

## 复杂电磁环境下的电子系统性能评估



泰克科技  
射频产品业务部  
张鹏

Tektronix®

## 复杂电磁环境下的电子系统性能评估

- ▶ 复杂电磁环境的定量描述
- ▶ 复杂电磁环境下的雷达系统性能评估
- ▶ 通信系统电子系统在复杂电磁环境下的性能验证

Tektronix®

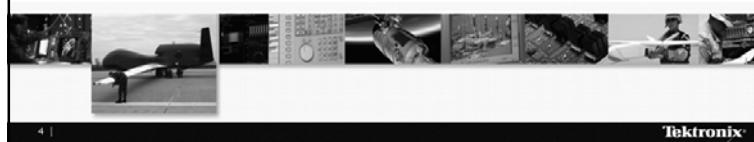
## 复杂电磁环境的定量描述

- ▶ 什么叫复杂电磁环境
- ▶ 复杂电磁环境的参数
- ▶ 参数的定量测试需求
- ▶ 参数的实时测试需求
- ▶ 基于概率密度统计的复杂电磁环境定量描述
- ▶ 复杂电磁环境的模拟

Tektronix®

## 复杂电磁环境下的频谱监测 解决当前棘手的信号侦查和识别挑战

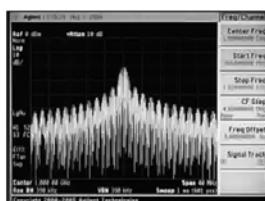
- ▶ 必须动态监测频谱活动
- ▶ 迅速有效地实时发现、识别和确认威胁
- ▶ 实时记录复杂背景下的信号
- ▶ 复杂电磁环境的定量分析



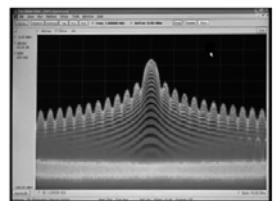
Tektronix®

## 实时观测

Swept Spectrum Analyzer

Same  
Test  
Signal  
→ ?

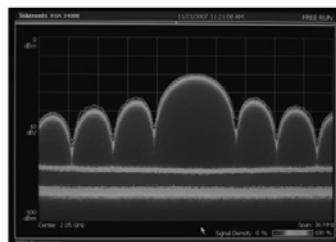
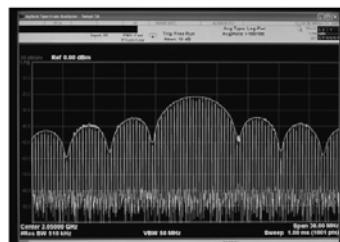
RSA6100A with DPX™ Spectral

Low  
Level  
Signal  
←

5 |

Tektronix®

## 传统测量手段难以发现故障和未知的信号特性



6 |

Tektronix®

## 干扰发现和定位

► 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

7 | Tektronix

## 干扰的分析

**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

8 | Tektronix

## 干扰发现

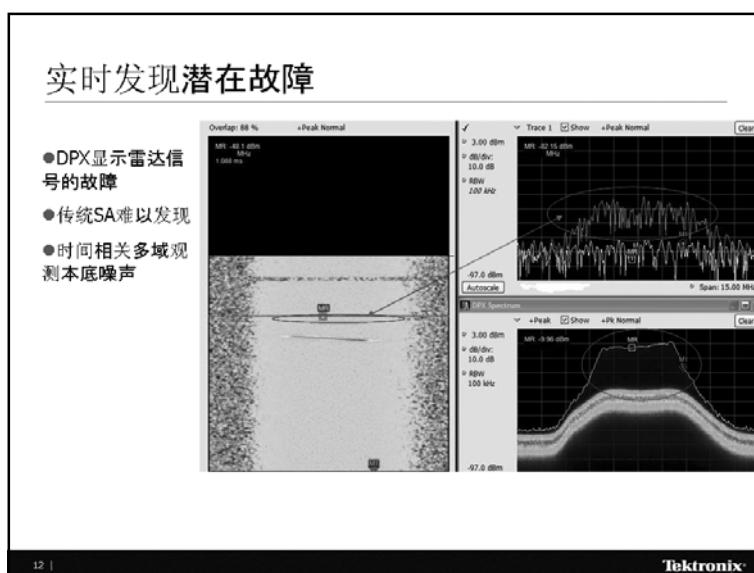
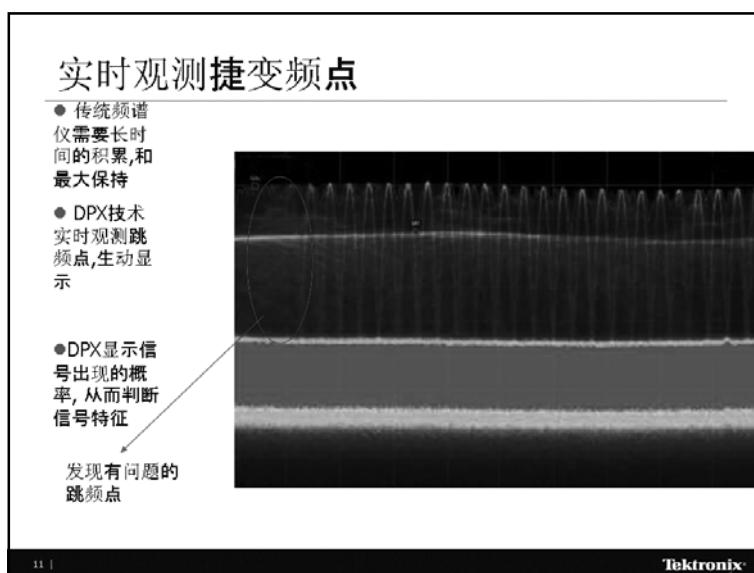
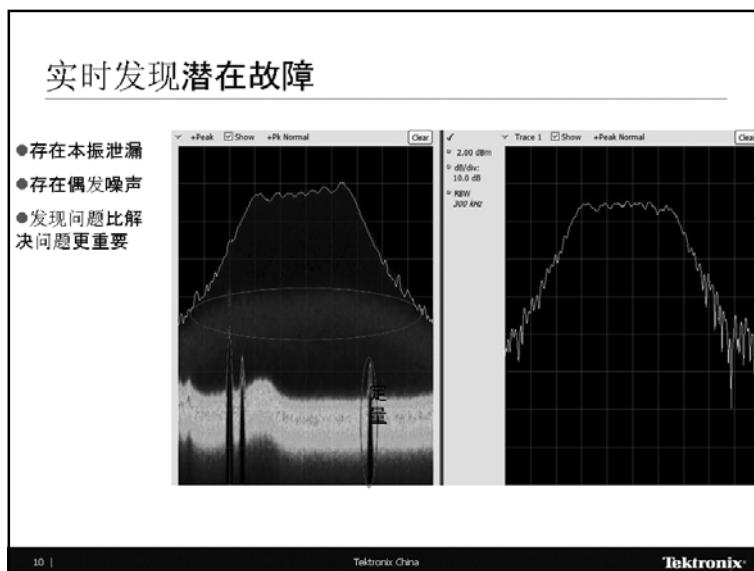
► DPX频谱观测

- See a world others don't

**相同的信号**

"这中独一无二的实时生动的信号刻画表示方式意味着用户永远可以发现信号中的问题。" – David Saar, Saar Consulting

9 | Tektronix



## 实时发现并深度分析故障

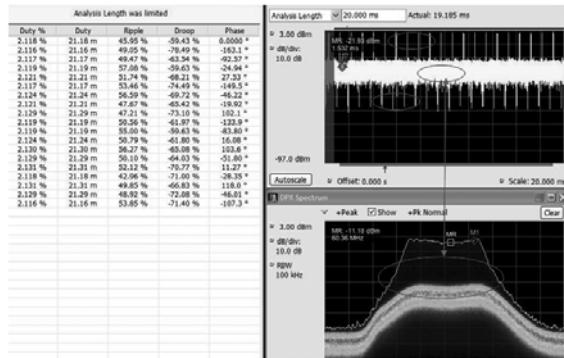
●DPX显示的故障信号

●时域显示故障信号

●时域测量故障信号存在的时间

●该时间与放  
大器开关的时间一致

●通过测量发  
现不相参

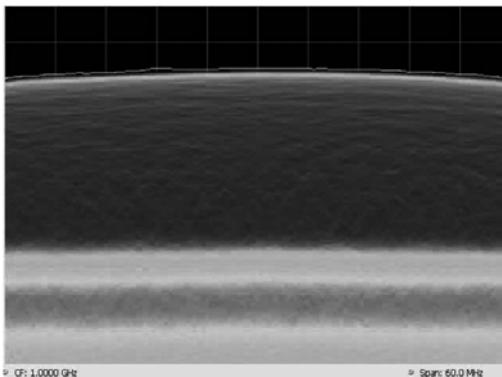


13 |

Tektronix®

## 扫频DPX

► POI 不变 3.7us



14 |

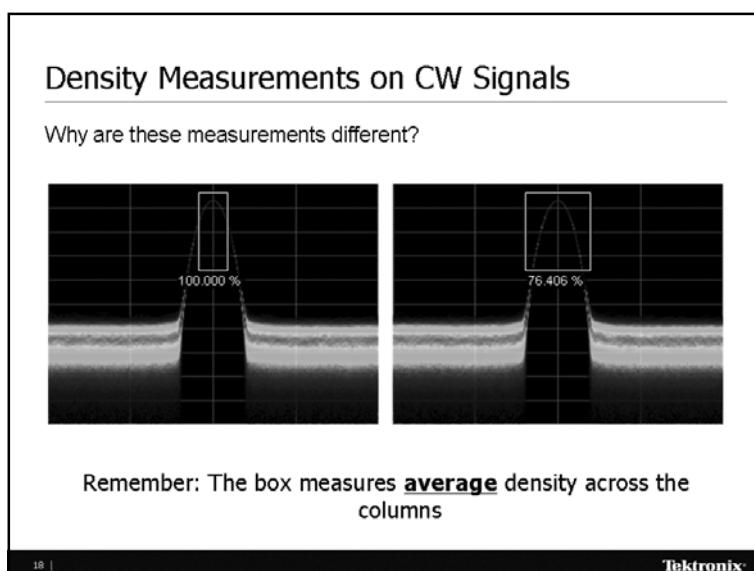
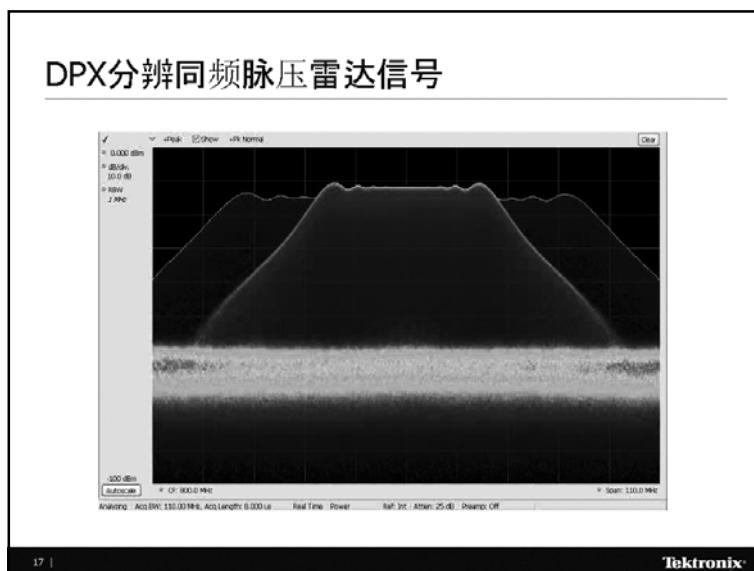
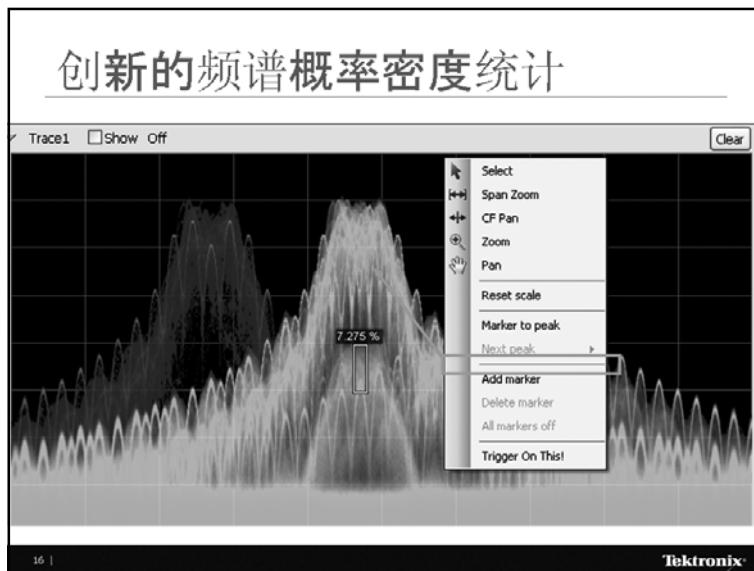
Tektronix®

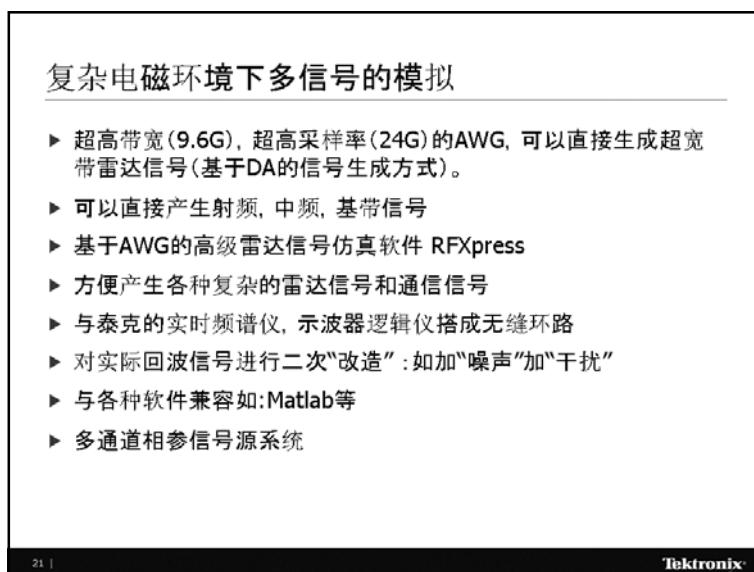
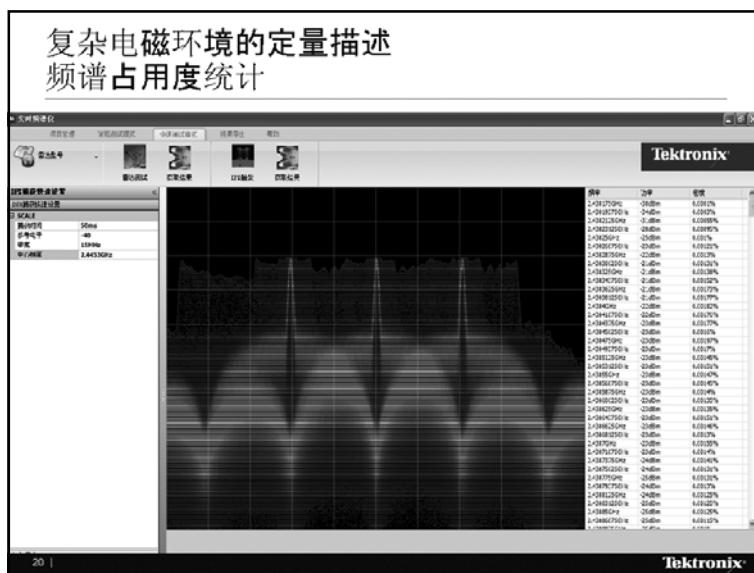
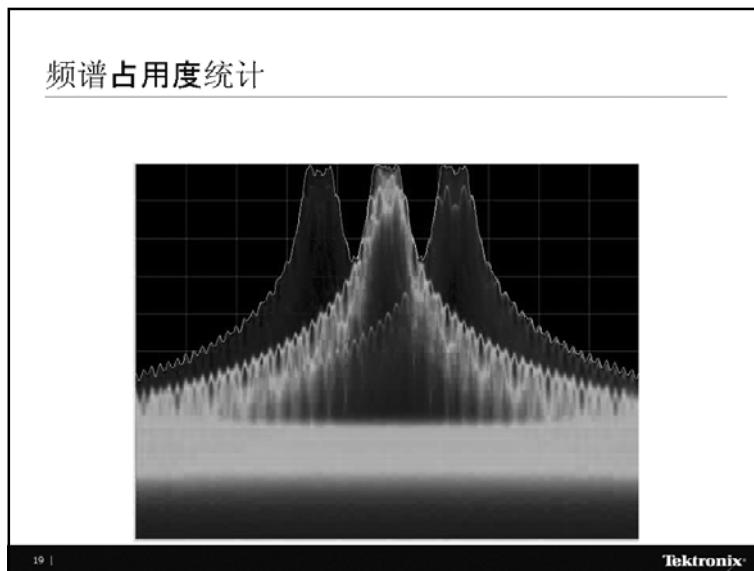
## 频谱的时间短时占用度统计

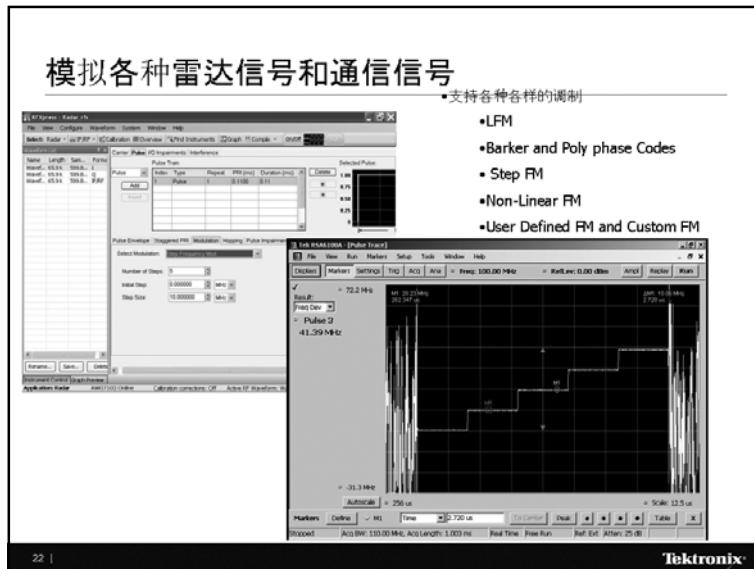
- 复杂电磁环境下的频谱监测定量分析需求
- 认知无线电概念
- 频谱占用度的实时统计
- 完成闭环监测系统的需求

15 |

Tektronix®







22 |

Tektronix®

## 复杂电磁环境下的雷达系统性能评估

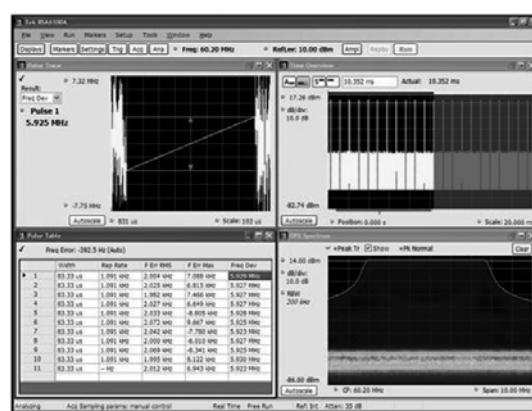
- 雷达系统的性能指标
- 新体制雷达的测试挑战(LPI,频率捷变, 脉冲压缩etc)
- 雷达性能测试参数(27项)
- 雷达模拟器的新需求

23 |

Tektronix®

## 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



24 |

Tektronix®

### 雷达自动分析套件—27项

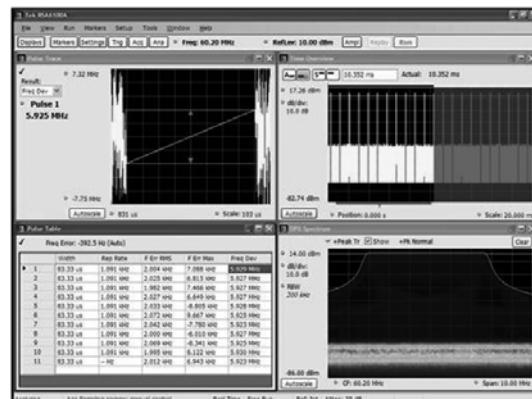
- ▶ Average ON Power :平均开功率
- ▶ Peak Power:峰值功率,针对脉冲方式
- ▶ Average Transmitted Power :平均发射功率
- ▶ Duty Factor (Ratio) :占空比
- ▶ Duty Factor (%): 展宽比(百分比显示)
- ▶ Pulse Width :脉冲宽度
- ▶ Repetition Rate (Hz) :脉冲重复频率
- ▶ Repetition Interval (Sec) :脉冲重复间隔
- ▶ Rise Time :脉冲前沿的上升时间
- ▶ Fall Time :脉冲后沿的下降时间
- ▶ Ripple :纹波(脉冲周期的不平坦)
- ▶ Droop :脉冲顶部的衰落
- ▶ Pulse-Pulse Phase Difference :脉冲到脉冲之间的相位差(脉冲中的固定位置)
- ▶ 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

25 |

Tektronix®

### 脉内频率分析

- 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
- 脉冲压缩功能

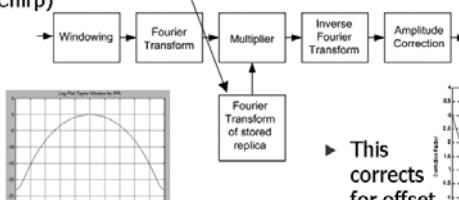


26 |

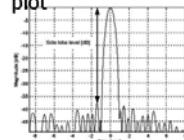
Tektronix®

### 雷达信号分析

- ▶ Time Window (Taylor)
  - Narrow Main Lobe
  - Better Time Resolution
- ▶ FFT , De-Chirp, IFFT
- ▶ Estimated or User-Entered Chirp Parameters (for De-Chirp)



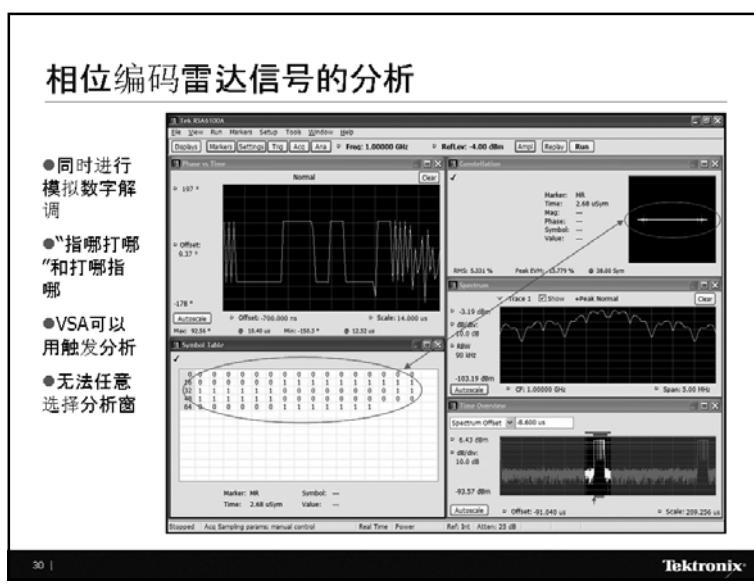
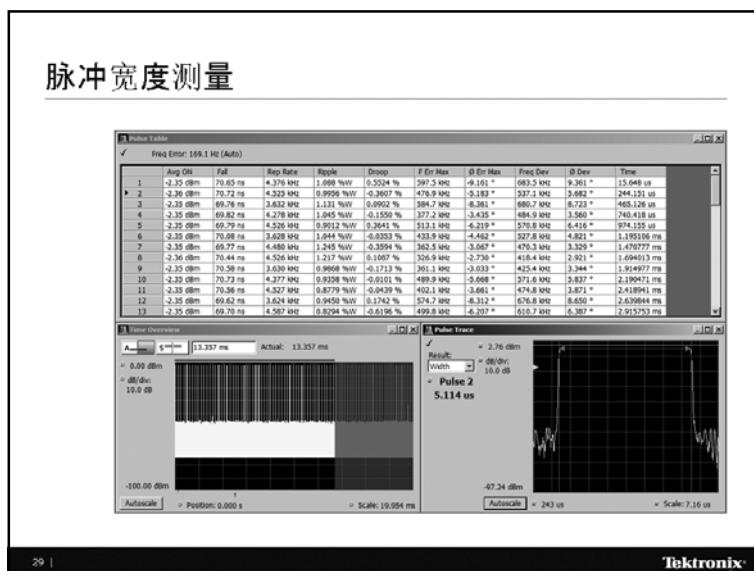
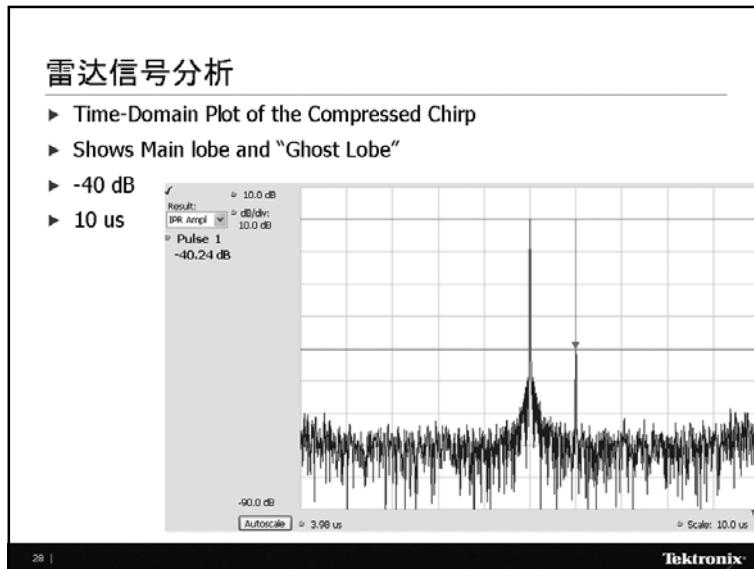
#### ▶ Amplitude vs. Time plot



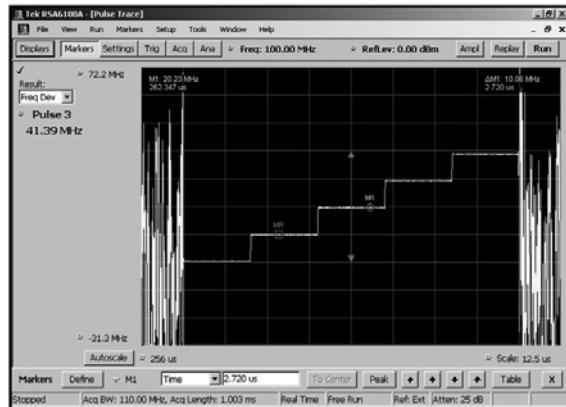
▶ This corrects for offset of "ghost"

27 |

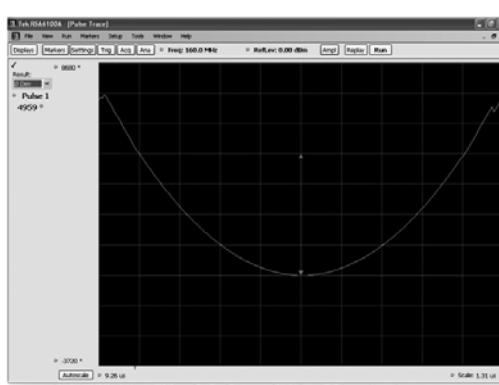
Tektronix®



### 脉内步进频

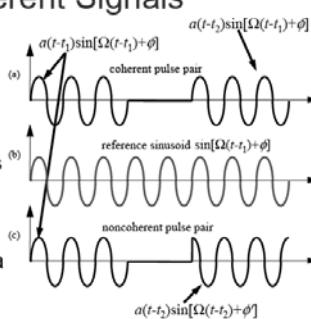


### 脉内的相位测量—Phase Deviation



### Coherent Signals

- “Coherent processing” required in many algorithms
  - basically, so data from different pulses can be successfully combined
- Implies signal phases referred to a common, stable oscillator



ECE 6272 Mark A. Richards  
mark.richards@ece.gatech.edu  
© Copyright 2004. All Rights Reserved.

Module #2

## 相参结果的趋势分析

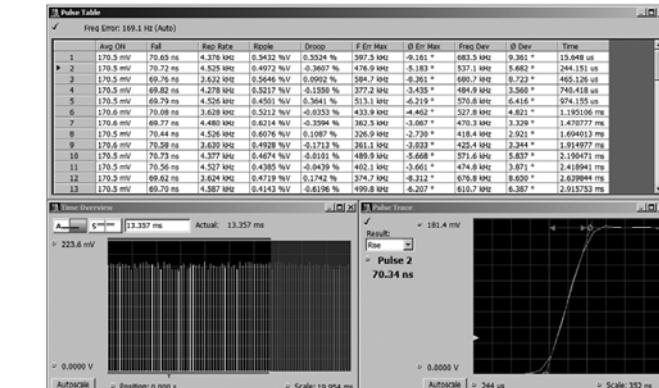
●利用分析统计功能绘出趋势图

●结果看出相参性非常好

34 |

Tektronix®

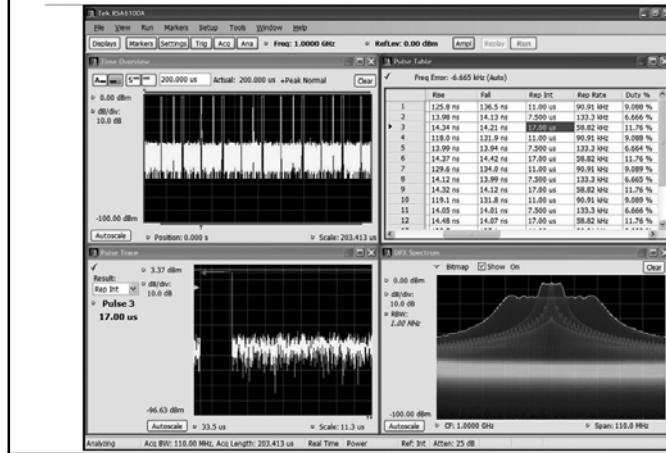
## 无意调制的测量



25 |

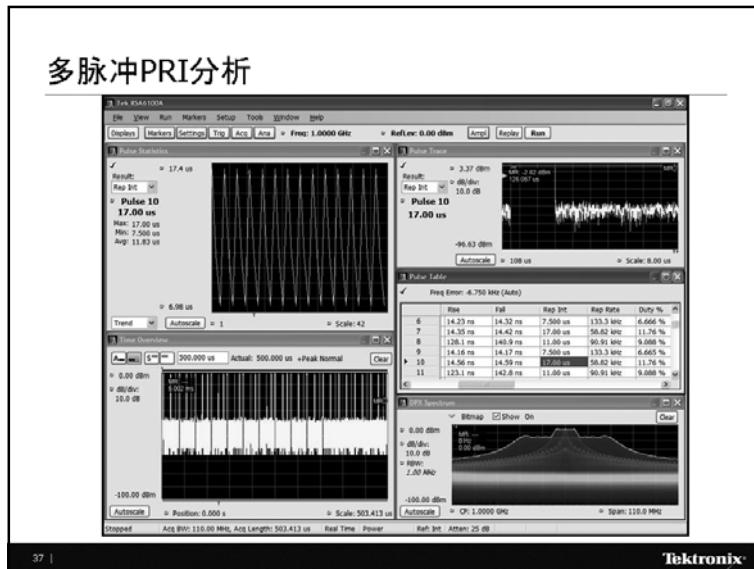
Tektronix®

## 多脉冲PRI分析



36 |

Tektronix®



## 通信系统电子对抗系统在复杂电磁环境下的性能验证

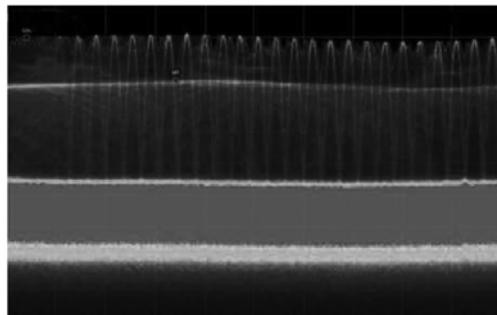
- ▶ 突发、跳频、扩频信号的捕获和分析
- ▶ 跳频系统的性能验证
- ▶ 10万跳的观测能力, 20万跳的捕获能力
- ▶ 扩频信号的观测
- ▶ 通信系统的信号实物仿真

40 |

Tektronix®

## 跳频信号的观测

- 清楚的观察到不同跳频点的频率
- DPX具有非常强大的生动的表现力, 是判断信号特性和行为特征的最佳工具

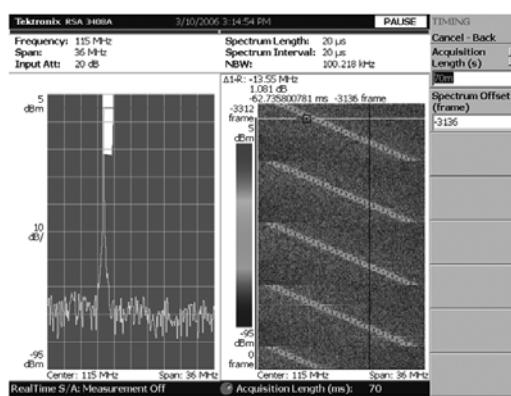


41 |

Tektronix®

## 跳频信号的分析

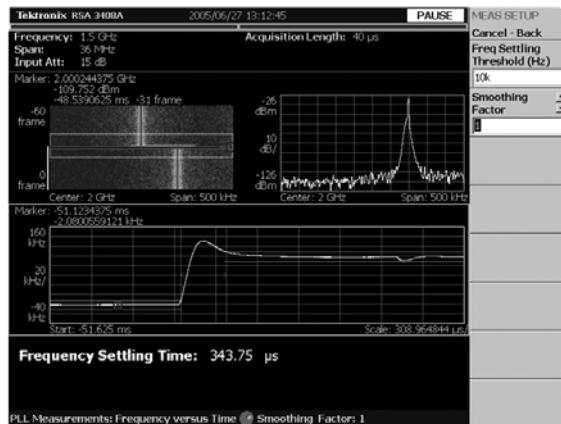
- ▶ 跳频信号的观测



42 |

Tektronix®

### 跳频电台换频时间的测量

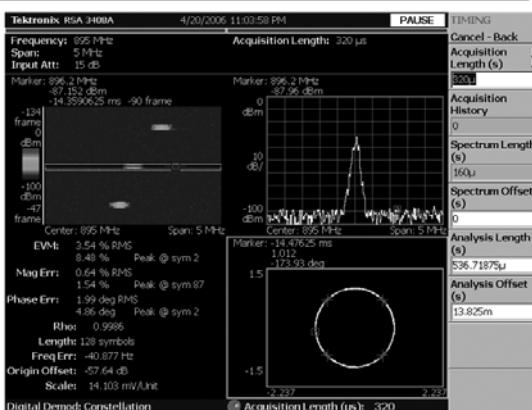


43 |

Tektronix®

### 对跳频信号进行解调分析

“指哪打哪”  
和  
“打哪指哪”

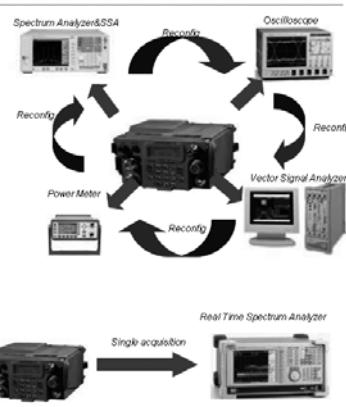


44 |

Tektronix®

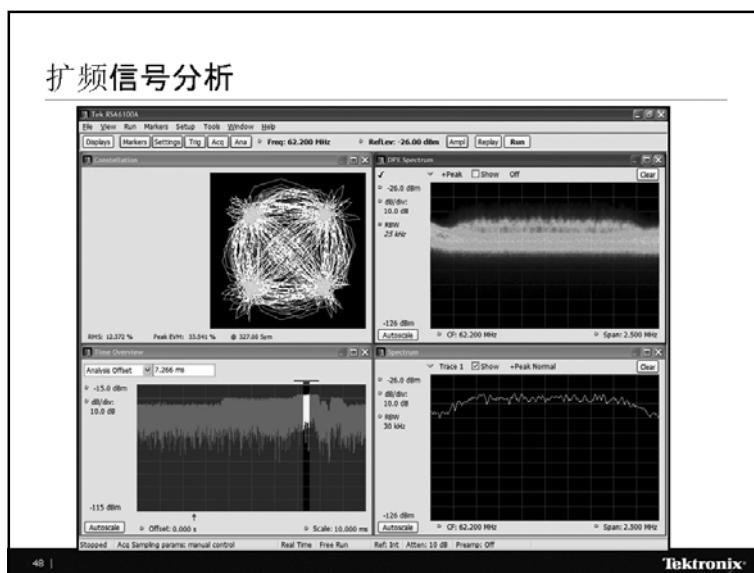
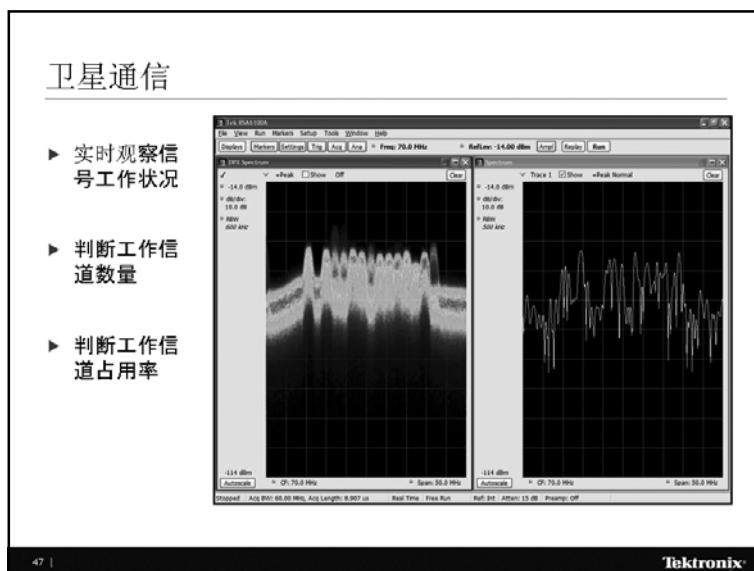
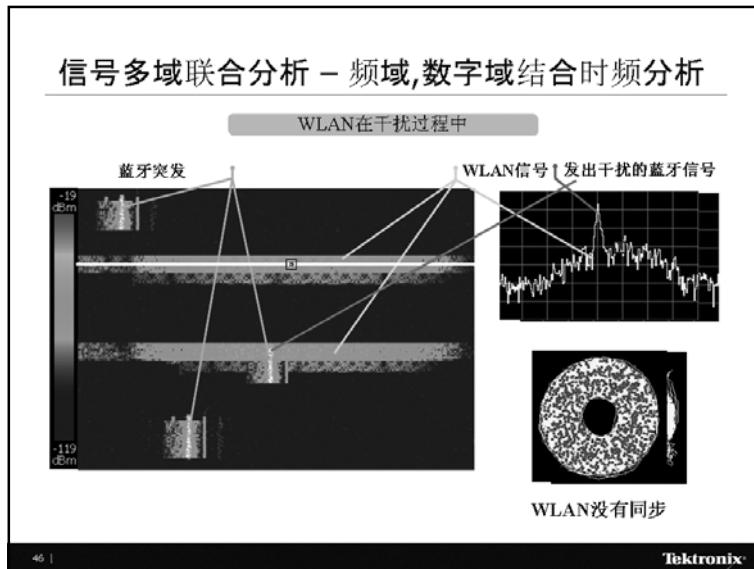
### 真正的多域联合分析

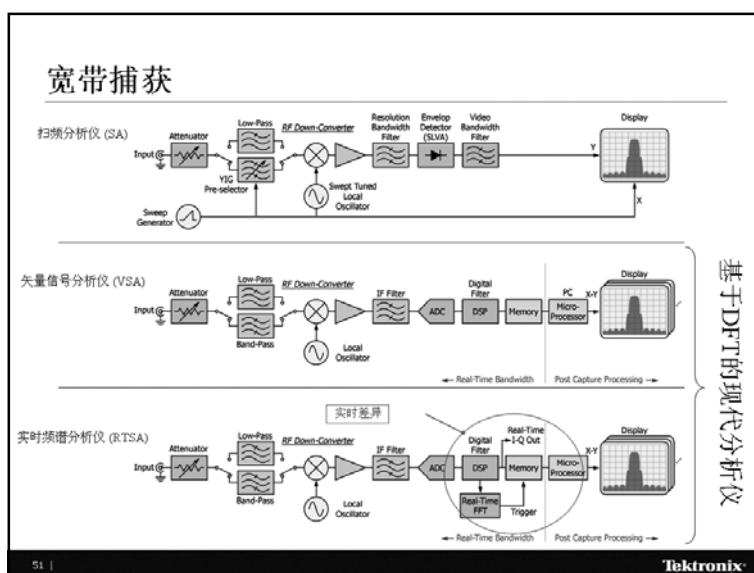
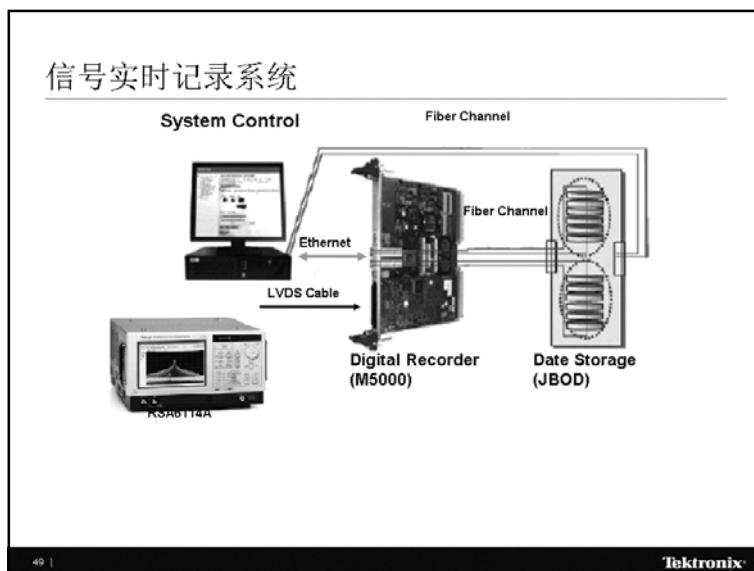
- ▶ 传统的Radio测试
  - ACP, Power Ramping, EVM, etc.
  - Multiple test configurations
  - Configuration changes take TIME!
- ▶ 多域联合分析的优势
  - 一次采集完成全部测试 (reply)
  - 不需要重新搭设备
  - 创新的分析功能, 解决测试难题
  - 多域分析=?多个仪器相加
- ▶ 创新的功能
  - 自动测量换频时间
  - 任意跳频点进行解调
  - 自动音频分析功能
  - 新的跳频测量自动分析软件
  - 生动的显示功能
  - 100%的捕获概率

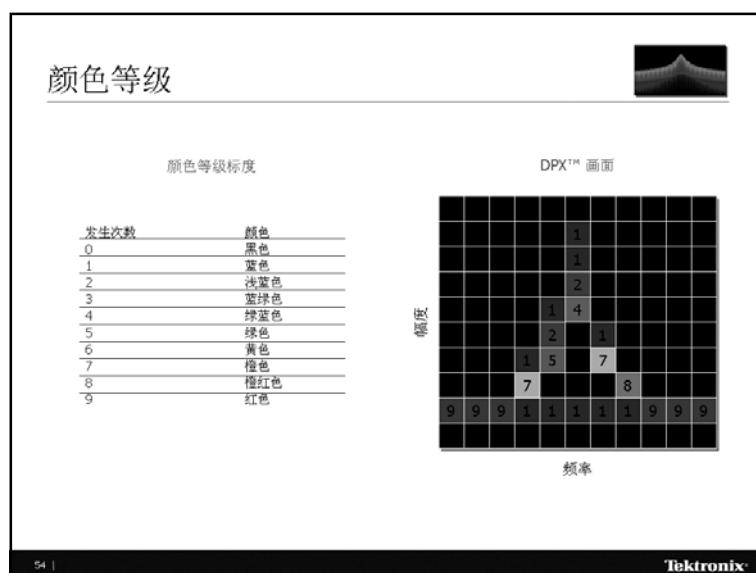
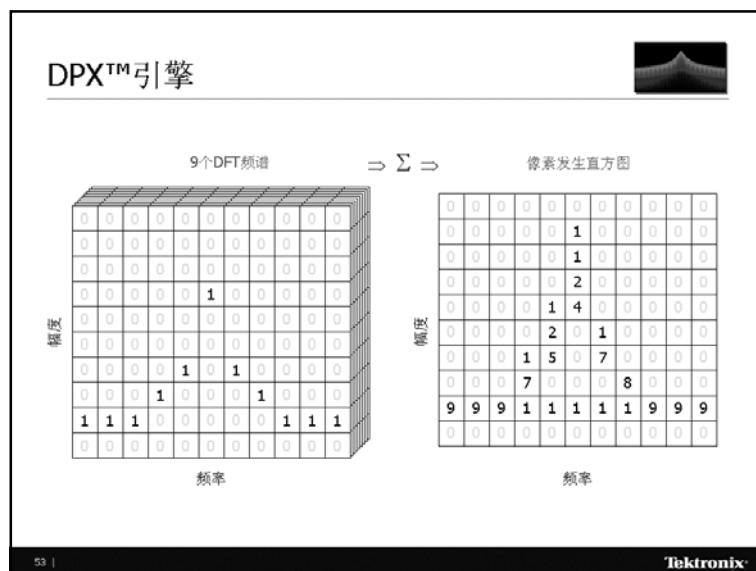
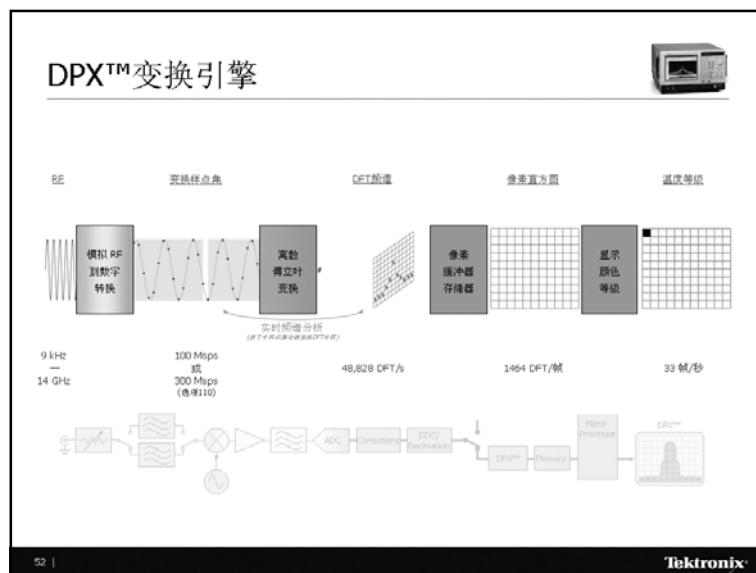


45 |

Tektronix®







### 数字荧光和阴极射线管

► ‘数字荧光’一词源于CRT中的荧光层  
► CRT的荧光层拥有希望的质量：

金辉  
阳极  
阴极  
垂直  
水平  
电子束  
旧  
新  
比例性  
阳极  
减少  
常见

Electron Beam

► 液晶显示器 (LCD)没有这些特点

55 | Tektronix

