

## 复杂电磁环境分析和模拟



泰克科技

Tektronix®

1

### 复杂电磁环境频谱监测和信号模拟

- 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
- 复杂电磁环境的产生和加扰

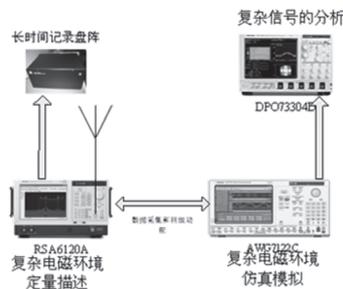


Tektronix®

2

### 复杂电磁环境测试系统的构成

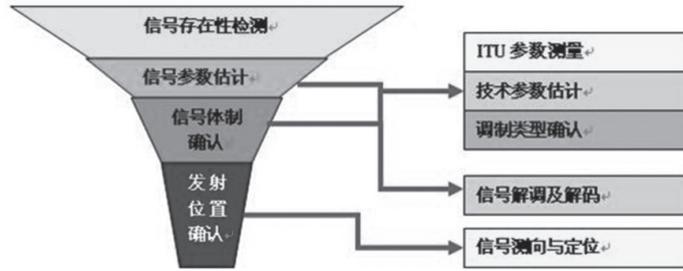
实时频谱仪，任意波形发生器，宽带示波器，实时信号记录系统



Tektronix®

3

### 频谱监测概述



4

Tektronix®

### 频谱监测

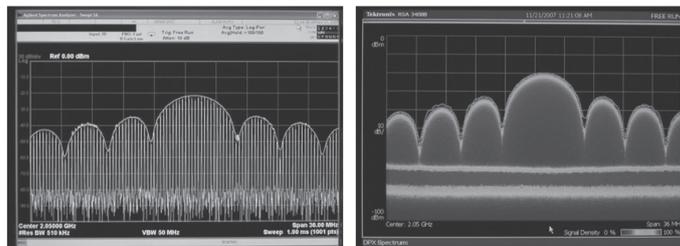
#### 监测内容

- (1). 信号的检测和捕获: 在某一频段及某一时段内, 检测信号的存在性及出现规律。
- (2). 对信号的各类特征进行提取:
  - a. ITU参数的测量: 频谱特征监测、频率测量、场强测量、带宽测量、数据库建立
  - b. 频率占用度测量。
  - c. 技术参数及调制类型测量, 信号的解调和信息的解码
- (3). 信号发射台身份的辨认: 可通过信号所处频段、a、b、c条中的一或多项综合判断。
- (4). 信号发射源位置的测定: 各类测向手段

5

Tektronix®

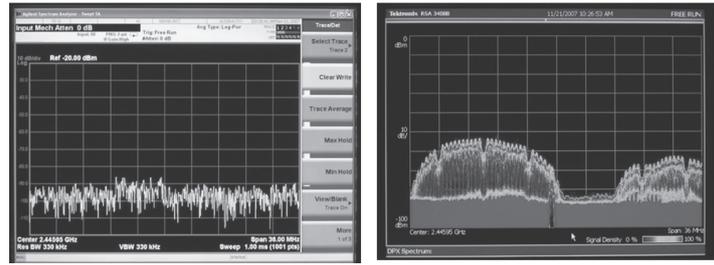
### 传统测量手段难以发现故障和未知的信号特性



6

Tektronix®

### 干扰的分析

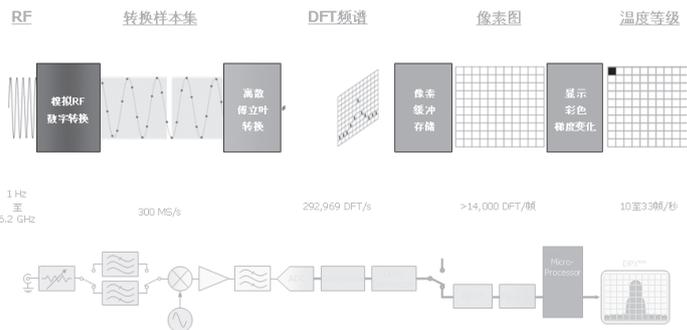


<p><b>挑战</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 监测非法信号</li> <li>■ 发现干扰源</li> <li>■ 识别, 分类</li> </ul>	<p><b>传统方案</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 低的监测概览</li> <li>■ 低的POI 截获概率</li> <li>■ 分析功能有限</li> </ul>	<p><b>泰克优势</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ DPX: 100%发现信号</li> <li>■ FMT: 精确定位故障</li> <li>■ Analyze: 超强分析功能</li> </ul>
--	---	--

**Tektronix®**

7

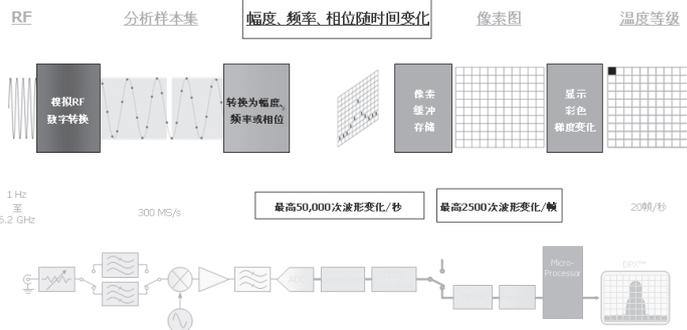
### 第二代DPX™转换引擎可生成实时RF频谱



8

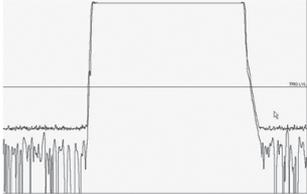
### 业内首款实时信号分析仪

- 第三代DPX技术- DPX现在可用于多个域
  - 幅度、频率或相位随时间变化

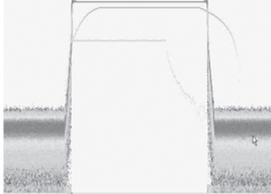


9

### DPX多域分析



同类传统分析仪每秒生成30-100次幅度随时间变化曲线，无法暴露活动不频繁的事件

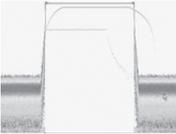


DPX零SPAN每秒生成50,000次波形变化，有助于发现隐藏的异常状况

**Tektronix®**

### 推出DPX多域分析

- ▶ 唯一能够查看实时幅度、频率或相位随时间变化的分析仪
  - DPX幅度随时间变化显示速度比传统分析仪零SPAN快1,000倍
  - 发现并测量其他分析仪无法识别的RF幅度瞬态变化
- ▶ DPX相位或频率随时间变化显示将这种功能应用于多域
  - 发现并测量后期处理VSA分析仪无法检查的相位或频率瞬态变化
- ▶ 嵌入RF
  - 跳频设计、振荡器稳定性测量、调制载波测量
- ▶ 频谱管理
  - 监测短期或长期事件的功率和频率变化

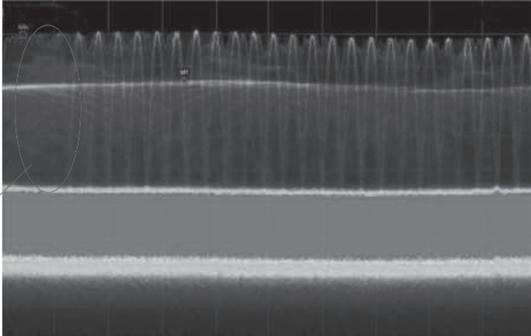



**Tektronix®**

### 实时观测捷变频点

- 传统频谱仪需要长时间的积累,和最大保持
- DPX技术实时观测跳频点,生动显示
- DPX显示信号出现的概率,从而判断信号特征

发现有问题的跳频点

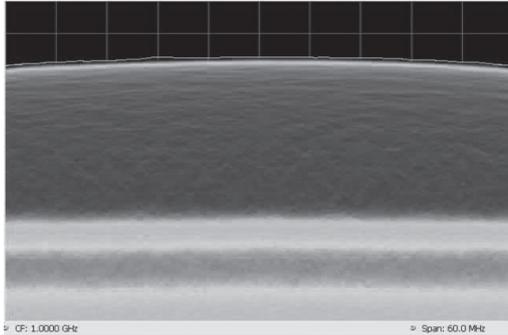


**Tektronix®**

扫频DPX

---

▶ POI 不变 3.7us



CF: 1.0000 GHz      Span: 60.0 MHz

Tektronix®

13

频谱的时间短时占用度统计

---

- 复杂电磁环境下的频谱监测定量分析需求
- 认知无线电概念
- 频谱占用度的实时统计
- 完成闭环监测系统的需求

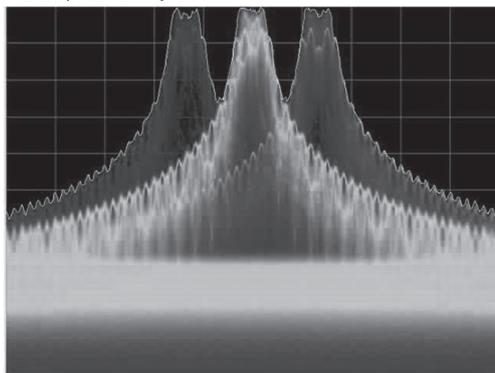
Tektronix®

14

频谱占用度统计

---

- 同频信号捕获的唯一手段



Tektronix®

15



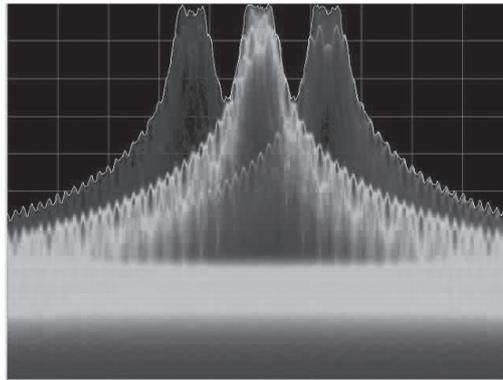
### 把命中次数转换成频谱概率密度(实际801\*201)

0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%	0%	12%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%	0%	26%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%	0%	36%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%	2%	6%	2%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	2%	4%	5%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
2%	4%	2%	86%	82%	4%	76%	12%	2%	4%	4%
94%	92%	94%	10%	5%	6%	14%	86%	94%	92%	94%
4%	4%	2%	0%	0%	2%	0%	2%	4%	4%	2%



19

### 实时概率密度统计的频谱分析方法定义



20

### 频谱概率密度统计值截图

U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.096e-005
2048	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288
±005	0.00012288	0.00012288	0.00012288	4.096e-005	0	0	4.096e-005	8.192e-005	0
±005	0	0	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288	0.00012288
4576	0.0002048	0.00016384	8.192e-005	0.00016384	0.0002048	8.192e-005	4.096e-005	0.0002048	0.00016384
±005	4.096e-005	8.192e-005	0.0002048	0.00012288	4.096e-005	8.192e-005	4.096e-005	8.192e-005	4.096e-005
0	4.096e-005	8.192e-005	4.096e-005	8.192e-005	8.192e-005	8.192e-005	8.192e-005	8.192e-005	0.00016384
±005	8.192e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	0.00016384	0.00012288	0.00012288
2288	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	8.192e-005	0	4.096e-005	0
±005	6.192e-005	4.096e-005	8.192e-005	8.192e-005	0	0	0	8.192e-005	0
2288	8.192e-005	0.00012288	4.096e-005	0	4.096e-005	8.192e-005	0	0	0
±005	0.00012288	8.192e-005	4.096e-005	0	8.192e-005	4.096e-005	4.096e-005	0	0
±005	4.096e-005								
0	0	4.096e-005	8.192e-005	0.00012288	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005
0	0	0	8.192e-005	8.192e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005
0	0	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	0.00012288	4.096e-005	0	0	0
0	0	4.096e-005	0	4.096e-005	8.192e-005	0.00012288	8.192e-005	0	0
±005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	8.192e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005	4.096e-005
6384	4.096e-005	0	0	0	4.096e-005	4.096e-005	0	4.096e-005	0



21

### 实时概率密度统计方法的POI

► 单次信号被截获的最小POI (Probability of intercept)

窗口大小(pts) \* 当前采样率 + 处理时间 (FFT 点数)/(处理的时钟周期)

窗口大小 = 338 点当 span 是 110 MHz 和 RBW = auto

当前采样率(Hz) = (Span(Hz) \* FFT\_点数) / 801

当前采样率 =  $110 * 10^6 * (1024/801) = 140.7$

Msamples / sec = 7.109 nsec/sample

其中点数是1024 点，处理时钟周期是 300 MHz

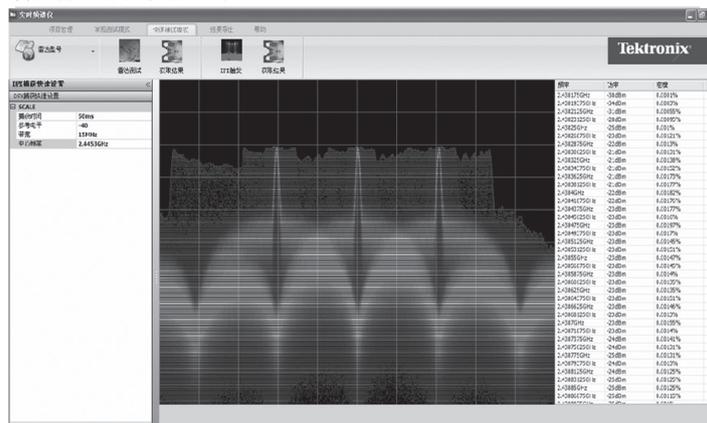
$338 * 7.109 \text{ nsec} + 1024/3 * 108$

最小的信号周期 = 2.4 usec + 3.4 usec = 5.8 usec

22



### 频谱占用度统计



23



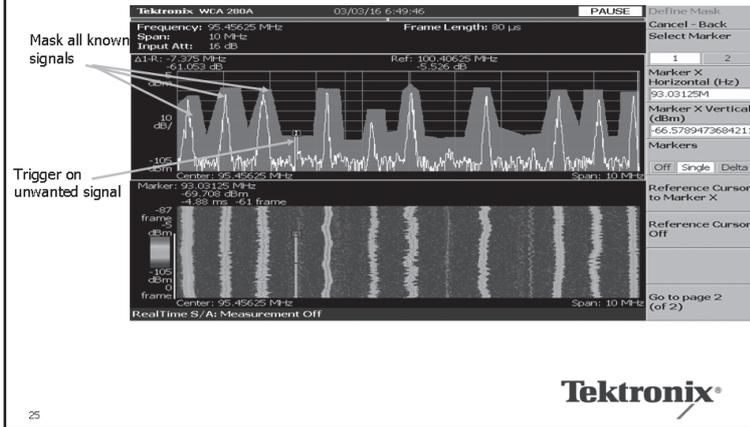
### 时短突发信号的截获

- 促发通信, 时分通信
- 干扰信号多为间断方式
- 多样的实时截获功能
  - 频率模板触发
  - 概率密度触发
- 实时存贮截获数据
- 一次捕获多次分析

24

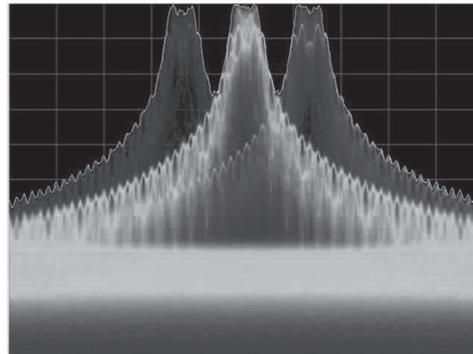


### 实时捕获技术



### 频谱密度触发

► 利用“颜色”的不同作为触发条件-频谱概率信息



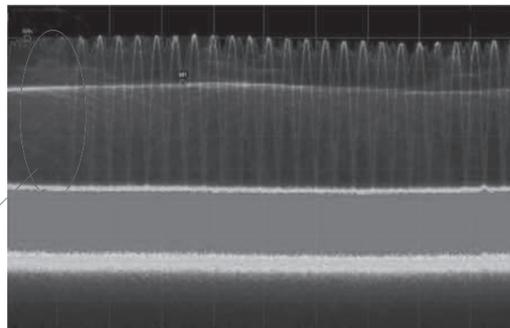
### 实时观测捷变频点

● 传统频谱仪需要长时间的积累,和最大保持

● DPX技术实时观测跳频点,生动显示

● DPX显示信号出现的概率,从而判断信号特征

发现有问题的跳频点



### 复杂电磁环境的模拟新手段---AWG和复杂电磁环境生成软件

- 超高频范围(20G), 超高采样率(50G)的AWG, 可以直接生成超宽带信号和复杂电磁环境
- 可以直接产生射频, 中频, 基带信号
- 业内唯一的复杂电磁环境产生软件 **RFexpress**
- 方便产生各种复杂的雷达信号和通信信号
- 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”, 超长16G内存支持回放
- 配合TIQS系列固态存贮, 采集信号回放
- 与各种软件兼容如: Matlab等
- 多通道相参信号源系统



28

### AWG70001A



AWG70001A – One Channel Arbitrary Waveform Generator	
Sample Rate	1.5KS/s to 50 GS/s (interleaved)
Maximum Frequency	20.0 GHz
Analog Bandwidth	~12-14 GHz
Rise Time	20~22ps (20/80%) (sample rate < 25GS/s) 26ps (sample rate >25 GS/s)
Dynamic Range (SFDR)	大于80 dBc
DAC Resolution	10 bits
Output Voltage	1.0 Vpp (Differential)
Waveform Memory	Standard: 2GSamples: Optional 16GSamples
Markers	2 (Differential)



29

### AWG70002A



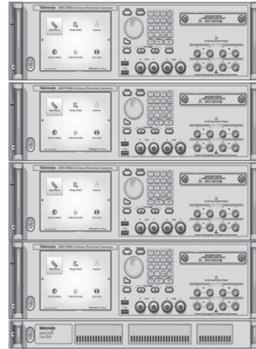
AWG70002A – Two Channel Arbitrary Waveform Generator	
Sample Rate	1.5KS/s to 25 GS/s
Maximum Frequency	10.0 GHz
Analog Bandwidth	~12-14 GHz
Rise Time	20~22ps (20/80%)
Dynamic Range (SFDR)	< - 60 dBc
DAC Resolution	10 bits
Output Voltage	1.0 Vpp (Differential)
Waveform Memory	Standard: 128 MSamples: Optional 8 GSamples
Markers	4 (Differential)



30

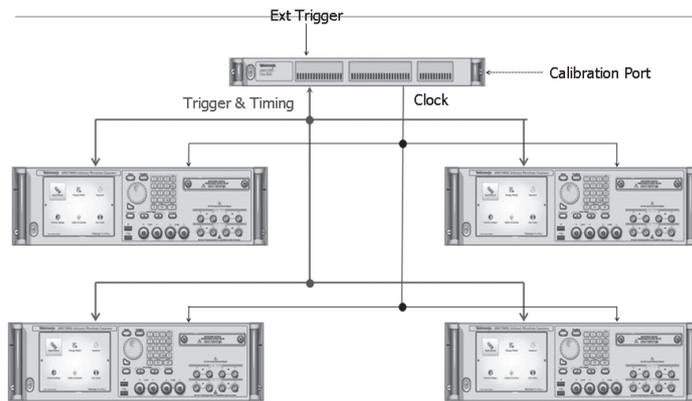
### Synchronization

- ▶ Up to four instruments (8 channels)
  - Instruments - master (1), slave (3)
  - Same configuration instruments
    - ▶ AWG70002A - 2 channel (shown)
    - ▶ AWG70001A - 1 channel
- ▶ Channel to channel synchronization
  - Coherent outputs
- ▶ What are your requirements?
  - Trigger Uncertainty
  - Channel to Channel Skew



31

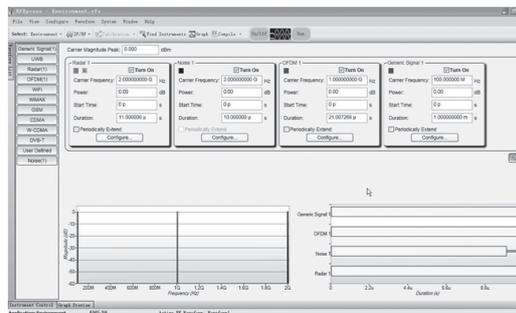
### Synchronization System



32

### 复杂电磁环境产生界面

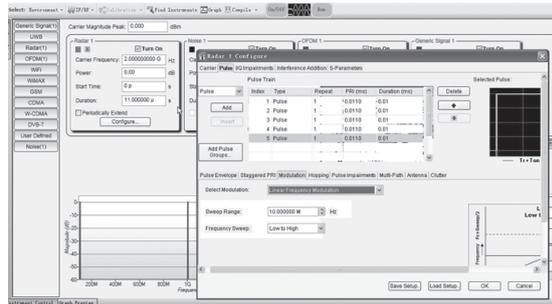
- 通用信号(包括数字调制, 跳频等)
- UWB
- 雷达
- OFDM
- WIFI
- Wimax
- GSM
- CDMA
- W-CDMA
- DVB-T
- 自定义信号(根据数据文件调入)
- 噪声



33

### 复杂电磁环境中的雷达信号产生模块

- ▶ 多部雷达
- ▶ 可设置同时到达
- ▶ 雷达侦察接收机的验证工具

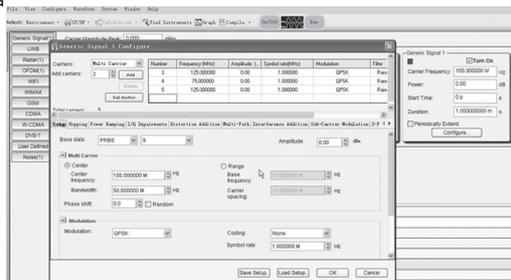


34



### 复杂电磁环境中的通信模块设置

- ▶ 多种数字调制信号
- ▶ 跳频、同频
- ▶ 多径、衰落



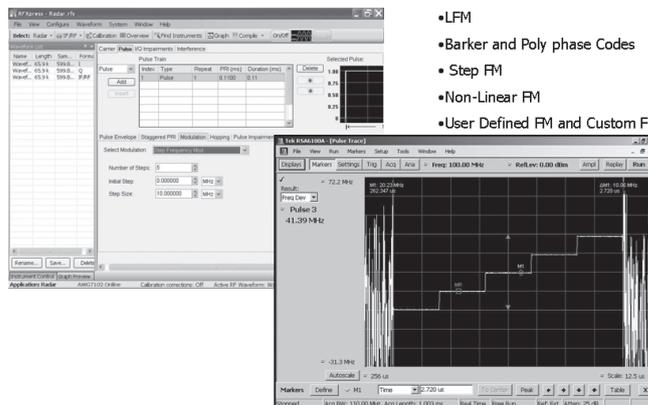
35



### 模拟各种雷达信号和通信信号(演示)

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

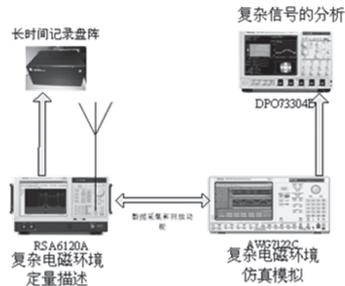


36



## 复杂电磁环境测试系统的构成

实时频谱仪, 任意波形发生器, 宽带示波器, 实时信号记录系统



Tektronix®

37

## 复杂电磁信号长时间记录和回放设备



Tektronix®

38

## 适合应用

- ▶ 复杂电磁环境磁环境的评估 复杂电磁环境信号的分析记录和回放, 复杂电磁环境的评估
- ▶ 雷达对抗 多部雷达信号同时记录, 离线分析和脉冲分选
- ▶ 通信对抗 复杂通信信号的记录, 后分析和后处理
- ▶ 频谱监测 频谱监测和频谱管理的长时间频谱记录, 应对下一代频谱监测需求
- ▶ 卫星通信 卫星信号的故障监测和记录, 载人航天通信系统性能记录

Tektronix®

39

### 特点

- 最高支持110M实时采集带宽
- 最高的信号保真度无损存贮
- 16bit的存贮格式，高动态范围
- 灵活的触发方式，配合实时频谱仪的强大的触发能力，触发记录数据
- 存贮时间从50分钟到几百个小时不等，根据不同的采集带宽和存贮深度
- 配合分析软件IQVIEW 可以对海量数据进行搜索和特定段的分析
- 特定段数据转存成TIQ数据便于实时频谱仪离线分析和任意波形发生器硬件回放
- 支持硬件回放设备连续回放TIQ2



40

### 存储时间长度

采集带宽 型号	TIQS2	TIQS4	TIQS8	TIQS12	TIQS16
110M	50分钟	1.7小时	3.4小时	5.1小时	6.8小时
60M	1.6小时	3.2小时	6.4小时	9.8小时	12.8小时
40M	2.5小时	5小时	10小时	15小时	20小时
20M	5小时	10小时	20小时	30小时	40小时
10M	10小时	20小时	40小时	60小时	80小时
1M	100小时	200小时	400小时	600小时	800小时



41

### 泰克复杂电磁环境测试系统



42

