标签测试
- 标准符合性和射频一致性
- 协议过程化分析
- 防碰撞测试
- 自动识别编码方式
- 多窗口结果显示
- 过程回放协议联动
- 自动协议解析功能



# 协议过程化分析

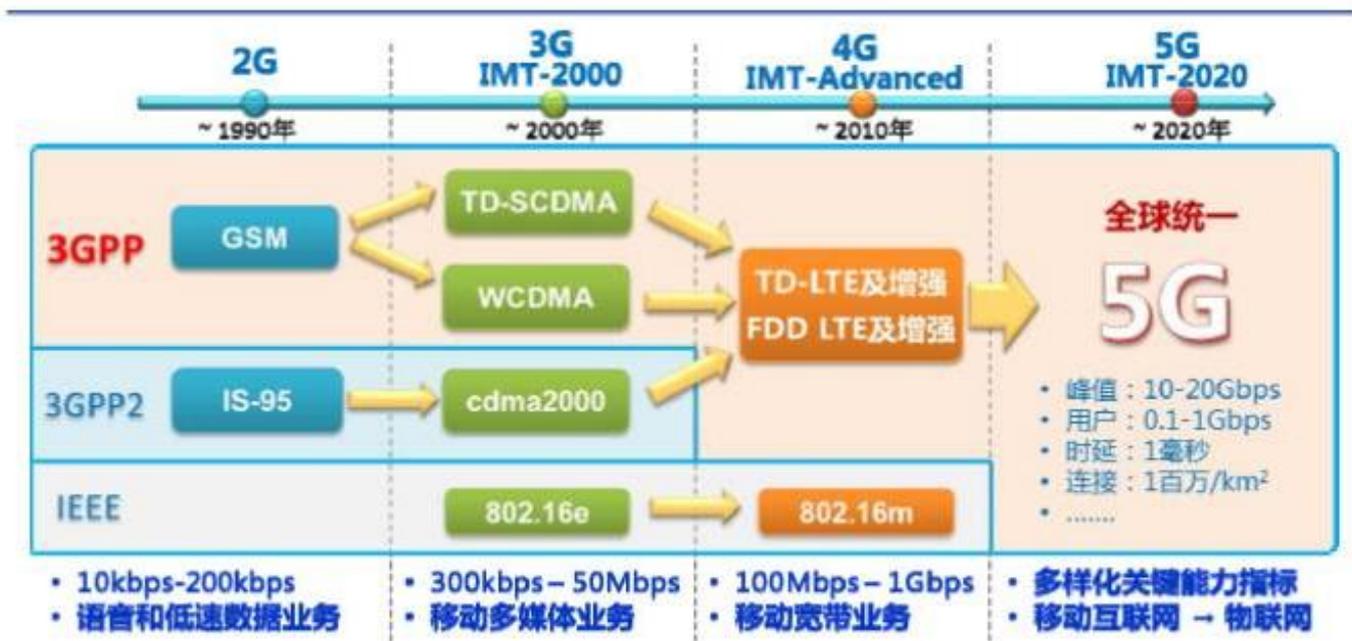
- 读写器命令和协议解析时间联动
- 过程回放
- 命令逐条解析



# 下一代无线通信的技术展望

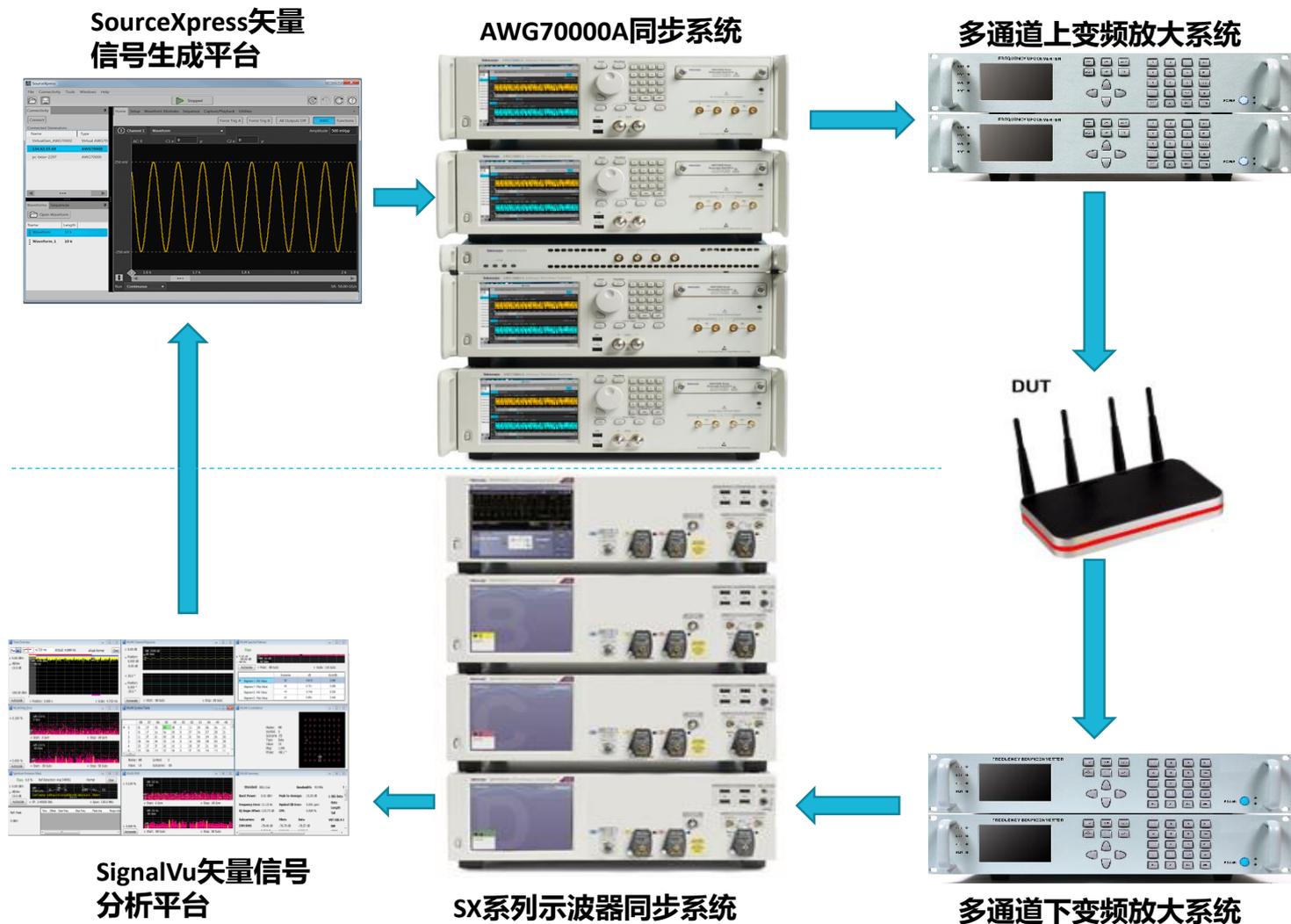
## 移动通信技术标准的演进

IMT-2020

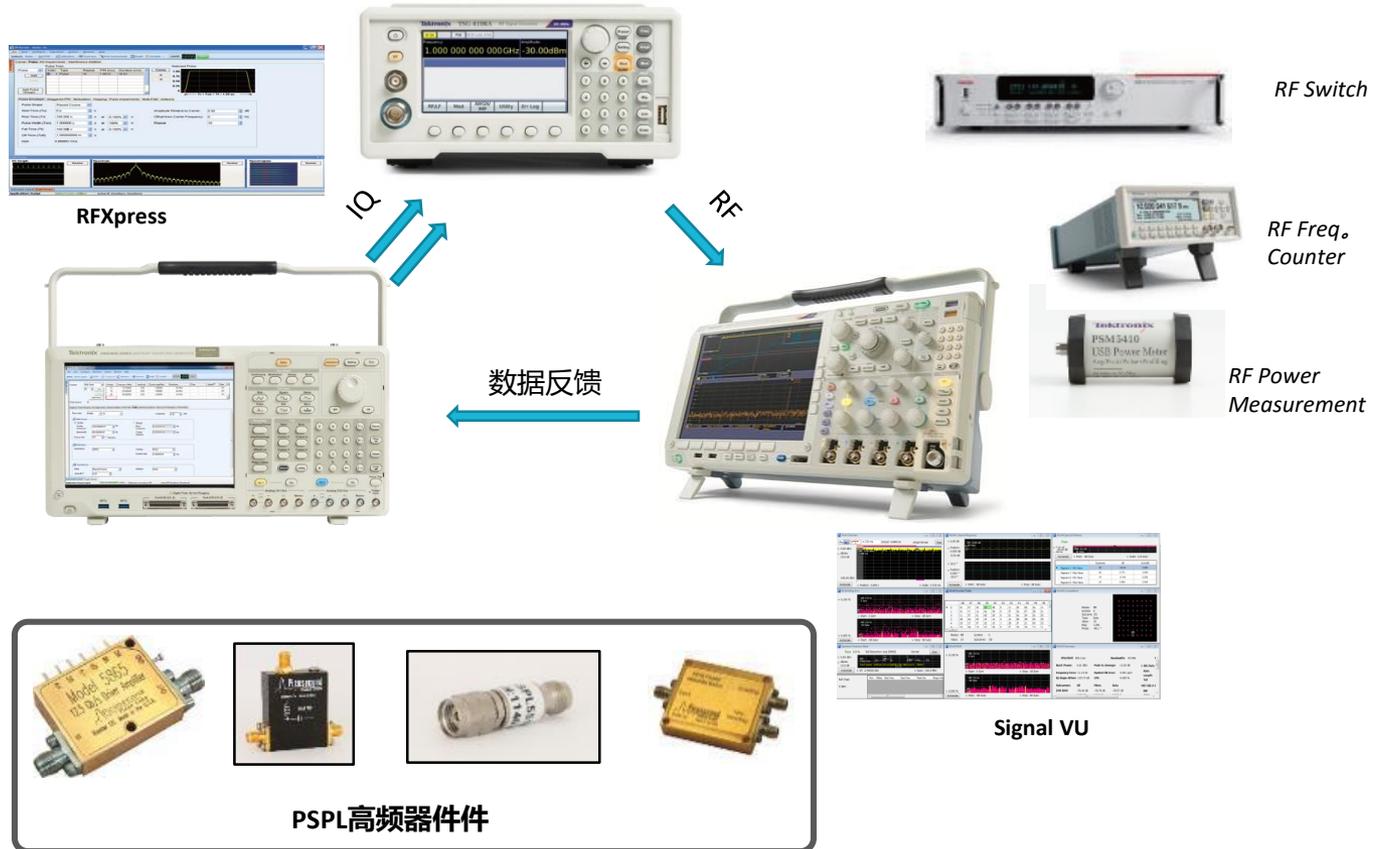


- 移动通信每十年出现新一代技术，通过关键技术的引入，实现频谱效率和容量的成倍提升，推动新的业务类型不断涌现
- 随着4G在全球范围内规模商用，5G已成为全球业界的研发焦点，制定全球统一5G标准已经成为业界共识

# 多通道超宽带信号解决方案



# 6GHz以内的测试方案



# 介绍全球第一台 3-in1 AWG

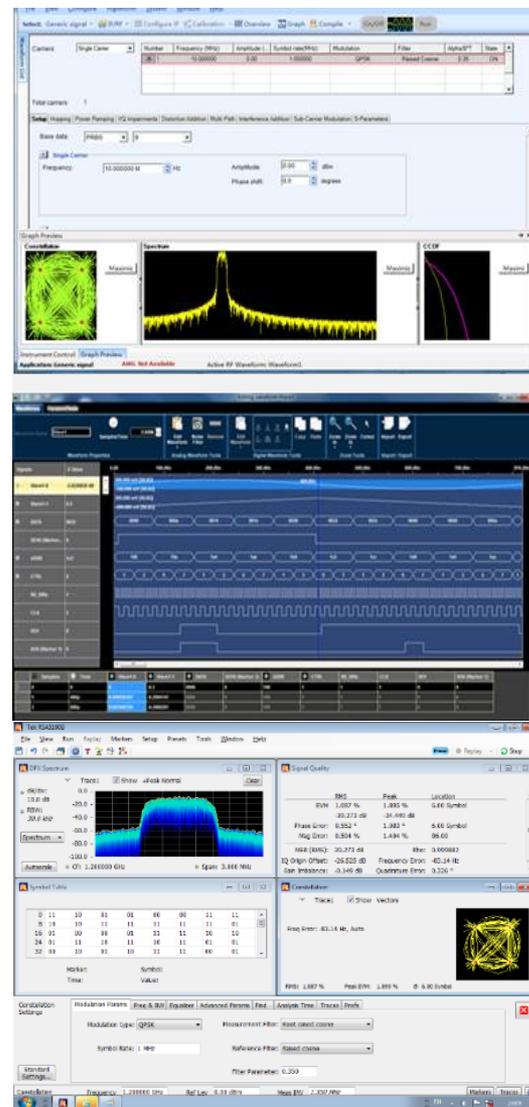
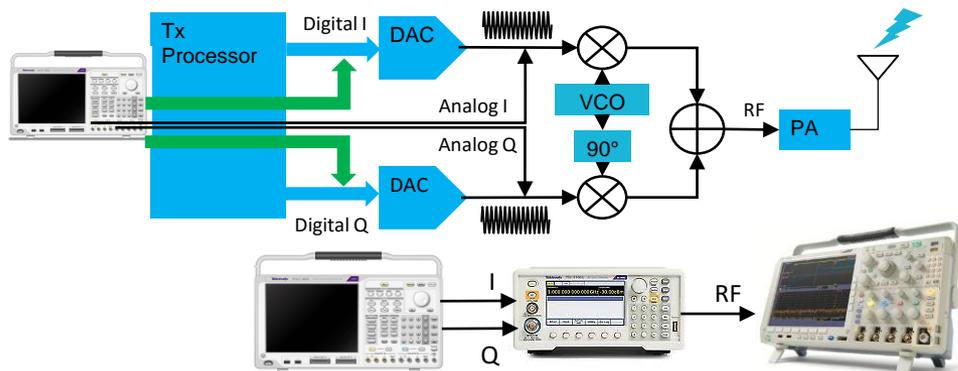
**AWG4000 不仅是一台AWG，同时也是AFG和DTG**



# 应用实例

## 通信系统中的基带/中频调制

- RFXpress 产生调制信号的BB/IF
  - 直接下载或导入至高级模式
  - 带宽可达750MHz，优异的EVM性能
  - 双通道支持基带IQ信号产生，可使调制带宽倍增
- 数字输出可模拟数字基带/中频信号激励
  - 模拟接收机通道中的 DAC输出
  - 模拟发射机的数字处理器输出



# MDO4000C系列混合域示波器

- 在一个便携式封装中提供6种**高性能仪器**
- 可靠的示波器测量，**快速获得所需信息**
- 完全**可以量身定制**，可以全面**升级**
- 同时同步捕获时域信号和频域信号

1. 示波器
2. 频谱分析仪
3. 任意函数发生器
4. 逻辑分析仪
5. 协议分析仪
6. DVM



“6合1+”

六台仪器，一台强大的示波器



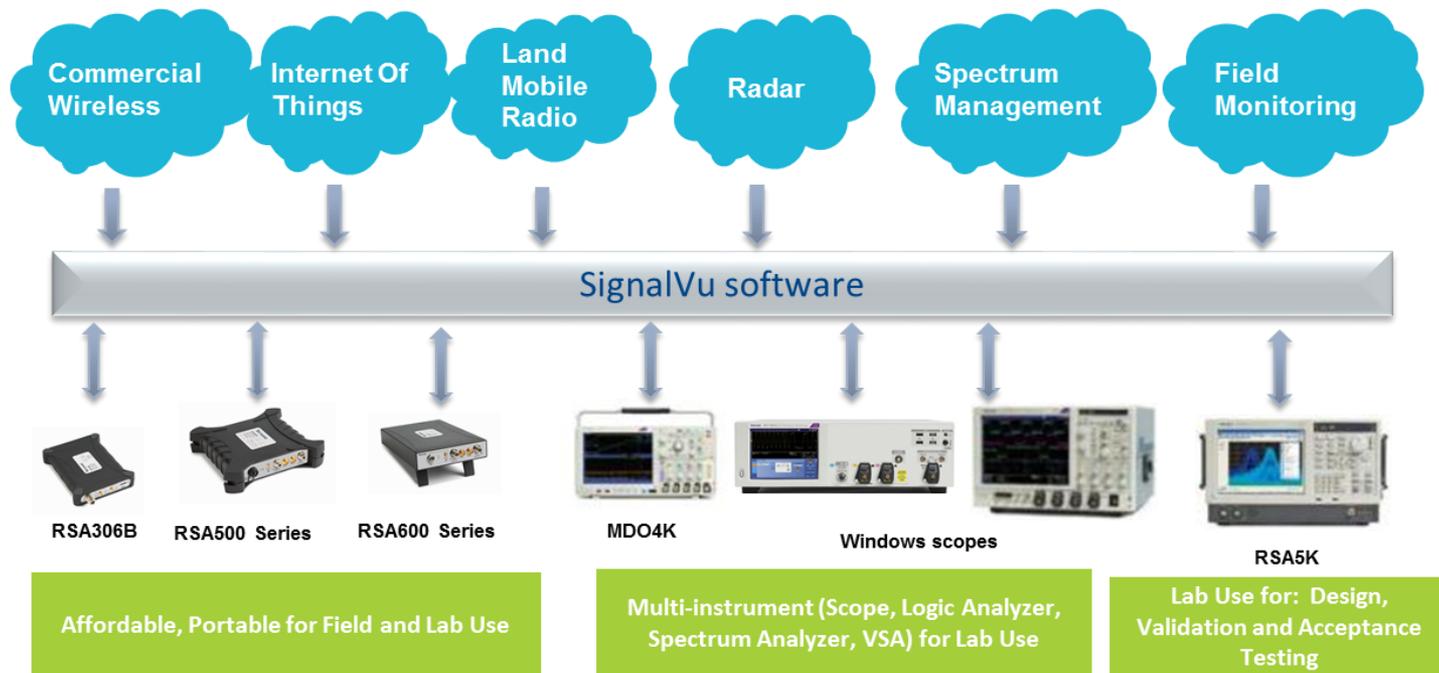
# 一种测试方案，多种应用

- 复杂电磁环境
- 雷达
- 战术通信
- 下一代无线通信
- EMI
- RFID
- 脉冲模拟和测试
  - 光脉冲
  - 电脉冲



# 一个软件平台整合所有仪器

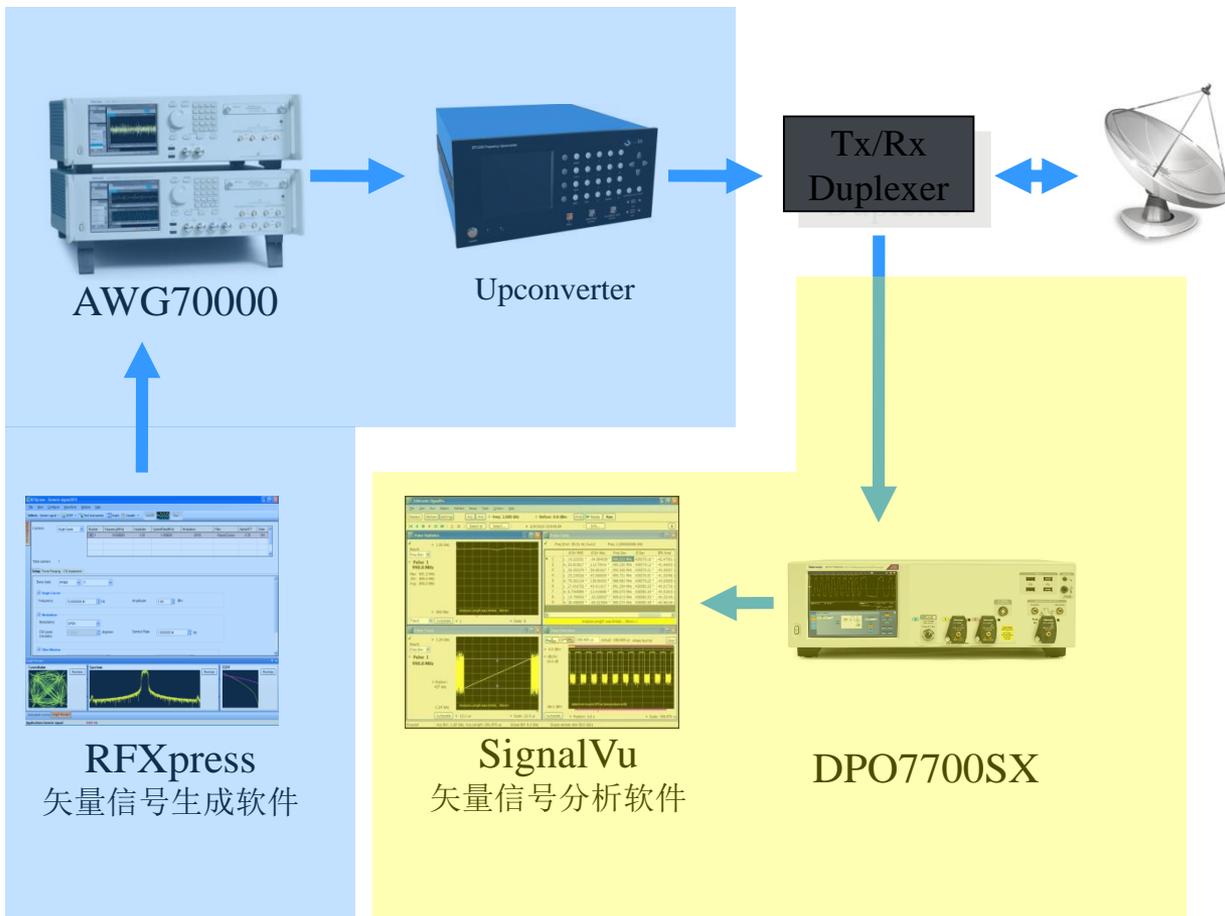
RF ANALYSIS FOR ALL TEKTRONIX INSTRUMENTS



# 泰克宽带RF信号生成和分析整体方案框图



无线技术无处不在



- 70GHz信号直接接收
- 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
- 支持各种现代体制宽带通信号产生及分析

**Telktronix<sup>®</sup>**