



泰克高性价比

射频测试方案

23 APRIL 2018

孙勇

Yong.sun@Tektronix.com

13501124062



内容

- 当今的世界 – 射频的世界
- 泰克在RF测试领域发展的创新历程及实时频谱分析技术
- 泰克高性价比射频仪器
- 泰克高性价比射频测试方案

内容

- 当今的世界 – 射频的世界
- 泰克在RF测试领域发展的创新历程及实时频谱分析技术
- 泰克高性价比射频仪器
- 泰克高性价比射频测试方案

当今的世界 – 射频的世界

射频无处不在

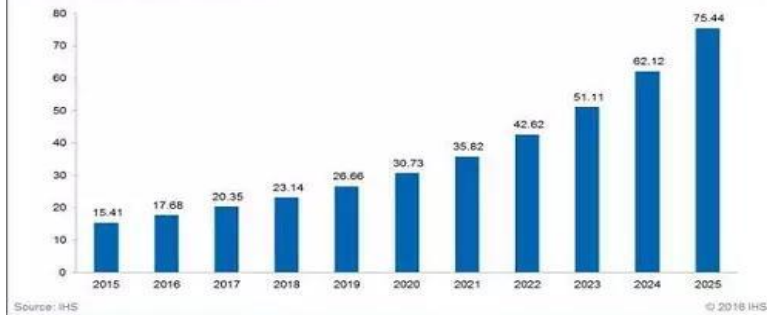


当今的世界 – 射频的世界

物联网引领新浪潮

Figure 1. The IoT market will be massive

IoT installed base, global market, billions



全球联网设备的安装基数将从2015年的154亿增长到2020年的307亿。2025年，这一数字更将达到754亿

- 智能家居
- 智能交通
- 智能医疗
- 智能电网
- 智能物流
- 智能农业
- 智能电力
- 智能安防
- 智慧城市
- 智能汽车
- 智能建筑
- 智能水务
- 商业智能
- 智能工业
- 平安城市



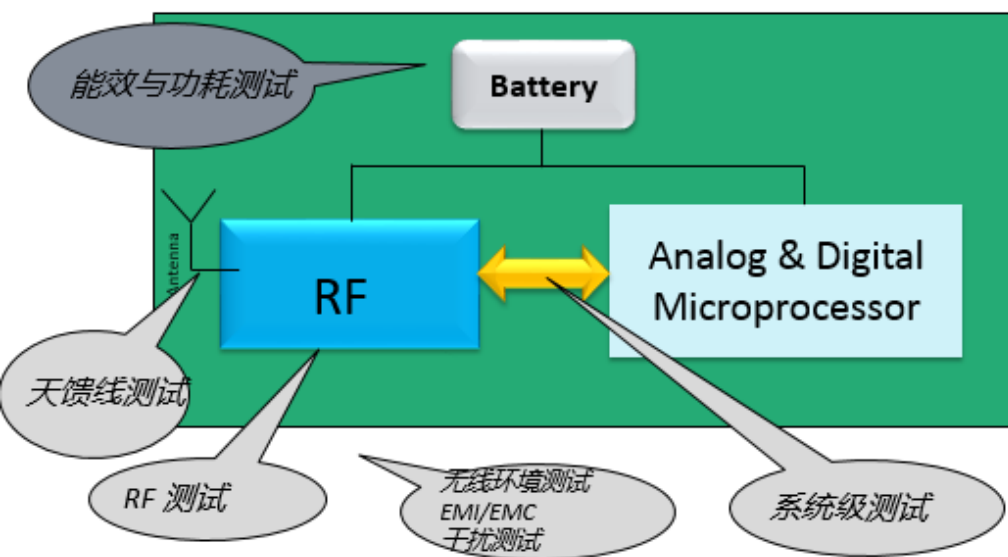
当今的世界 – 射频的世界

物联网引领新浪潮



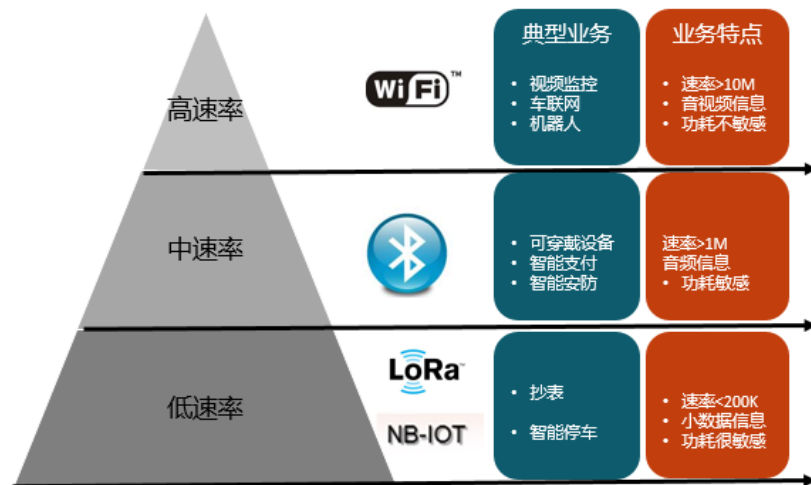
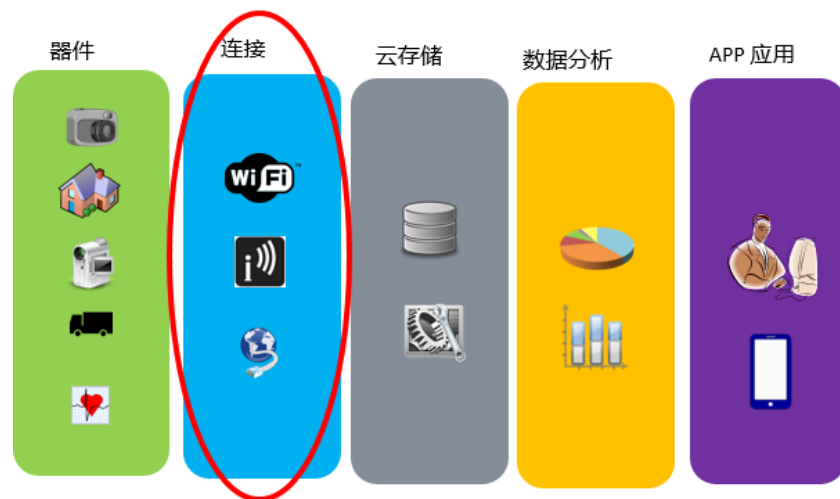
当今的世界 – 射频的世界

物联网离不开射频测试



单仪表需求不断增加

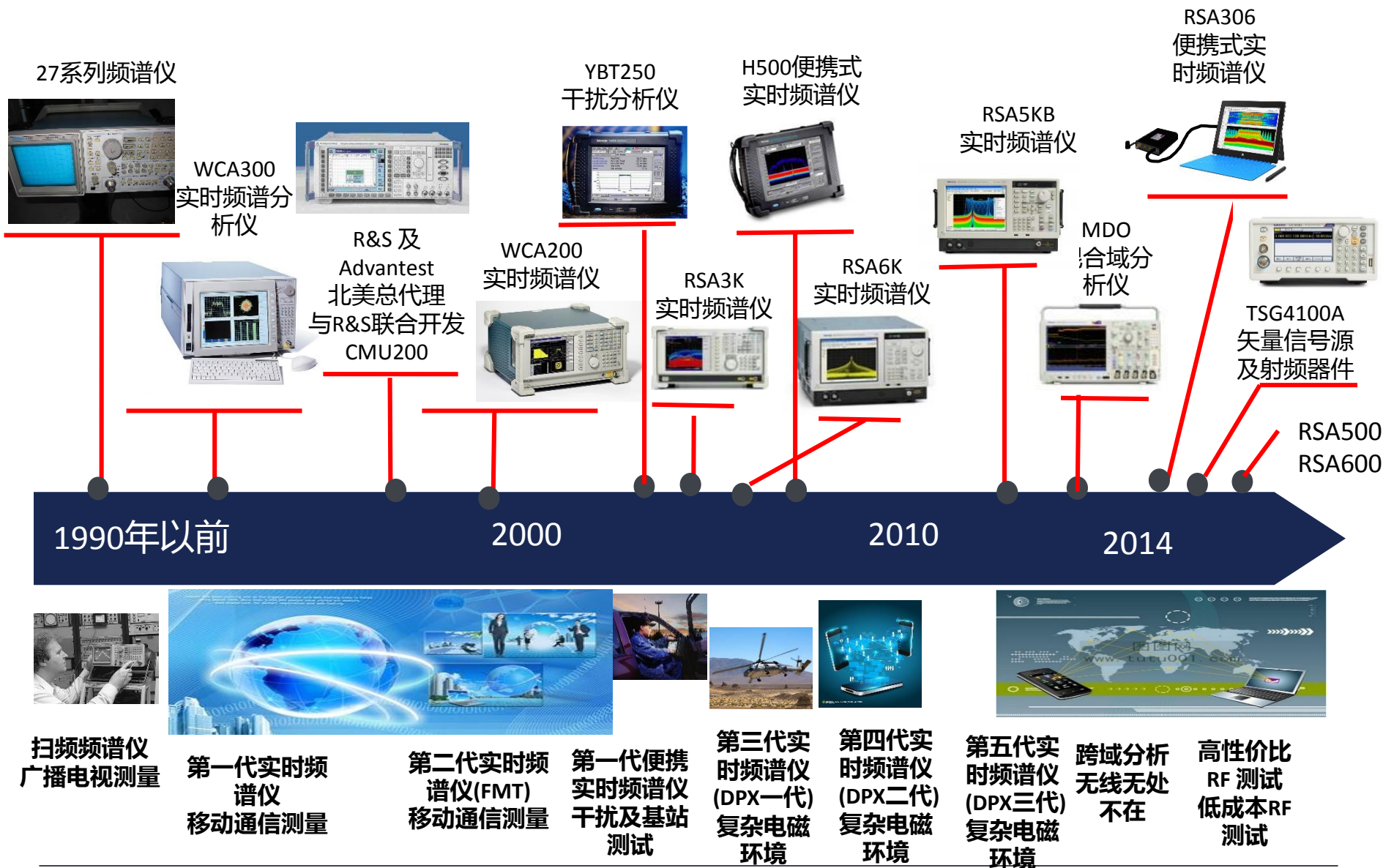
测试系统尤为重要



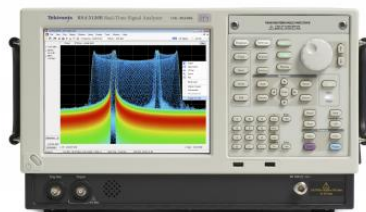
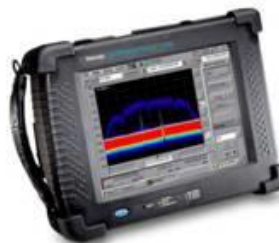
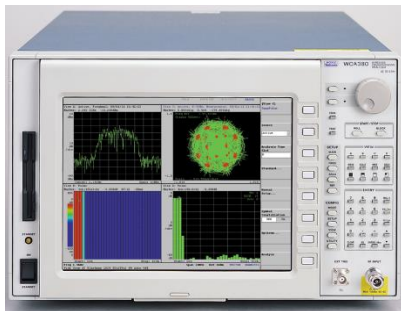
内容

- 当今的世界 – 射频的世界
- 泰克在RF测试领域发展的创新历程及实时频谱分析技术
- 泰克高性价比射频仪器
- 泰克高性价比射频测试方案

泰克在RF测试领域发展的创新历程



泰克在实时频谱分析领域领先25年



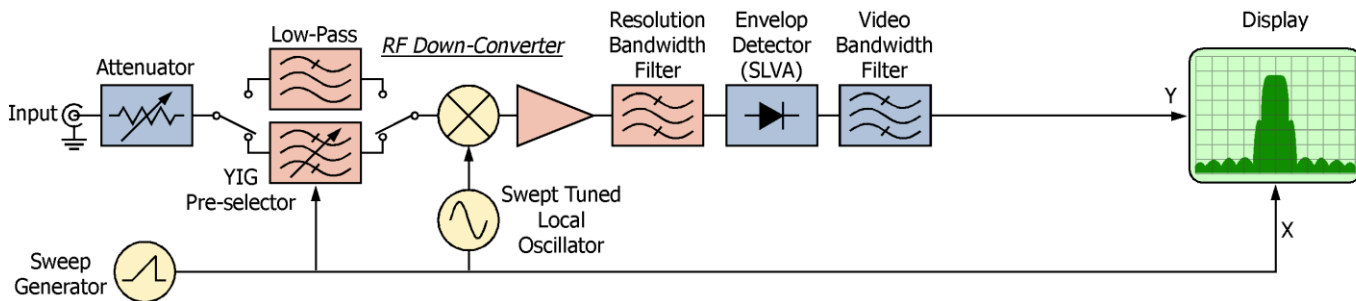
- 1989 – Tektronix 3052
- 1996 – Tektronix 3056
- 2000 – Tektronix WCA 330
- 2002 – Tektronix YBT250
- 2003 – Tektronix WCA 280
- 2004 – Tektronix RSA3408A
- 2006 – Tektronix RSA6000
- 2007 – Tektronix H600/H500/SA2500
- 2010 – Tektronix RSA5000
- 2014 – Tektronix RSA306

第六代实时频谱分析技术

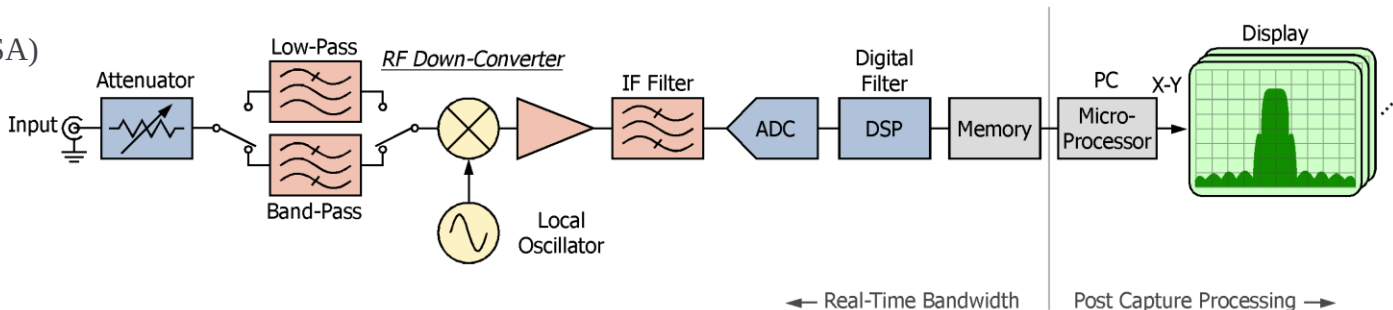
实时频谱监测于2010年正式写入国家无线电监测委员会频谱管理规范

射频接收机发展历程

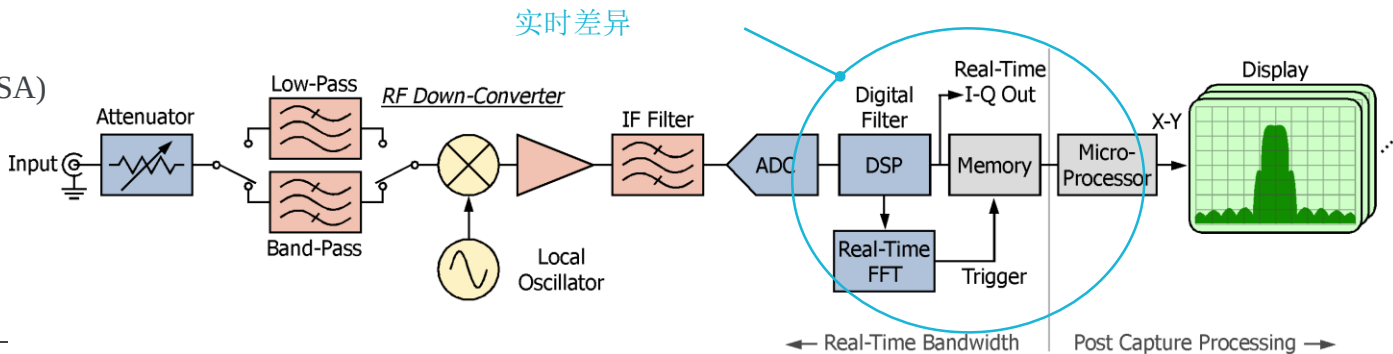
扫频分析仪 (SA)



矢量信号分析仪 (VSA)



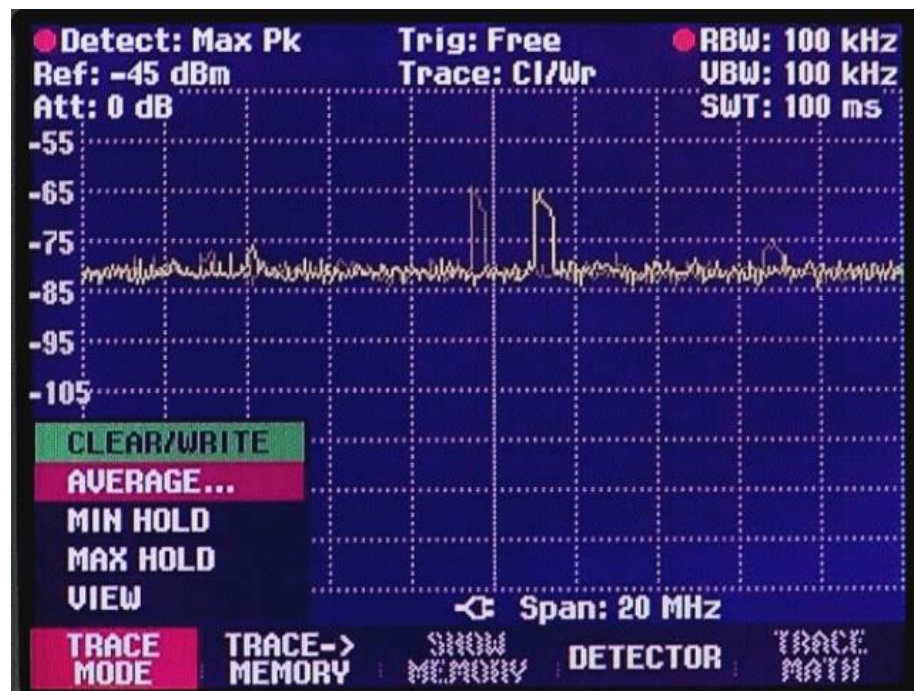
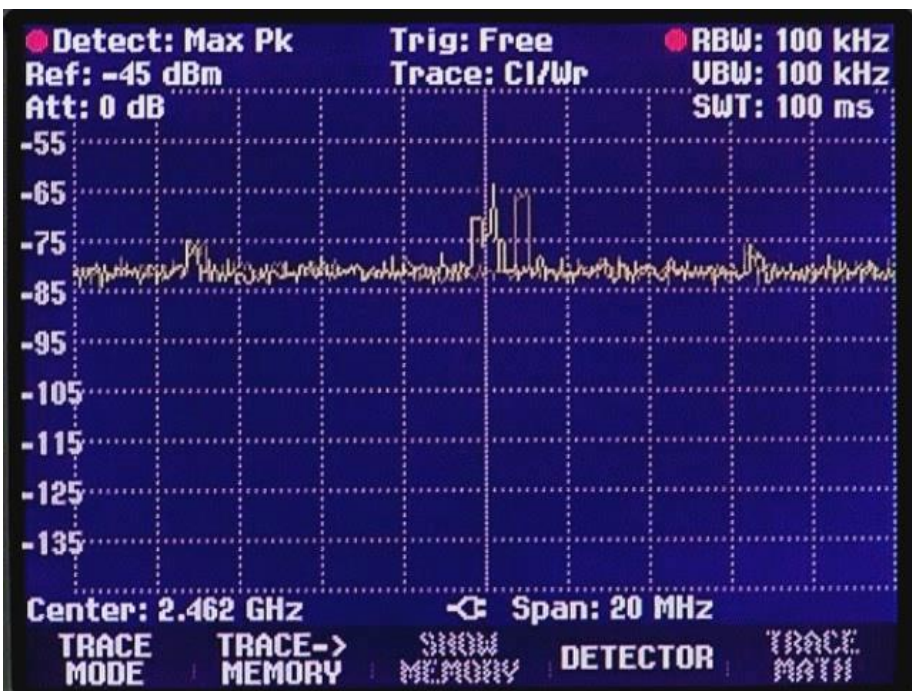
实时频谱分析仪 (RTSA)



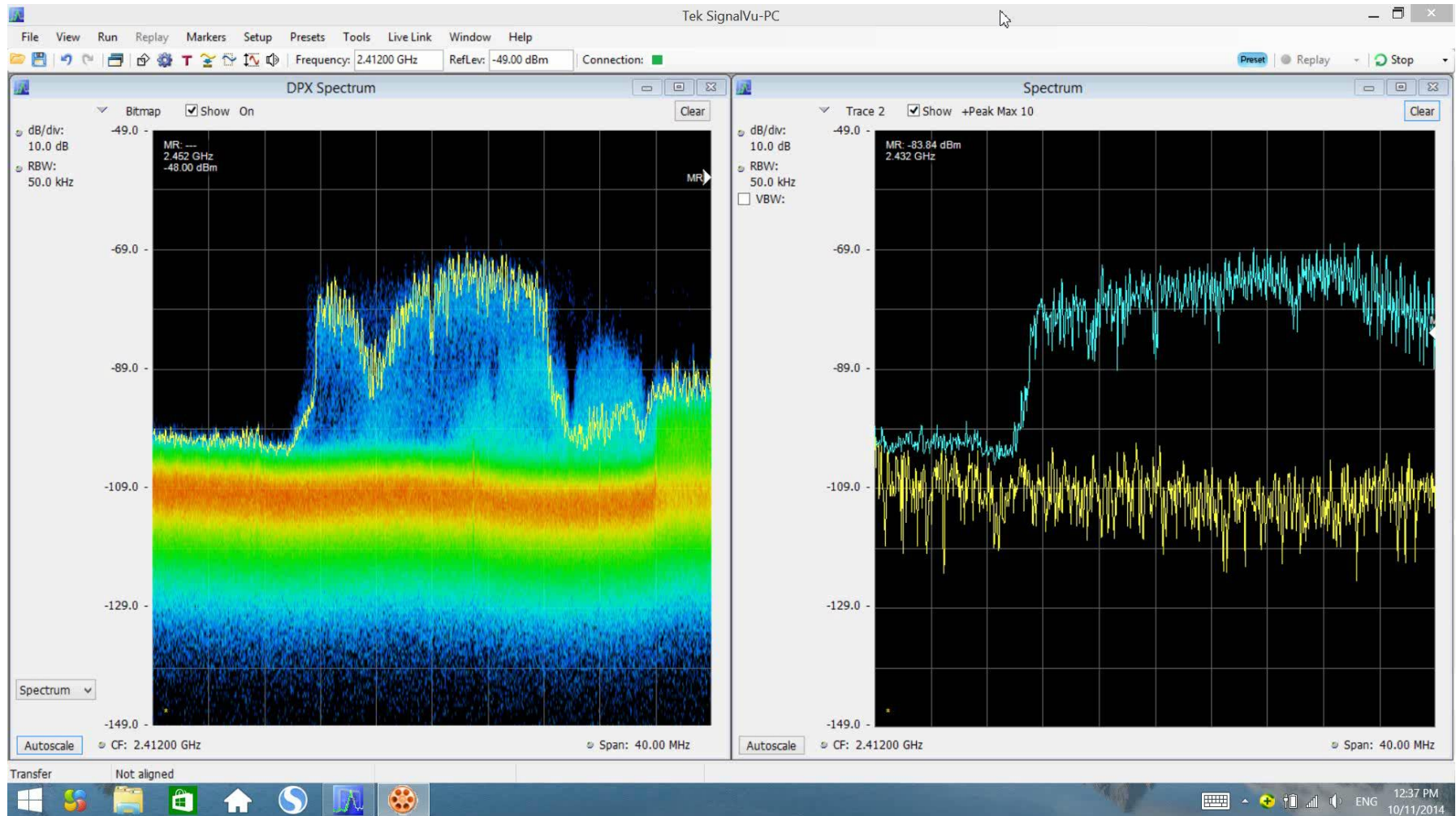
基于FFT的现代分析仪

扫频频谱显示WIFI信号频谱

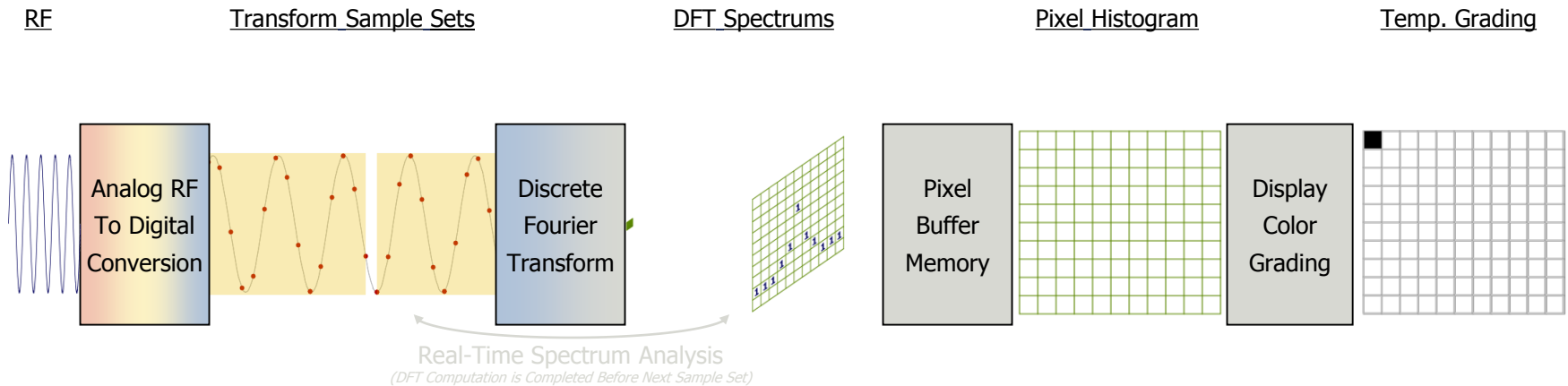
- 低扫描速度影响传统频谱仪完整观测突发信号频谱的能力
 - 需最大保持一段时间



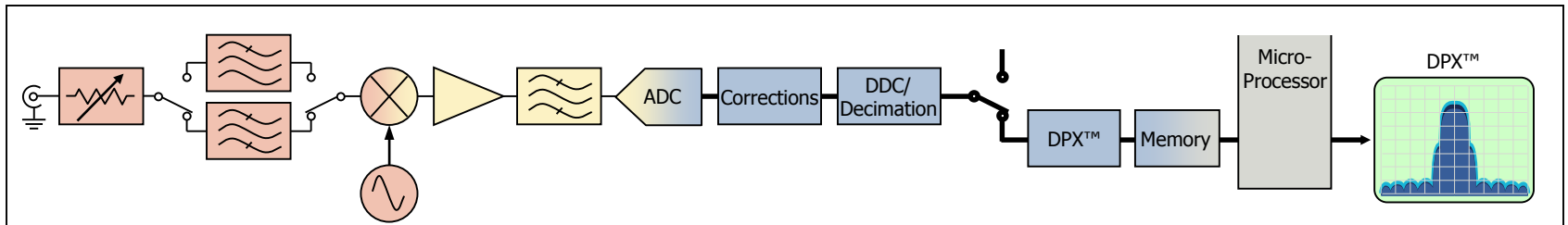
实时频谱显示与普通频谱对比显示WiFi信号



泰克专利的 DPX™ 技术



10000~392000 DFT/s



Digital Phosphor DPX™ 实时频谱显示技术

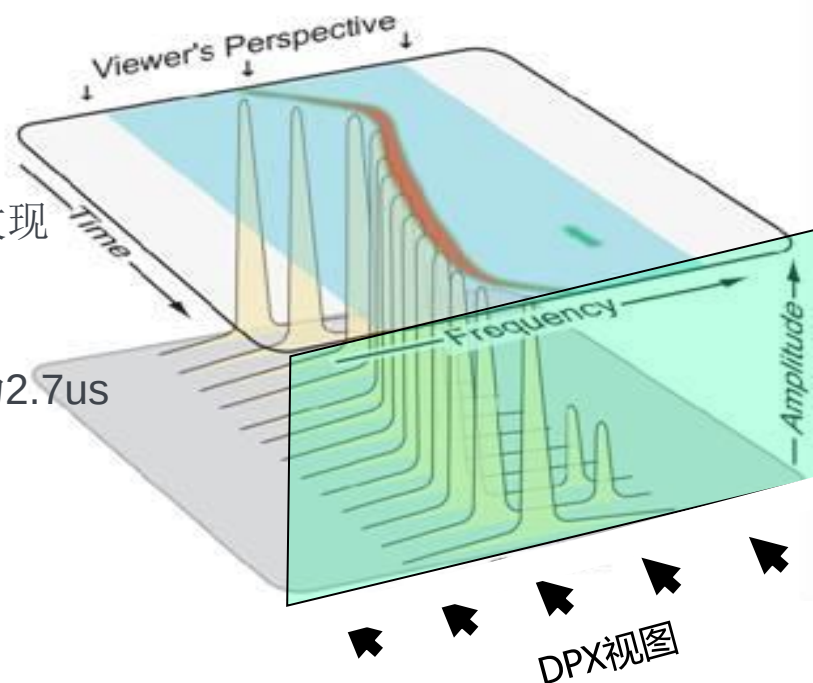
- 自由频谱运行模式下短时间累积大量频谱，重叠显示，以色温表示概率

- RSA5K 台式实时频谱仪

- 78412 DFT/20ms
- 相当于每秒 390625 DFT
 - 1秒内有一个DFT 就可以100% 发现
 - 相当于2.5us
 - 加上处理时间，100% POI指标为2.7us

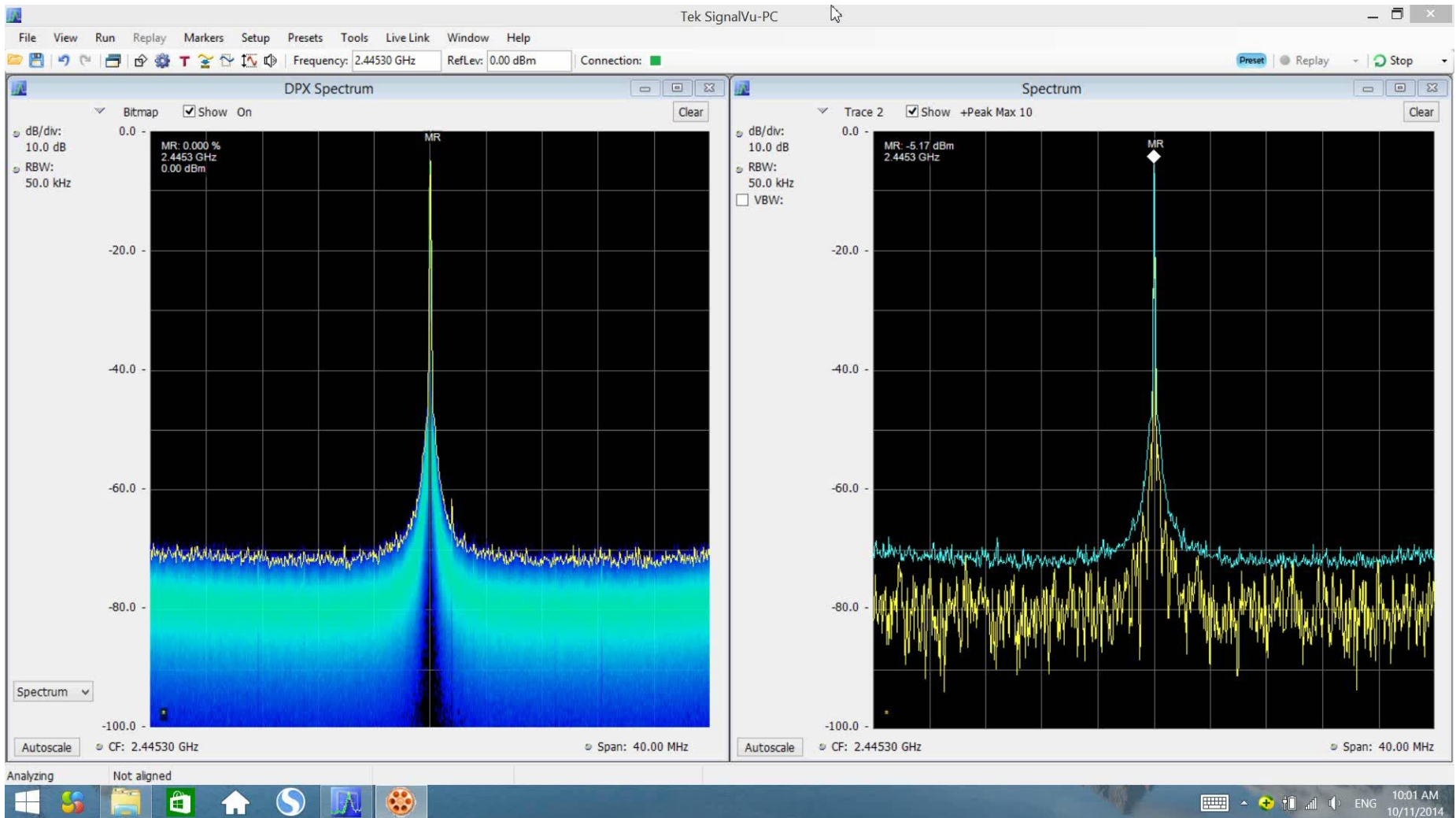
- H500 便携式实时频谱仪

- 10000DFT/S
 - 相当于100us
 - 加上处理时间，100% POI指标125us

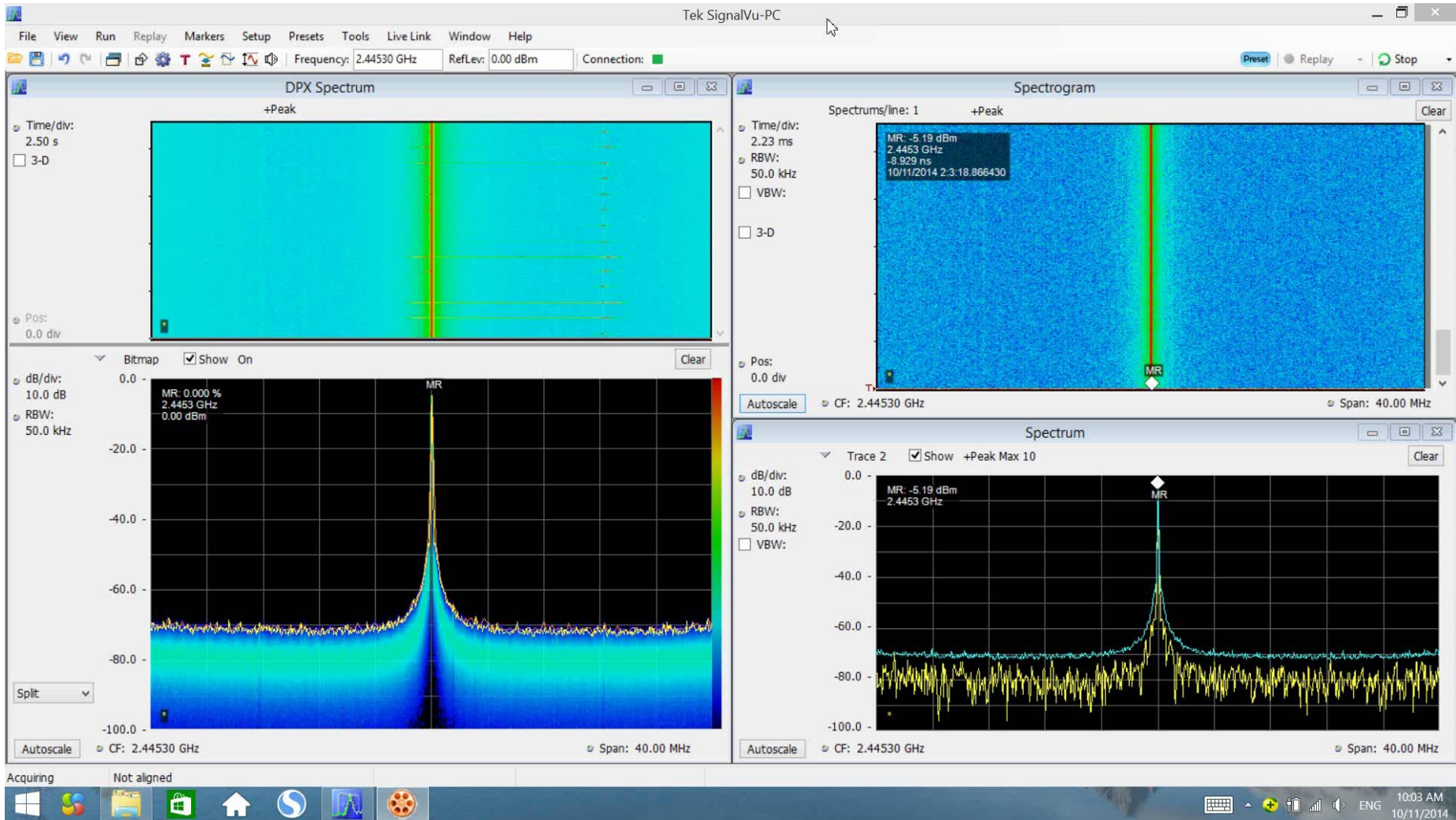


RSA306 实际处理每秒1万个DFT，100% POI 指标限定在100us

DPX的应用1— 提高发现偶发信号的概率

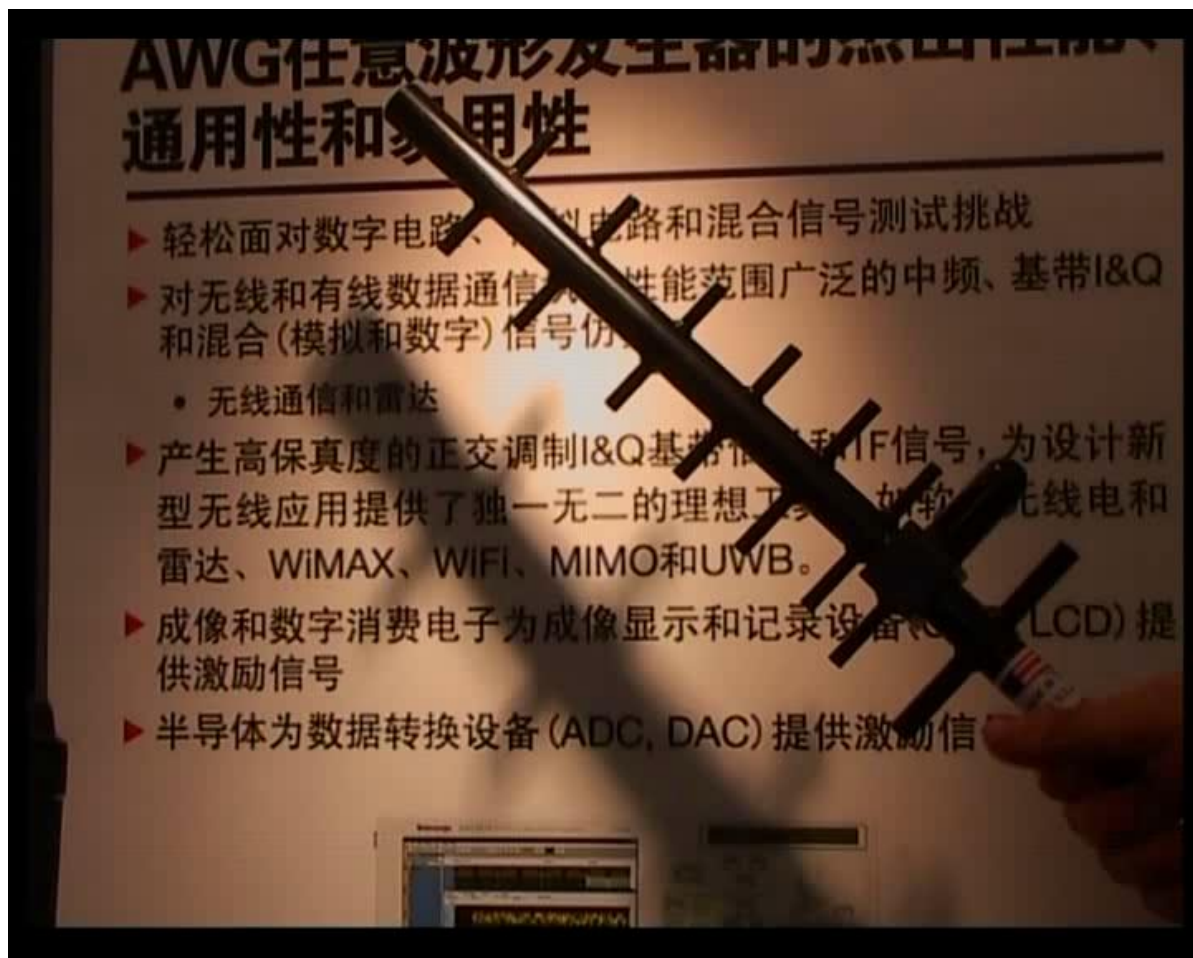


DPX的应用1— 提高发现偶发信号的概率



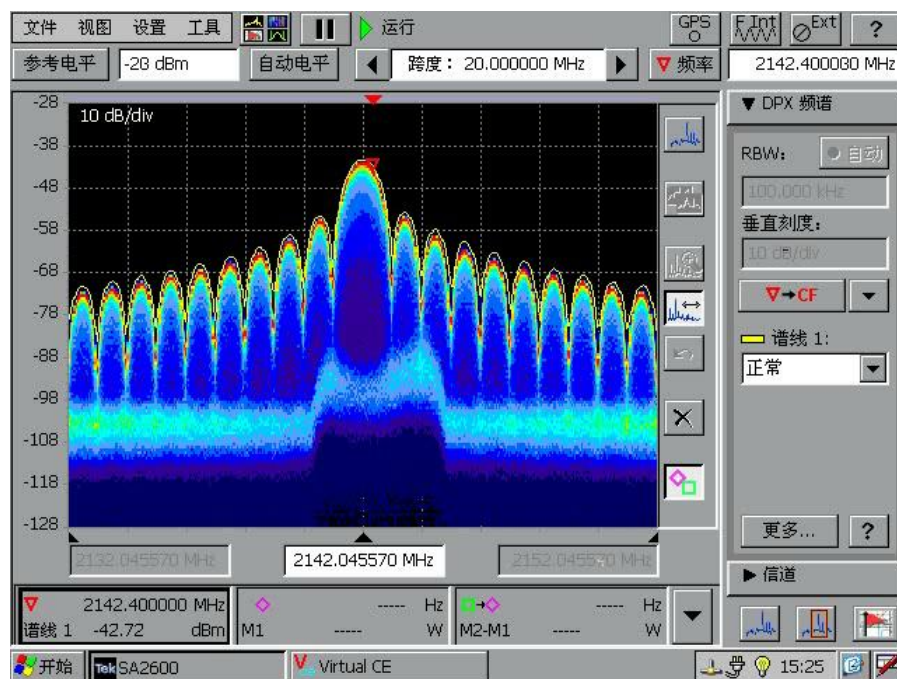
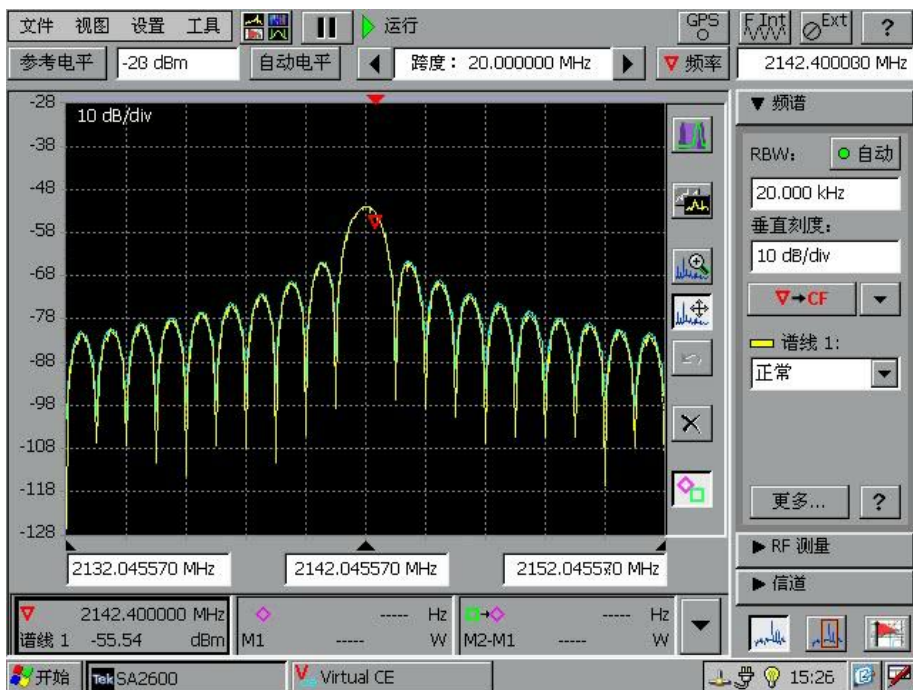
DPX的应用2— 区分同频不同概率的信号

- 只要同一跨度内叠加在一起的信号出现的概率不同，DPX™ 频谱中就会显现出多个不同颜色的信号

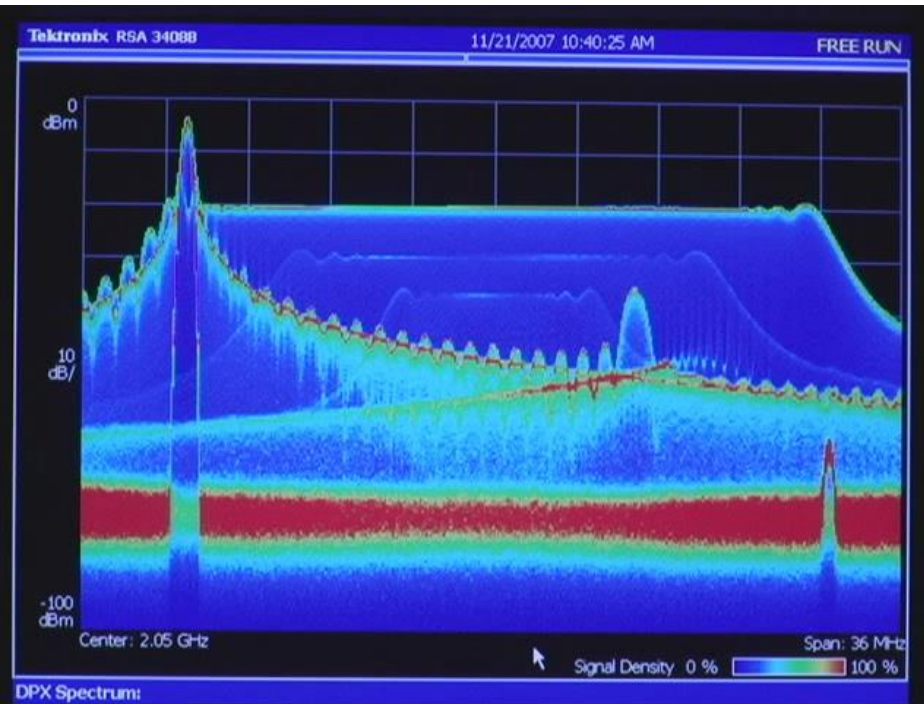


DPX的应用2— 区分同频不同概率的信号

- 雷达信号是一串密集的脉冲，传统频谱显示为连续频谱
 - 雷达信号下的其它信号无法分辨

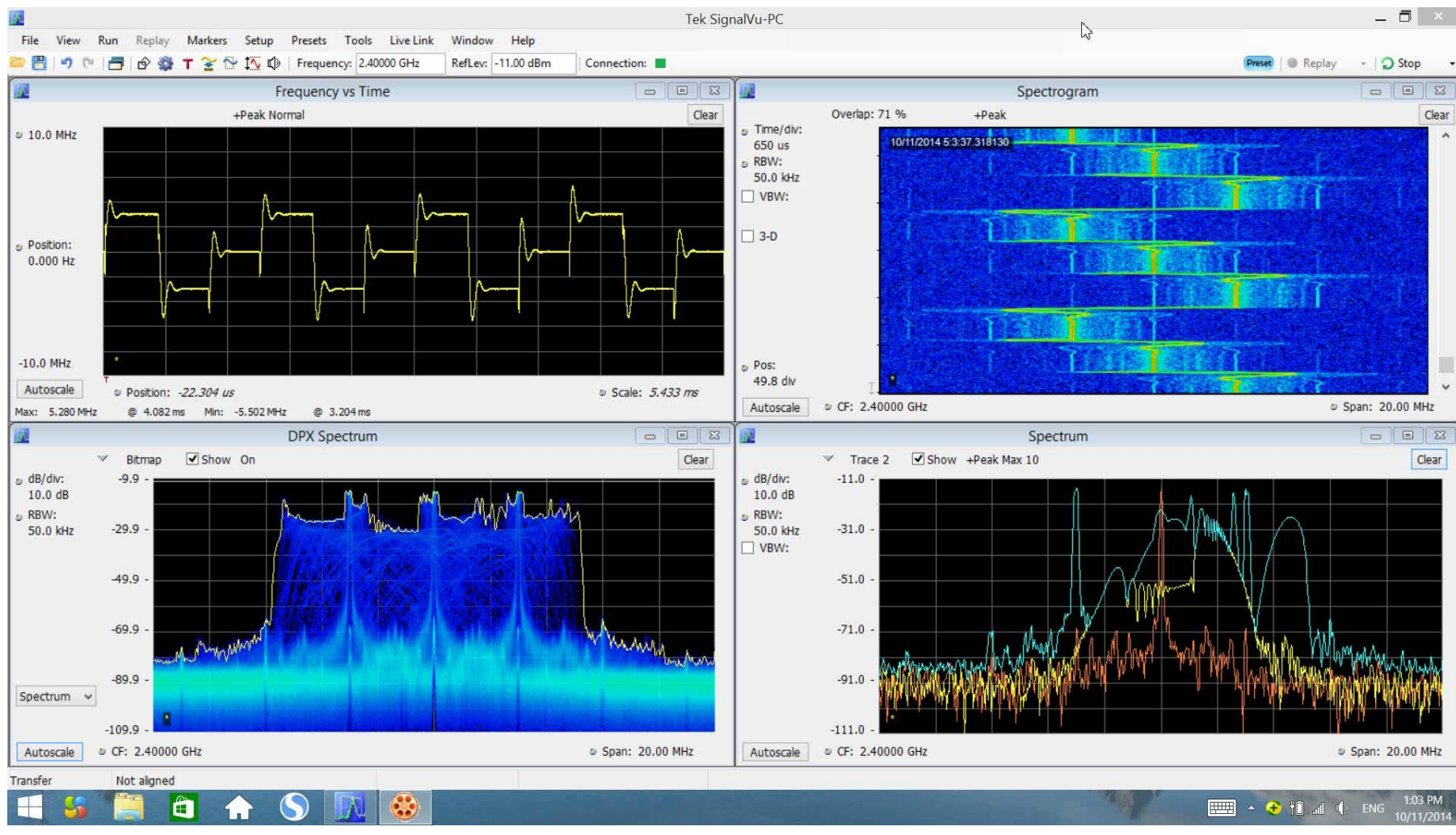


DPX的应用2— 区分同频不同概率的信号



DPX的应用3— 将动态信号变为静态

- 时变信号经DPX后，其显示为静态，便于定位、分析



内容

- 当今的世界 – 射频的世界
- 泰克在RF测试领域发展的创新历程及实时频谱分析技术
- 泰克高性价比射频仪器
- 泰克高性价比射频测试方案



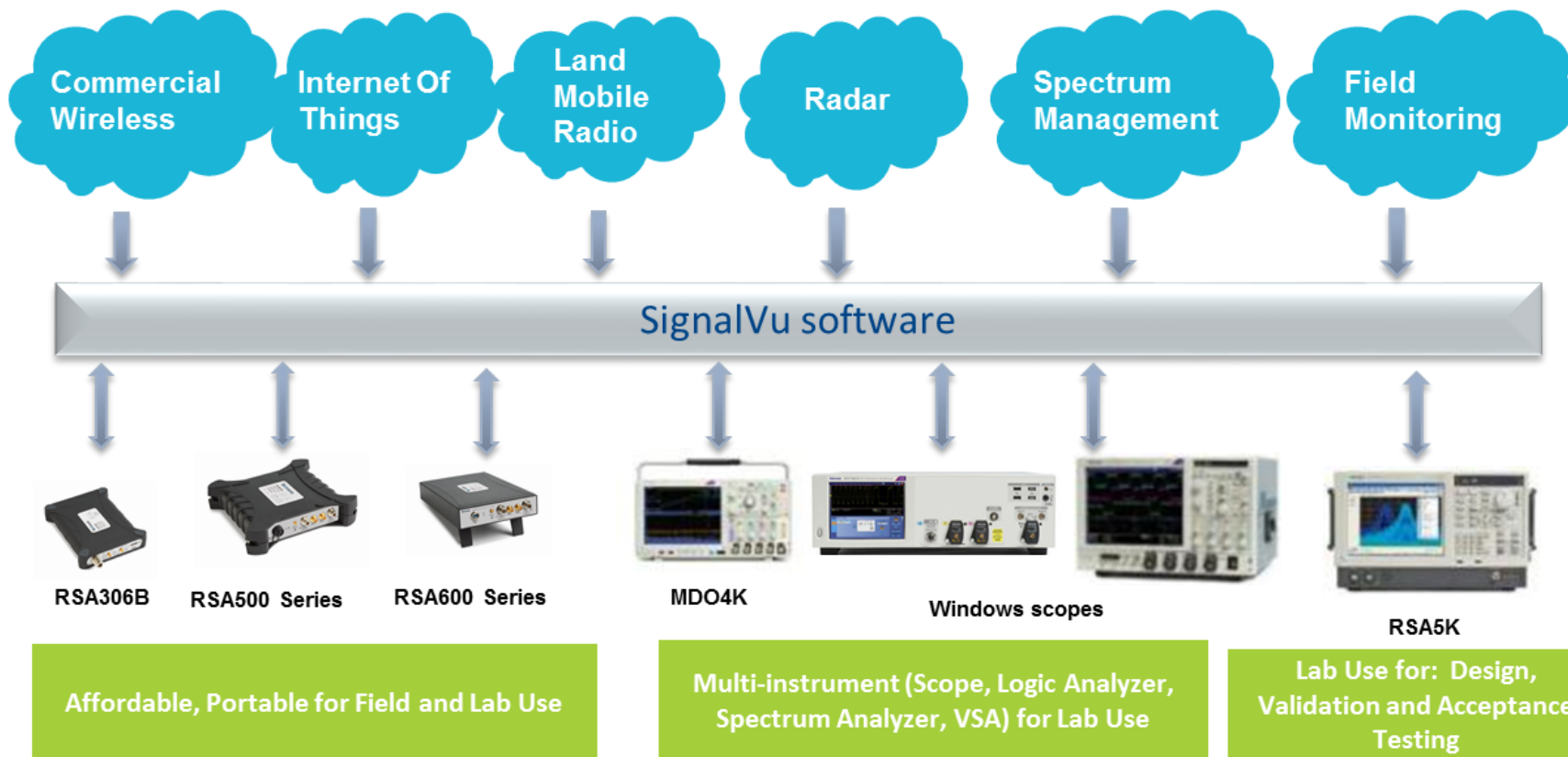
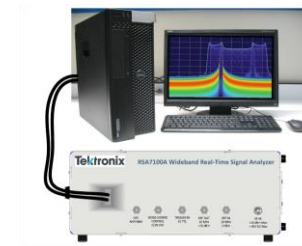
高性价比实时频谱分析仪

23 APRIL 2018

v 0.2

泰克实时频谱分析仪

一个界面多型号频谱仪



泰克便携式实时频谱分析仪

- PC要求

- USB 3.0
 - 必须
- Core i5 以上CPU
- 流盘时
 - SSD
 - 双核 i7 CPU
- 可以选配联想 Pad

- SignalVu – PC 软件要求

- Window 7 或 Windows 8 64位
- 必须有 16 GB 以上硬盘空间



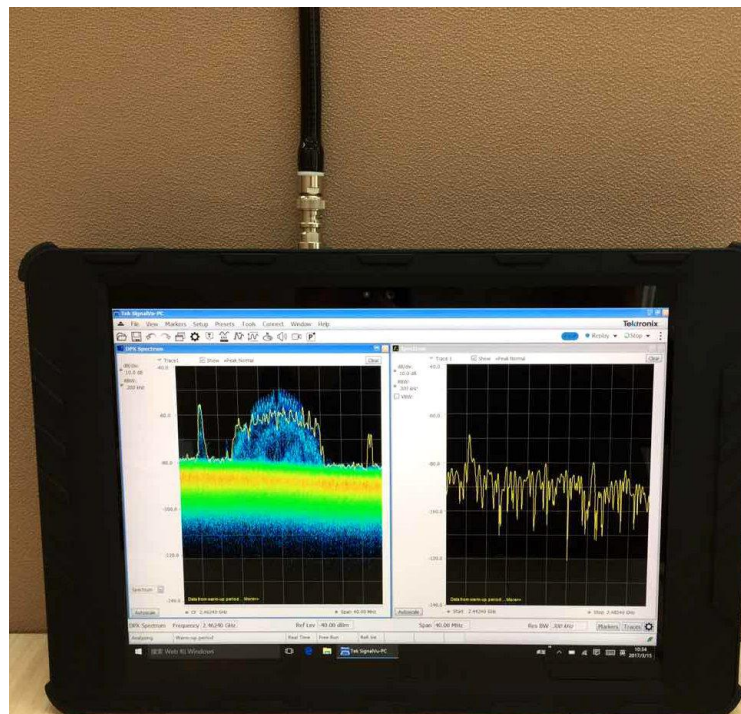
RSA500 A



RSA600A



RSA306B



RSA306B 高性价比频谱分析仪

人民币35000，6GHz频谱仪 – 泰克的！！

- 无需供电，随身携带，高速测试，功能强大
- DPX 实时频谱显示
- 多域同时刻矢量信号分析
- 40M 带宽 IQ Streaming

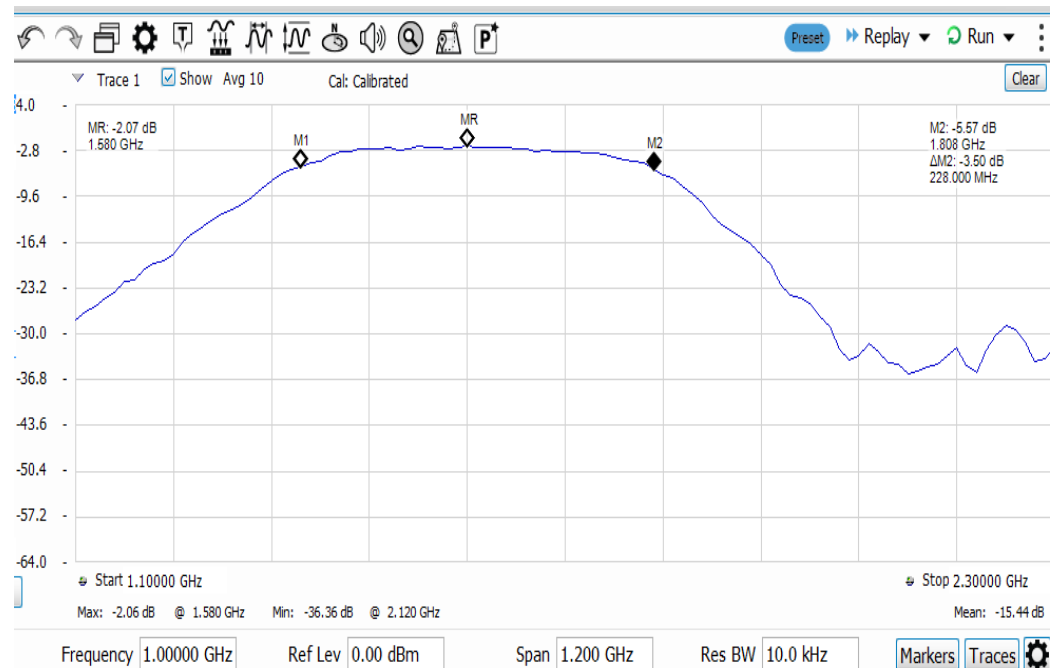


RSA500A/RSA600A 主要指标

- 频率范围 9 kHz-3.0/7.5 GHz
- 采集带宽: 40 MHz
- 100% POI: 100 us
- 频率精度
 - $\pm 1 \times 10^{-6}$ 1 年后
 - GPS 锁定: ± 0.025 ppm
 - GPS trained: ± 0.3 ppm + 温漂
- DANL, 预放开, 典型值
 - 1 GHz: < -165 dBm/Hz
 - 6 GHz: < -160 dBm/Hz
- 三阶互调:
 - +12 dBm at 2 GHz
 - +15 dBm 25MHz~4GHz
- 相位噪声 @ 1 GHz (dBc/Hz), 典型值
 - -97 dBc/Hz at 10 kHz offset
 - -98 dBc/Hz at 100 kHz offset
 - -121 dBc/Hz at 1 MHz offset
- 幅度精度, 95% 置信度
 - ± 0.2 dB (10 MHz to 3 GHz)
 - ± 0.6 dB (3 GHz to 7.5 GHz)
- SFDR: 72 dB
- GPS/GLONASS/北斗
 - 标配
- 跟踪源选件
 - gain/loss, cable loss, distance to fault, VSWR

RSA500A/600A 04 选件 – 跟踪源

- 简便、低成本标网测试
- 滤波器、放大器、天馈线频响测试
- 10 MHz ~ 3GHz/7.5GHz
- 输出功率 0 dBm ~ -40 dBm
- SignalVu-PC 一键校准

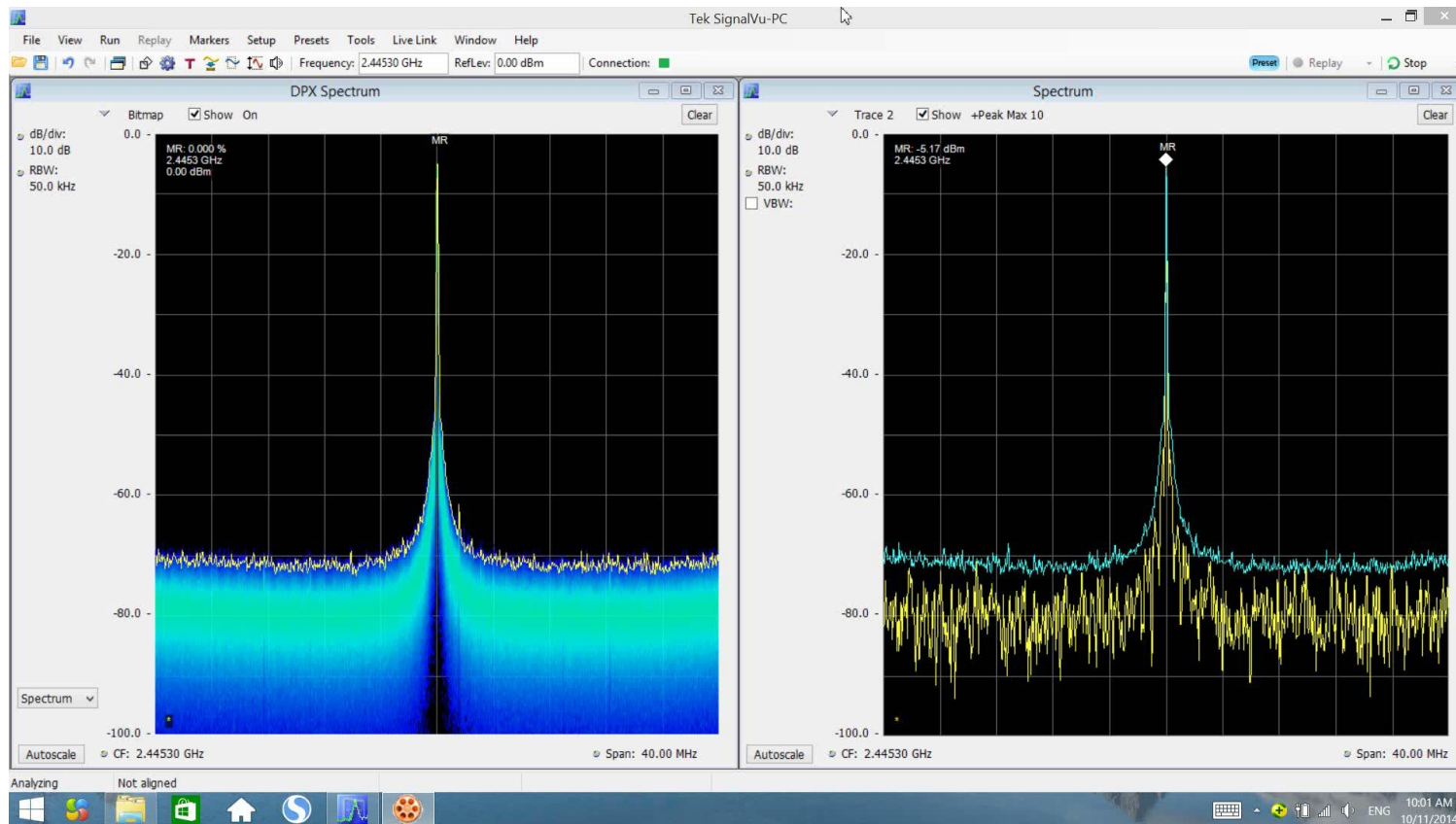


- 回损、驻波比测试将在下半年推出

泰克便携式实时频谱分析仪 – 不同点

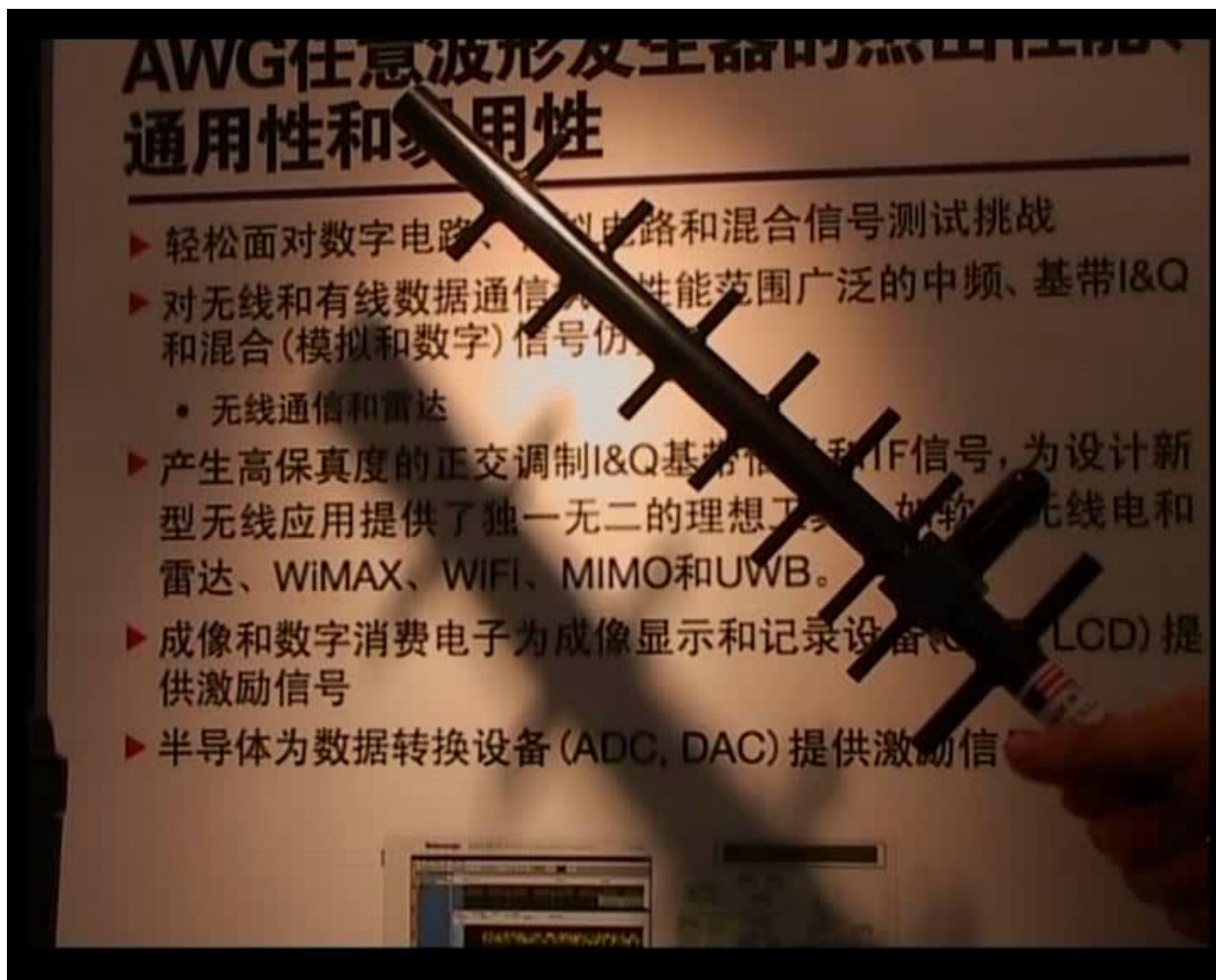
- 不同点 1：实时频谱显示

- 100% 发现驻留时间大于100us的信号、同频不同概率信号



实时频谱显示的应用2

区分同频不同概率的信号



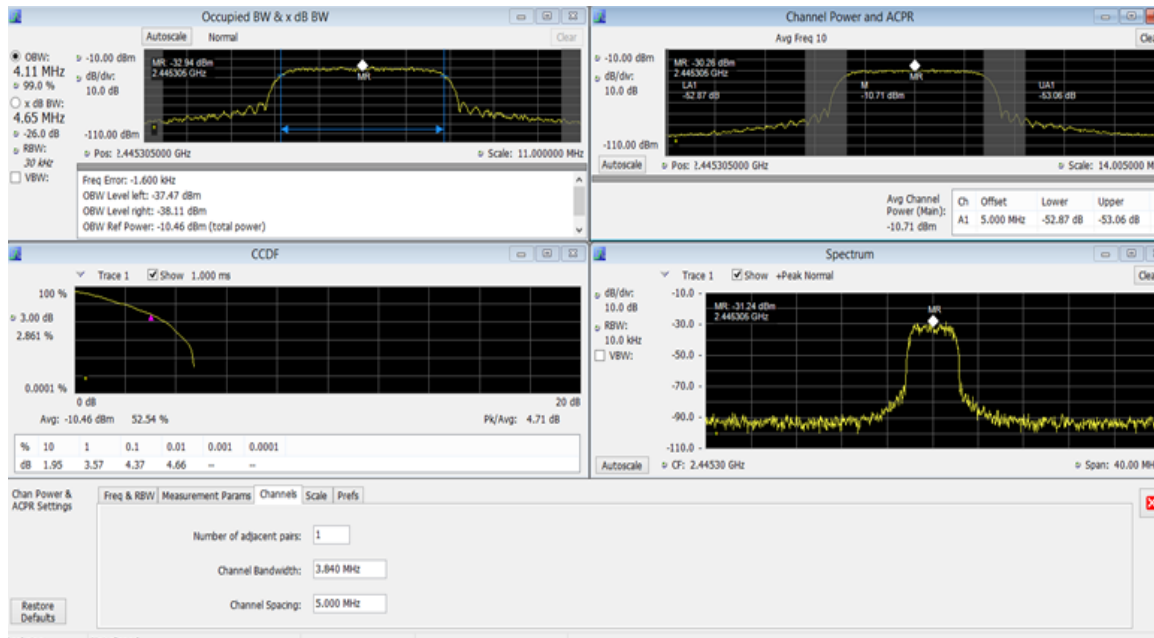
AWG任意波形发生器的杰出性能、通用性和易用性

- ▶ 轻松面对数字电路、模拟电路和混合信号测试挑战
- ▶ 对无线和有线数据通信系统性能范围广泛的中频、基带I&Q和混合(模拟和数字)信号仿真
 - 无线通信和雷达
- ▶ 产生高保真度的正交调制I&Q基带信号和IF信号, 为设计新型无线应用提供了独一无二的理想工具。如软件无线电和雷达、WiMAX、WIFI、MIMO和UWB。
- ▶ 成像和数字消费电子为成像显示和记录设备(LCD)提供激励信号
- ▶ 半导体为数据转换设备(ADC, DAC)提供激励信号

泰克便携式实时频谱分析仪 – 不同点

• 不同点 2

- 完备的RF测试功能，各种参数可同时进行



CCDF



Chan Pwr
and ACPR



MCPR



Occupied
Bandwidth



SEM



Spurious



Spectrogram

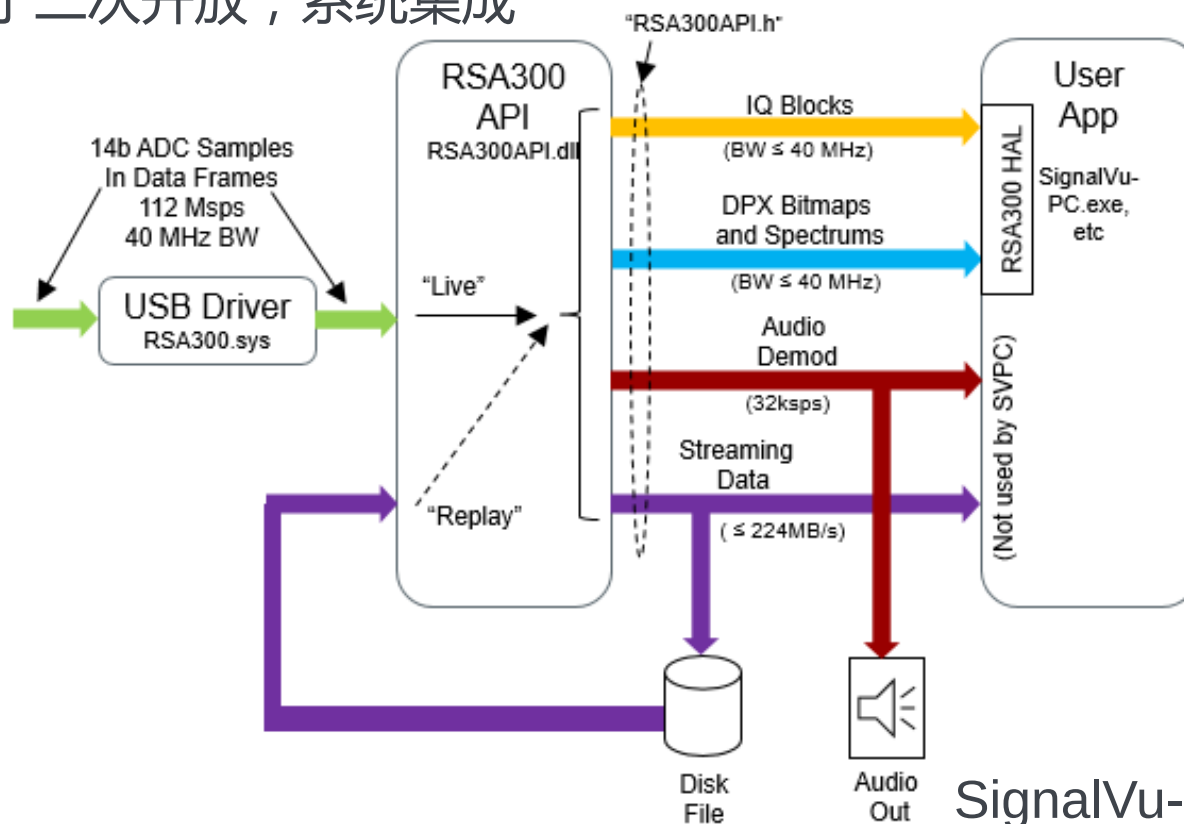


Spectrum

泰克便携式实时频谱分析仪 – 不同点

不同点 3：

- 开放的 API，具有原始ADC数据 Streaming 功能（56M 采样率，14位AD）
- 同类产品无此功能
- 便于二次开放，系统集成

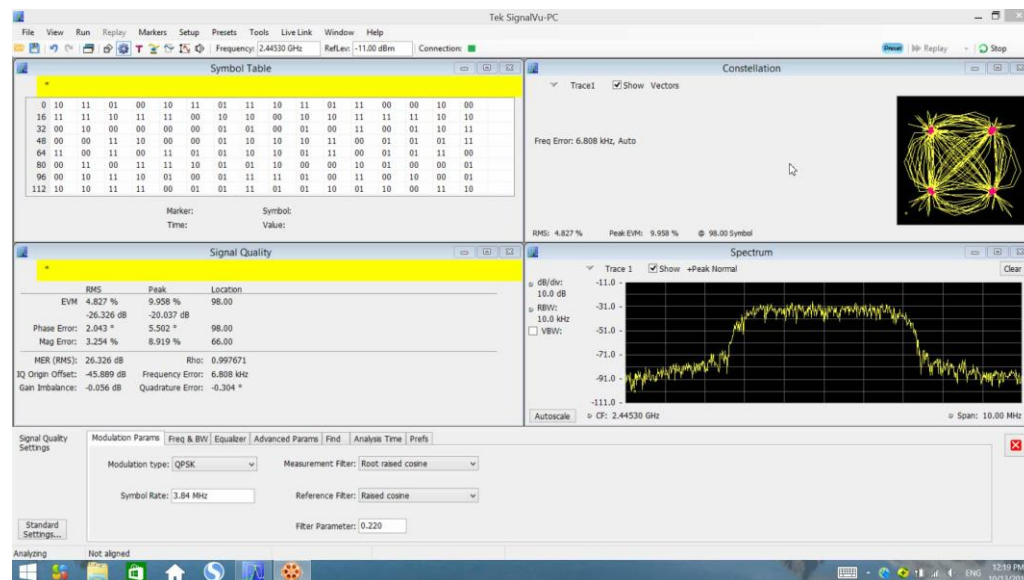


SignalVu-PC 也可以进行PI编程

泰克便携式实时频谱分析仪 – 不同点

• 不同点 4：同时是信号分析仪

- 模拟调制分析
- 瞬变分析
- 音频分析 (SVA)
- 脉冲分析 (SVP)
- 通用数字调制分析 (SVM)
- WLAN 分析 (SV23/24/25)
- 蓝牙分析 (SV27)
 - 支持到 4.2
- LTE 分析 (SV28)
 - TDD
 - FDD
- P25测试 (SV26)





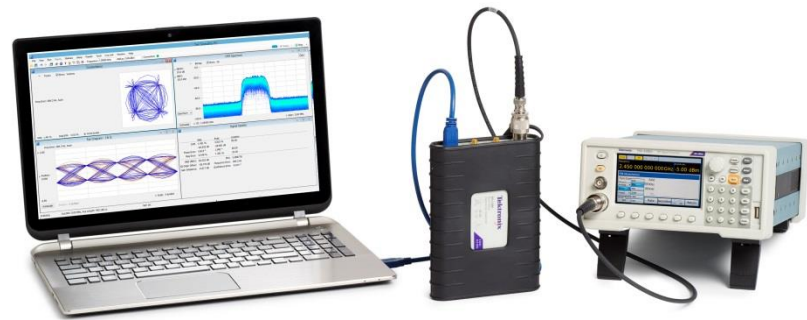
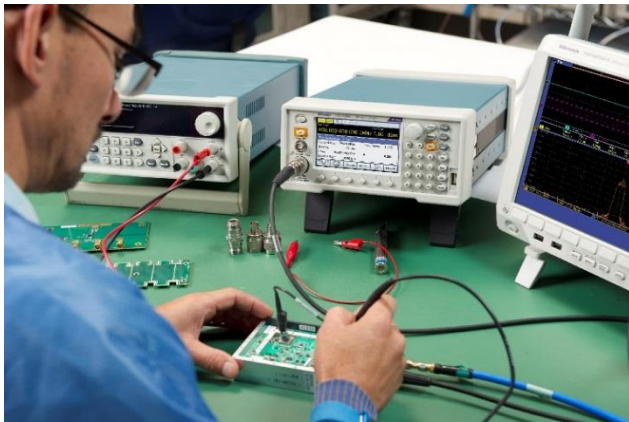
高性价比CW/矢量信号源

23 APRIL 2018

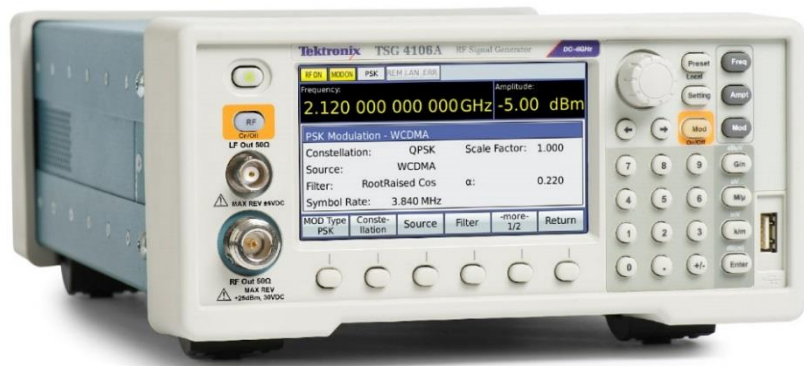
v 0.2

泰克公司射频信号源产品 - TSG4100A

- 中档信号源的性能指标和功能，入门级信号源的价格定位
 - 比市面上现有一线品牌的矢量信号源节省30%~50%
- 从 DC 开始的信号源
- 软件升级到矢量调制功能的射频信号源
 - 内置已校准的IQ基带发生器，仅需输入PIN即可从模拟信号源升级为矢量信号源，无需增加任何的硬件与重新校准
 - 内部调制带宽最大为6 MHz，外部调制带宽最大支持到400 MHz



TSG4100A 关键指标与功能



- 频率覆盖范围从DC（0 Hz）到6 GHz
- 出色的幅度精度: $< \pm 0.4\text{dB}$ (TYP), 1GHz CW from +16 to -100dBm
- I和Q每路调制带宽高达200 MHz (即RF调制带宽高达400 MHz, $F_c < 2.5\text{ GHz}$)
- 支持产生10类广泛应用的调制信号
- 高精度、极其稳定的OCXO时基(年老化率 $< \pm 0.05\text{ppm/year}$)
- 2U高、半个标准机架宽，仅重5.4公斤。全球最轻便的中档矢量信号源

型号	频率范围 (GHz)	频率精确度 ($F_c=1\text{GHz}$)	相位噪声性能 (0dBm, 1GHz @ 20KHz offset)	输出幅度范围 (dBm)		矢量调制带宽 (内部/外部)	调制
				最小	最大		
TSG4102A	0 to 2	$\pm 52\text{Hz}$	-113dBc/Hz	-110	+16	6/200MHz	AM/FM/PM/Pulse (标配)
TSG4104A	0 to 4			-110	+16	6/200MHz	ASK/FSK/PSK/QAM /CPM/MSK/VSB (VM00)
TSG4106A	0 to 6			-110	+16*	6/200MHz	GSM/EDGE/TETRA/ NADC/W-CDMA/ P-25/DECT (需先选VM00)



高性价比矢量网络分析仪

23 APRIL 2018

v 0.2

TTR500 系列VNA

矢量网络分析仪

- 双端口全功能矢量网络分析仪

- **卓绝的** 性价比

- \$13,500 - 100 kHz ~ 6 GHz
- \$9,900 - 100 kHz ~ 3 GHz
 - 低成本 122 dB, 3/6 GHz VNA
 - 比同类 VNA 低 40%

- **创新的** VNA 架构

- USB 架构
- 易集成
- 充分利用电脑的优势

- **全新的** VectorVu-PC 软件

- 轻松输入/输出 S 参数文件
- 通过自动/手动操作

- **独到的** 功能

- 标配内置直流偏置
- 完备的校准件及测试附件
- 泰克品牌，优质服务

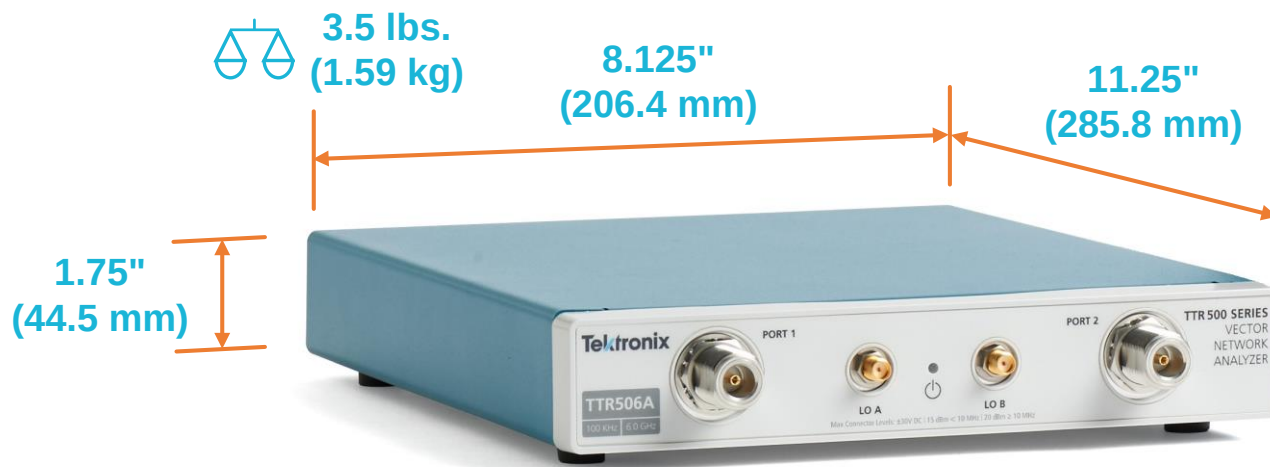


关键指标

- 100 kHz ~ 3/6 GHz
- 122 dB 动态范围
- -50dBm ~ +7 dBm 输出功率
- 0.008 dB 曲线噪声
- 偏置桥: 0 ~ ± 24 V, 0 ~ 200 mA
- 尺寸: 44.5 H x 206.4 W x 285.8 D (mm)
- 重量: 1.59 kg (3.5 lbs.)

TTR500A 系列VNA

轻便的架构



轻松打包、转运、存放

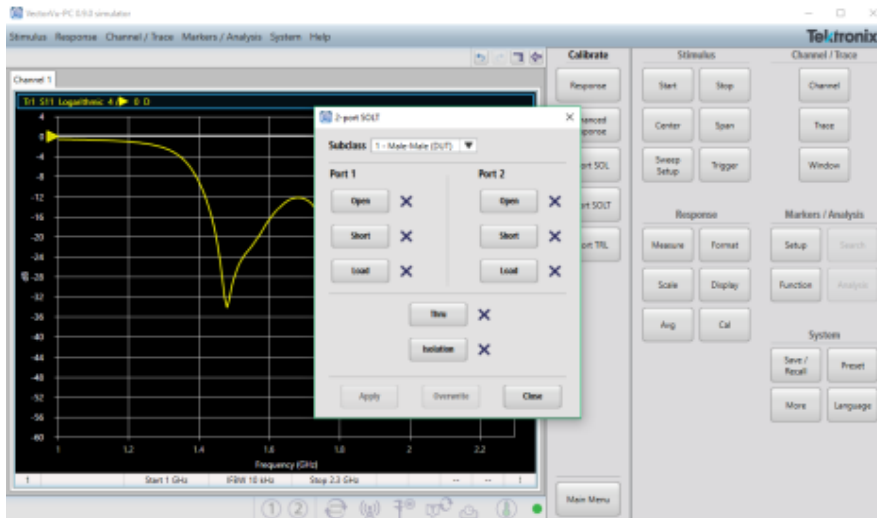
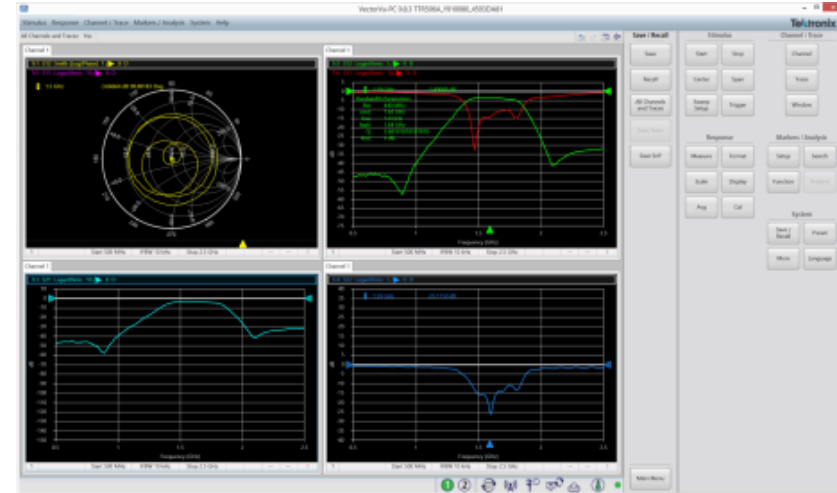
- 可放置于抽屉或行李箱中



TTR500A 系列VNA

新！ VECTORVU-PC 软件

- 为触摸屏及鼠标操作优化
- 界面与传统 VNA 相近，易于操作
- 可存储/调用Touchstone (.SnP) 文件进行模拟仿真



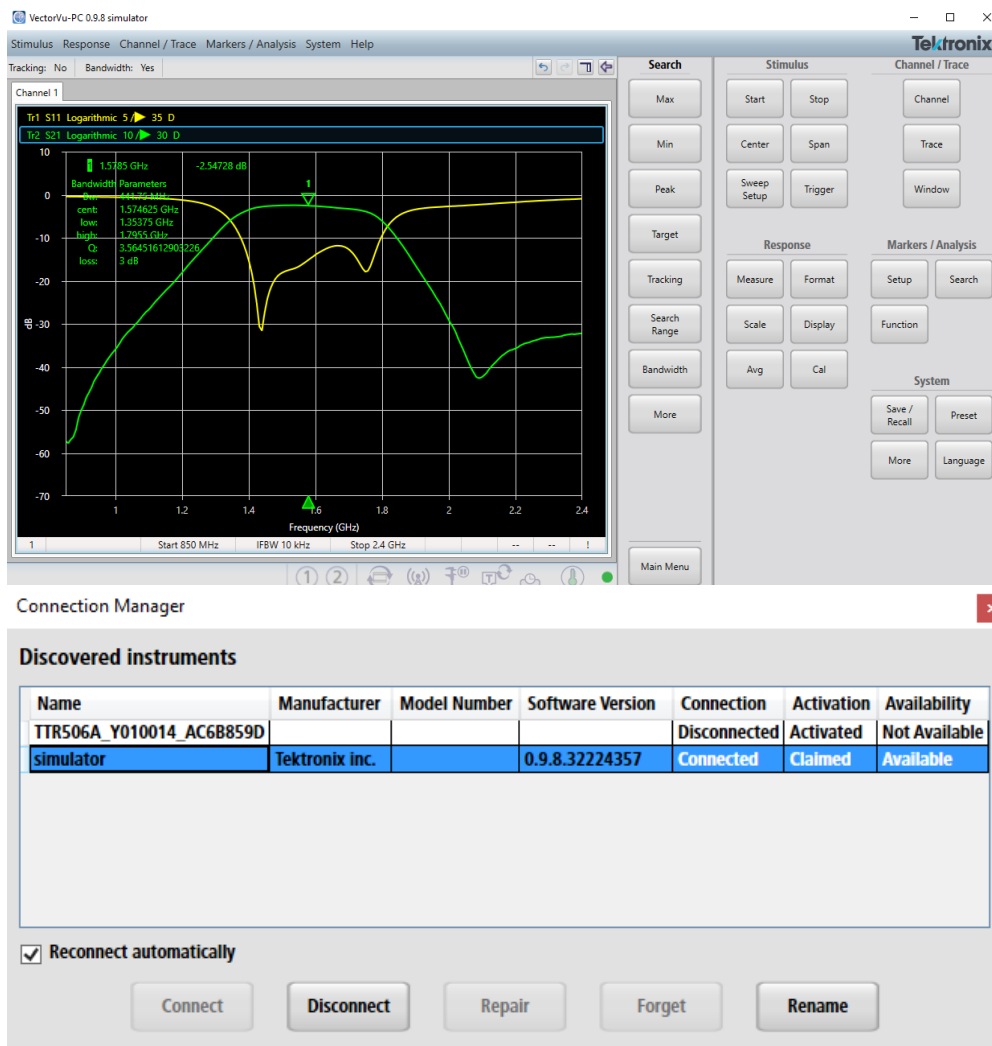
- SCPI 命令兼容传统 VNA
- Windows 7 以上操作系统
- 有脱机模式进行数据分析

快速入手!!!

TTR500A 系列VNA

脱机模式

- 调入Touchstone (sNp.) 文件进行后分
 - dB, 实部, 虚部
- 关注感兴趣的测试
 - 添加, 更改显示及设置
- 方便共享数据
- 深度分析
- 提高效率



VectorVu-PC 可以从 Tek.com 免费下载

TTR500A 系列VNA

控制命令兼容传统 VNA

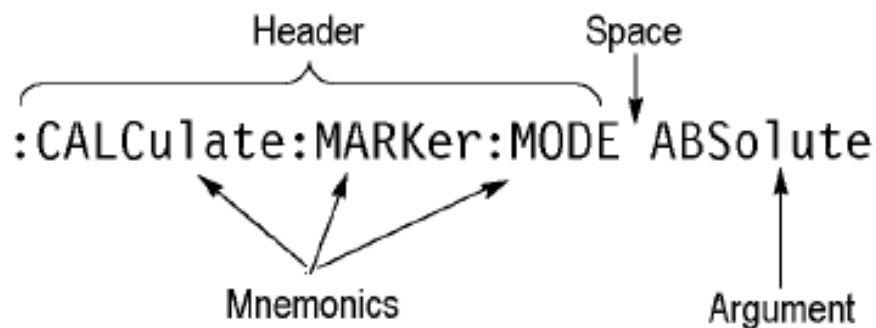
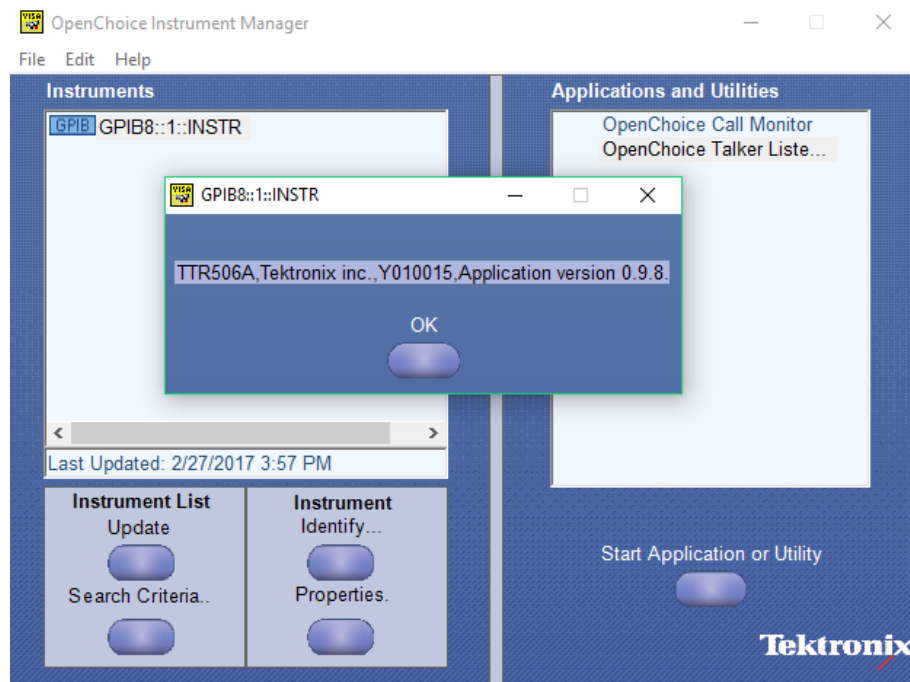
VectorVu-PC 编程接口对外开放

- 通过 TekVISA 或 NI VISA
 - 支持 VXI-11 LAN 协议

SCPI 命令编程语法

与传统 VNA 兼容

- Keysight
- Rohde & Schwarz
- Anritsu
-



TTR500A 系列VNA

内置 T 型偏置桥

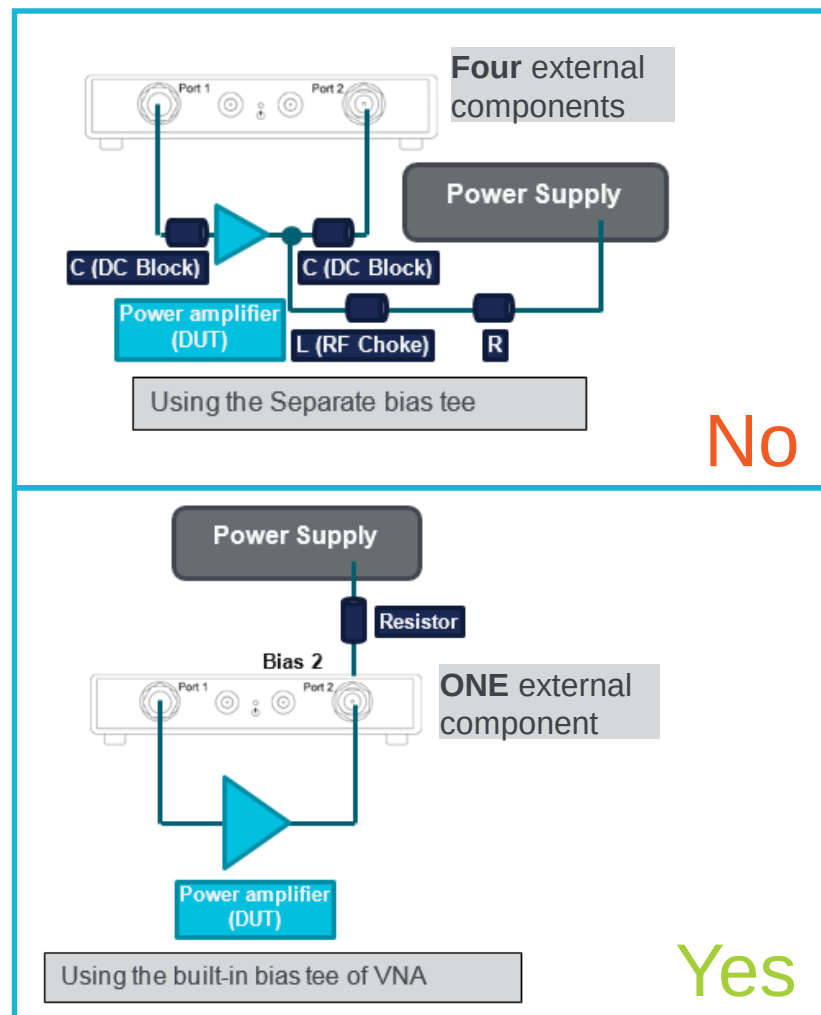
双端口都内置

无需为有源器件供电烦恼

- 放大器
- 激光二极管
- 有源天线
-

指标:

- 0 to ~ 24 V, 0 ~ 200 mA



无需外接电源与偏置桥，无需购买选件！

TTR500A 系列VNA

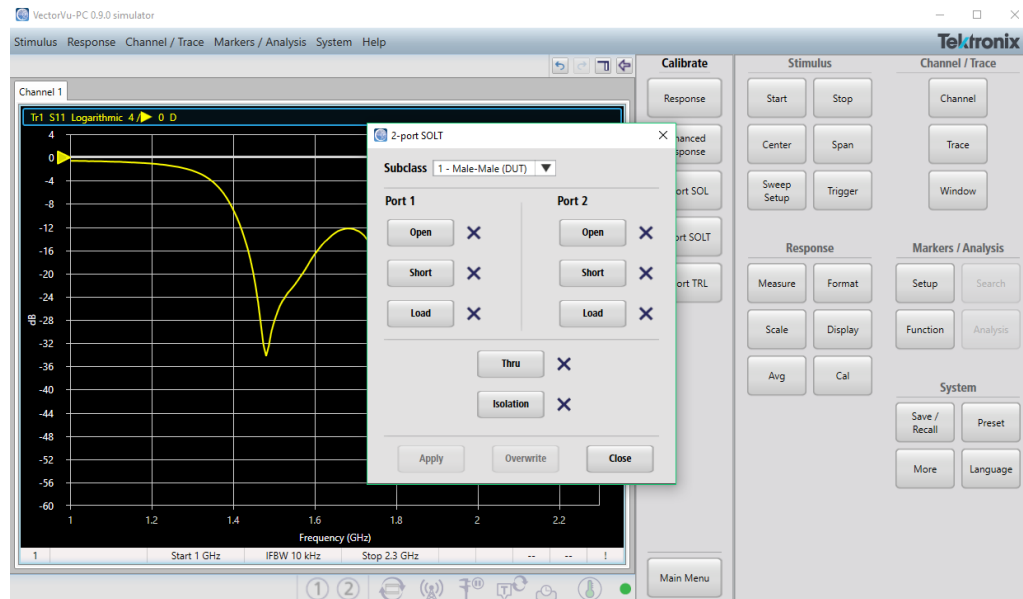
丰富的校准件及校准方法

校准件:

- 3 合一 OSL
- 4 合一 OSLT
- 分立 OSLT 校准件
- 多种接头形式

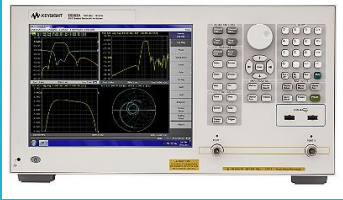
校准方法:

- 响应 (反射与传输)
- 1 端口 SOL
- 2 端口 1 通路 SOLT (增强响应)
- 2 端口 2 通路 SOLT
- 端口延伸

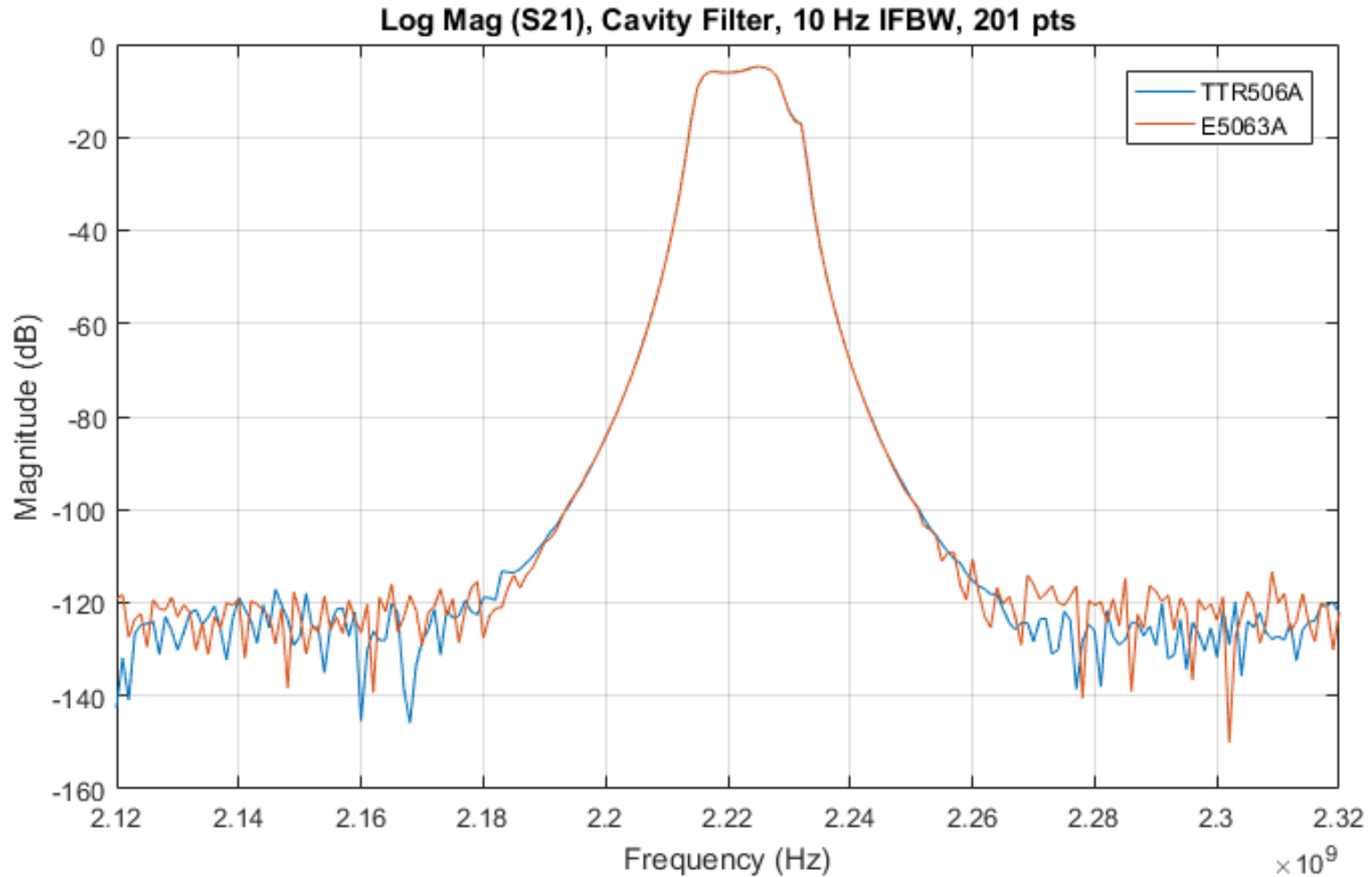


台式VNA对比

TTR500 VS. E5063A

Performance Test	Tektronix TTR506A-LE ("Lite Edition") 	Tektronix TTR500 	Keysight E5063A 
2-port S-parameters			
Sweep speed (51 pts, 1-1.2 GHz, 100 kHz IFBW, display off, Automated Control)	38.7 ms / sweep	38.7 ms / sweep	42.7 ms / sweep
Dynamic Range	> 110 dB	> 122 dB	88 - 117 dB (depending on freq.)
Calibration Stability (drift)	< 0.1 dB (after 90 hours)	< 0.1 dB (after 90 hours)	
Form Factor			
Cost	\$5,950 (6 GHz)	\$12,000 (6 GHz) \$9,000 (3 GHz)	\$18,424 (6.5 GHz)

动态范围比较: Keysight E5063A



内容

- 当今的世界 – 射频的世界
- 泰克在RF测试领域发展的创新历程及实时频谱分析技术
- 泰克高性价比射频仪器
- 泰克高性价比射频测试方案



客户自行开发的射频测试方案

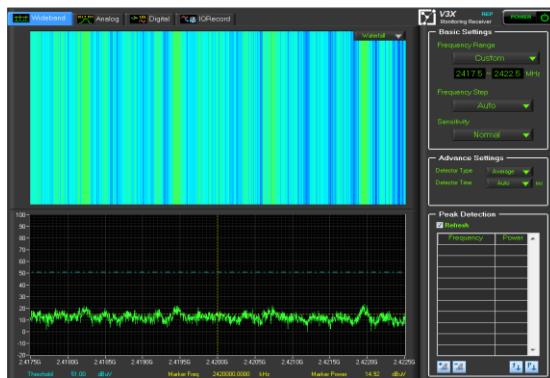
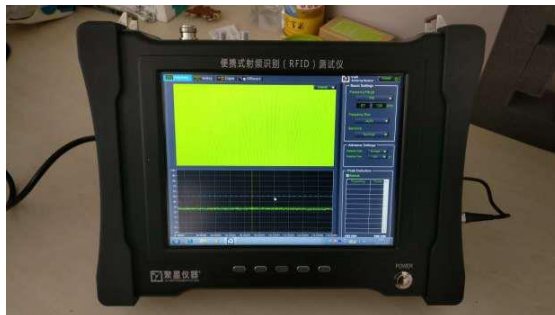
23 APRIL 2018

v 0.2

客户自行开发的射频测试方案

RFID 测试仪

- RSA306B 内置于模具
- RFID 信号分析
 - 多种标准
 - 信号分析
 - 频谱分析
 - 信令分析
 - 标签性能测试
- RFID 环境干扰测试
- RFID 教学



客户自行开发的射频测试方案

外部干扰测试方案



- ★ DPX 实时频谱
- ★ POI 100 μ s
- ★ 28 项脉冲分析
- ★ 40MHz 实时带宽
- ★ IP67 防护, 超轻便
- ★ 高亮背灯, 阳光可读

DG-800 便携式脉冲分析仪

精益求精 为您而造

- 雷达脉冲分析
- 伪基站查找
- 各类电磁环境
- 信号搜索捕获
- GSM-2 测试
- 基站测试
- 频谱资源评估
- 实时打点路测等

北京中通华盛科技有限公司

地址 (北京): 朝阳区西大望路 15 号 3 号楼外企大厦 8 座 1503 室
电话 (北京): 010-8588 5220/8998
公司网址: www.bjzthy.net 电子邮箱: zhengning@bjzthy.net

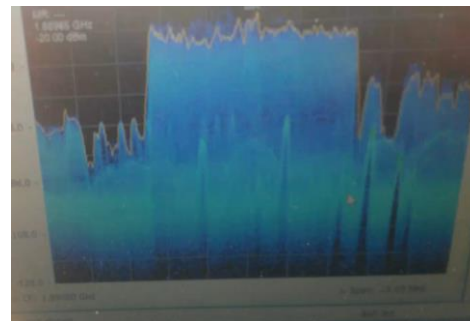
成都中通华盛科技有限公司

地址 (成都): 高新区天府大道中段 588 号通威国际中心 1102 号
电话 (成都): 028-8598 0616/0617/0619
公司网址: www.bjzthy.net 电子邮箱: zhengning@bjzthy.net

客户自行开发的射频测试方案

外部干扰查找是射频测试重要应用

- 移动通信
 - 运营商、无委会
 - 无人机
 - IOT
 -



客户自行开发的射频测试方案

泰克 – 曾经的移动通信干扰测试领域的领先者

• YBT250 开创了干扰分析仪之先河

- 从2002年12月至2008年12月国内YBT250销售超过1500台
 - 移动, 联通, 无委, 电信, 厂家
 - 中国移动约350台
 - 中国电信约150台左右
 - 中国联通250台左右
 - 无委约300台
 - 华为, 中兴优选供应商



• 干扰测试技术领先

- 第一个支持三维频谱
- 第一个具有音频定位功能
- 第一个推出地图功能
- 首先将 DPX 移植到便携式频谱仪

• 干扰测试领域经验丰富

- 资料
- 现场测试工程师

• RSA306B/RSA500A系列 新一代实时频谱仪再次打开泰克外场干扰测试的大门

- 无人机、IOT 等领域广泛采用
- 广东移动试用得到好评
- 通过了中国电信干扰测试仪初评

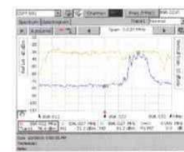


利用泰克公司 NetTek分析仪 解决移动网络干扰问题 (VI)

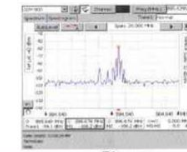
泰克公司通信事业部 孙勇

四、常见干扰测试实例分析

- 5. 其它固定频率干扰
- 3. 4介绍的干扰都可归结为固定频率的



干扰,这类干扰发现及定位都相对简单直接站要容易,这里再介绍几个这类干扰的测试实例。图1是在南方某移动测到的30Hz频点一窄带移动干扰信号,蓝色为当前频谱,黄色为最大保持。该窄带信号在20Hz处来回抖动,幅度达-30dBm。图2为南方某市的市话通



对联通 GSM 上行的干扰,该市话通为 8.0 MHz D-AMPS 模拟制式下行信号,由于占频信道至 GSM 下行,形成干扰。图3为在东北某城市测到的对 GSM 上行 24号频点的干扰信号,为梳状频谱。将 SF24Hz 20dB 小到 IN (图4),发现其梳状峰 400K 降低 10dB 最后定位到有线电视发射站,分析此信号为有线电视传输造成的干扰信号。

6. 微波通信对 GSM 800MHz 干扰
案例 西南某市电力微波对 GSM 800MHz 西南某市移动 GSM 8.0 05MHz 受严重干扰,长期无法开通。利用频谱仪已经发现干扰,但一直未定位。利用 NetTek 分析仪进行测试,首先在移动公司模拟测试,得到图

客户自行开发的射频测试方案

外场干扰测试 DIY

- RSA306B 或 RSA500A
 - 可选 MAP
- 笔记本
 - 联想
- 天线
- GPS (可选)
 - RSA500A 已内置
- 充电宝
 - 型号
 - 不同电脑的接头转换 (淘宝)
- 背包
 - 可订做，也可以淘宝



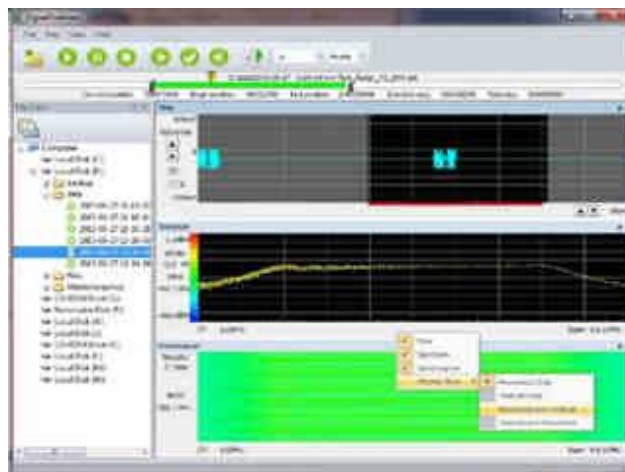
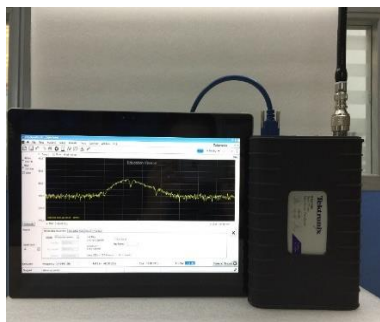
12.5英寸翻转触控本 灵活多变



客户自行开发的射频测试方案

射频信号采集及回放系统

型号	射频前端	采集设备	前端带宽	回放基带源	回放前端	回放带宽
TA3P4-xx	RSA306B	NA	40MHz	KP6G	TSG4000	40MHz
TA5P4-xx	RSA507	NA	40MHz	KP6G	TSG4000	40MHz
TA6P4-xx	RSA607	NA	40MHz	KP6G	TSG4000	40MHz
TA50P4-xx	RSA510xB	KA800	160MHz	KP6G	TSG4000	160MHz
STAxP4-xx	KA6G	KA6G	200MHz	KP6G	TSG4000	200MHz
SAxxPxx-xx	SDCxxxx	DPO70KC	可达8GHz	AWG5200 或 AWG70KC	SUCxxxx	可达8GHz





Solution+ -- 泰克与合作伙伴

共同开发的射频测试系统

23 APRIL 2018

v 0.2

蓝牙器件产测系统

泰克与合作伙伴共同开发的射频测试系统

蓝牙产测系统



- RSA306B 或 RSA600A
- SVPC
 - 可选配蓝牙及蓝牙V5选项
- 笔记本
- 产测软件
 - 仅需输入频点
 - 自动给出通过与不通过
- 定制测试夹具

挑战

- 低成本
- 快速测试

我们能解决的

- 发射功率测试
- 调制频率测试
- 低成本快速测试

序号	测试日期	测试时间	产品编号	测试频率	功率	判别结果
1	2017年07月05日	13:39:27	手动测试	2.4020165GHz	-24.085dBm	OK
2	2017年07月05日	13:39:29	手动测试	2.4020165GHz	-24.02dBm	OK
3	2017年07月05日	13:39:30	手动测试	2.4020165GHz	-24.199dBm	OK
4	2017年07月05日	13:39:32	手动测试	2.4020165GHz	-23.957dBm	OK
5	2017年07月05日	13:39:33	手动测试	2.4020165GHz	-24.028dBm	OK
6	2017年07月05日	13:39:35	手动测试	2.4020165GHz	-23.934dBm	OK
7	2017年07月05日	13:39:37	手动测试	2.4020165GHz	-24.043dBm	OK
8	2017年07月05日	13:39:39	手动测试	2.4020165GHz	-24.068dBm	OK
9	2017年07月05日	13:39:42	手动测试	2.4020165GHz	-23.908dBm	OK
10	2017年07月05日	13:39:44	手动测试	2.4020165GHz	-23.919dBm	OK
11	2017年07月05日	13:39:46	手动测试	2.4020165GHz	-23.961dBm	OK
12	2017年07月05日	13:39:47	手动测试	2.4020165GHz	-24.077dBm	OK



汽车胎压监测分析系统 – TAS6100A系列

汽车智能钥匙分析系统 – TAS6200A系列

汽车电子PKE/RKE/PEPS及TPMS的测量要求

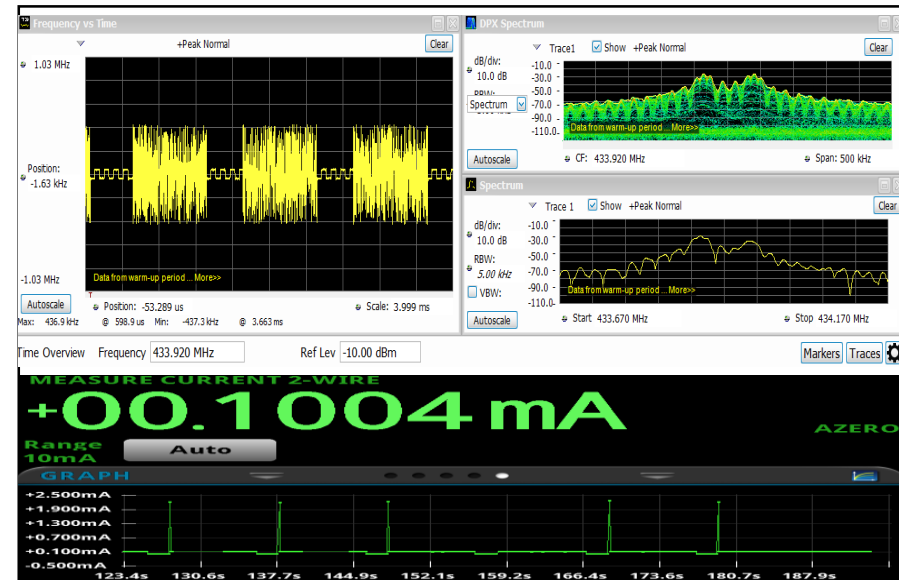
射频信号测量及分析	射频信号参数测量	TPMS、钥匙（应答器）测试主要包括功率和频谱测试，调制质量测试，杂散辐射等。功率和频谱测试: 主要验证设备发射足够的功率电平，保证传输距离，同时有正确的调制波形，频谱干扰成分较少
	射频信号的调制特性分析及射频编码解调	调制质量分析: 主要针对 ASK 和FSK数字调制测试调制精度，调制指数等，确保设备有正确的调制方式，调制指数和精度符合要求，不影响通信质量。
供电特性测量及分析	供电特性	TPMS或PKE要求功耗极低，才能保证长期使用，因为 99% 时间并不工作，所以低功耗设计很重要，一般，非工作时段工作电流通常低到 100 nA，而正常发射时段工作电流可达到 10-12 mA。
	电池测试	TPMS和PKE都是采用电池供电的，而且大多采用CR系列纽扣电池，对于电池的特性及参数也需要进行验收，来评判批量的电池是否符合要求

汽车胎压监测分析系统 — TAS6100A系列

汽车智能钥匙分析系统 — TAS6200A系列

• 仪器配置

- TAS6103A/TAS6203A : RSA603A+2450SMU+软件
- TAS6106A/TAS6206A : RSA306B+2450SMU+软件



汽车胎压监测分析仪TAS6100A

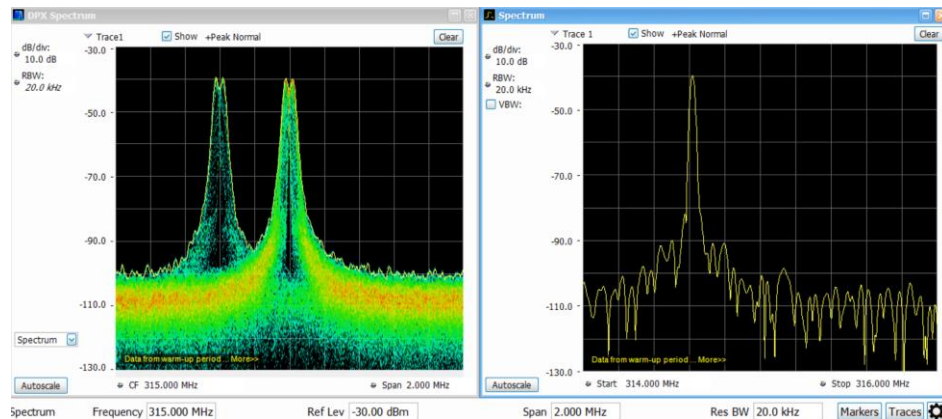
汽车智能钥匙分析仪TAS6200A

特点、优势

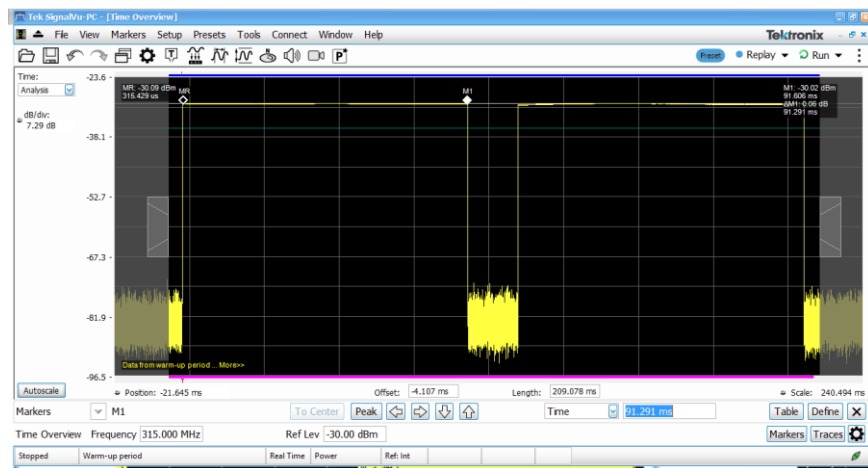
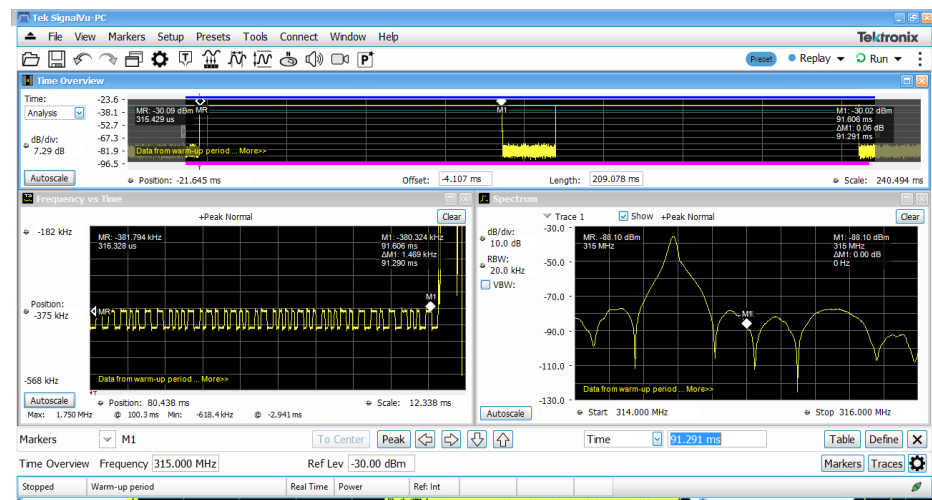
- 具备射频信号分析仪及SMU供电特性分析能力
- 分析TPMS的供电特性，评估系统供电特性：精确测量小于10nA的休眠电流，最小电流量程10nA@10fA
- 供电基本测量准确度0.012%，分辨率6½位
- 供电工作状态的电流波形显示及数据记录、测量（**电池测试可选**）
- 9kHz~3.0/6.2GHz 频率范围，
- 0.2dB 幅度精度，直到 3GHz(95% 置信度)
- 以 100% POI捕获持续时间最短100us 的射频信号，确保每次都看到问题
- 2秒的射频信号采集时间，及幅度对时间或频率对时间变化完成完整的帧波形分析（调制数据），及解码射频的传输数据
- 方便的帧数据持续时间测量
- 实时的DPX频谱动态观察
- 功率电平触发适合TPMS（脉冲）射频信号捕捉
- **生产测试仅需外部治具即可方便组成测试系统**

PKE/TPMS射频调制分析

1、DPX功能观察跳频的PKE信号频谱



2、功率电平触发最适合脉冲射频信号采集



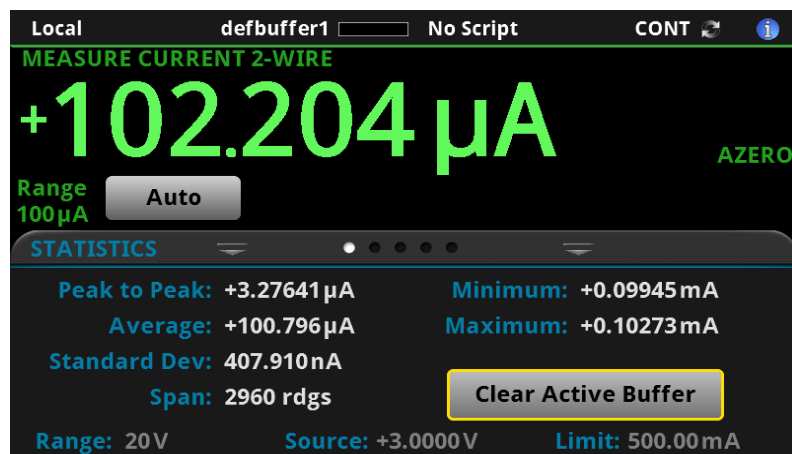
3、ASK/FSK的解调波形分析及解码

4、RSA可以采集最长2S的射频信号，可以完整分析钥匙的帧数据即帧时间

汽车TPMS/PKE的供电特性

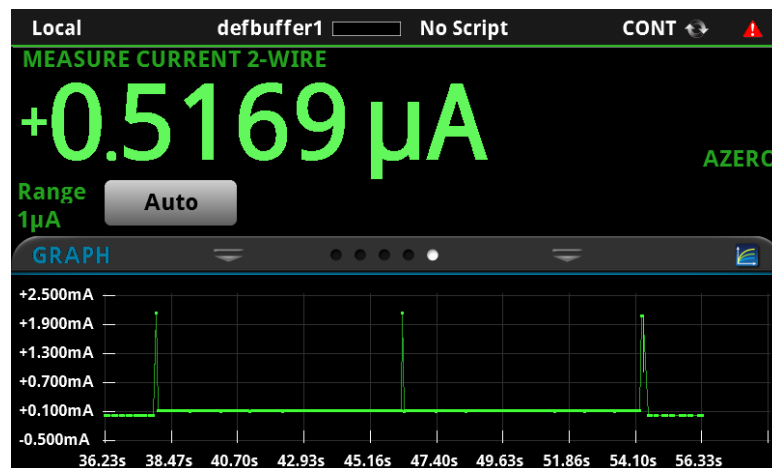
5、TPMS/PKE的供电特性测量

SMU测量结果



SMU测量多次平均的结果

SMU记录的电流波形



READING TABLE

Buffer Active (defbuffer1)

Buffer Index	Time	Reading	Source
1	07/08 15:02:20.296362	+04.1820 mA	+2.998214 V
2	07/08 15:02:20.378927	+04.2176 mA	+2.997816 V
3	07/08 15:02:20.461498	+04.1967 mA	+3.000368 V
4	07/08 15:02:20.544062	+04.2580 mA	+3.000477 V
5	07/08 15:02:20.626626	+04.2799 mA	+3.000684 V
6	07/08 15:02:20.709179	+04.2804 mA	+3.000425 V
7	07/08 15:02:20.791716	+04.2475 mA	+3.000617 V
8	07/08 15:02:20.874299	+04.1995 mA	+2.998085 V
9	07/08 15:02:20.956852	+04.1807 mA	+2.998106 V
10	07/08 15:02:21.039419	+04.2022 mA	+2.998659 V

SMU记录的测量数据

汽车TPMS/PKE的供电特性及电池测试

6、电池的测试—选件，根据需要来增加这个功能

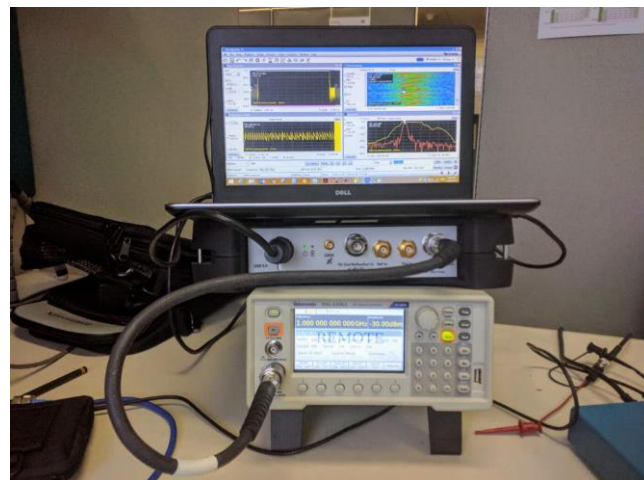
- 纽扣电池 按化学组成有这样几种：碳性，碱性，锌-氧化银，锌-空气，锂-二氧化锰，镍镉充电纽扣电池
- TPMS/PKE一般使用CR系列锂电纽扣电池，集成的SMU可以对电池的放电特性，及其它性能的测试

电池型号	标称电压	标称容量	工作电流	连续电流	脉冲电流	最大尺寸	重量	序号	测试项目	测试方法	标准
CR3 032	3V	550 mAh	0.2 mA	3.0 mA	20m A	30.0 mm *3.2 mm	6.8g	2	开路电压	万用表的精确度不低于0.25%，内阻大于1M Ω	≥ 3.2 V
CR2 477	3v	950 mAh	0.2 mA	3.0 mA	20m A	24.5 mm *7.7 mm	9.9g	3	瞬时短路电流	用万用表测试时，每次时间不超过0.5秒，避免重复测试，若需再次测试时，时间间隔应在半小时以上	≥ 120 mA
CR2 450	3v	550 mAh	0.2 mA	3.0 mA	20m A	24.5 mm *5.0 mm	5.8g				
CR2 430	3v	270 mAh	0.2 mA	3.0 mA	20m A	24.5 mm *3.0 mm	4.3g	5	放电容量	在20~25°C的温度和65 $\pm$ 20%的湿度的条件下放置8小时以上，在负载15K Ω ，终止电压为2.0V的情况下持续放电时间时所测容量(新电：生产后三个月内)	≥ 1180 h

Lora 测试系统

Lora 测试方案

- 用TSG4100A 射频信号源发射Lora 信号
 - Lora 接收灵敏度测试
 - 调用 SemTech 标准文件
 - 配合 SemTech 工装及软件
 - TSG4106A+M00/M01+VM00
- 用 TTR506A 进行射频器件及天馈线测试
 - TTR506A + 校准件 + 稳相电缆 + 转接头
- 用RSA607A+SignalVu-PC进行分析
 - SVPC + SVM
- 用吉时利电源+万用表或源表测试功耗
 - 配合相应软件



Lora RF 测试基本要求

SEMTECH 作为 LORA 标准开发者建议

- **Recommended LORA test items for mass production**
 - Output Power
 - Lora 模式
 - FSK 模式
 - Frequency Tolerance
 - 仅 FSK 模式
 - 传统频谱仪难以精确测试 Lora 模式下的频率容限
 - Sensitivity
 - Current Consumption under TX/RX mode
- 并未对天线性能做规范
 - 有相应的天线标准



利用 TSG4100A 产生 Lora 信号

SEMTECH 标准方法

- SemTech 提供标准 Matlab 文件及测试方法
 - 低速 frameSF7PL10CR1
 - 中速 frameSF10PL10CR1
 - 高速 frameSF12PL10CR1
- TSG4100 调用文件并产生信号
 - 电脑网线连接控制TSG

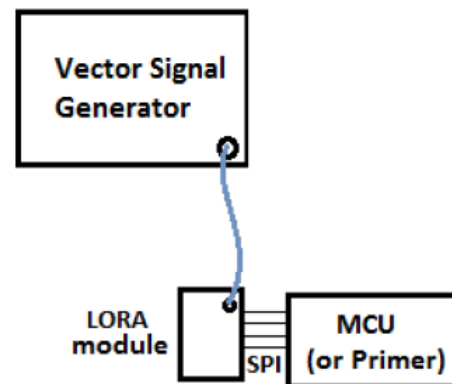
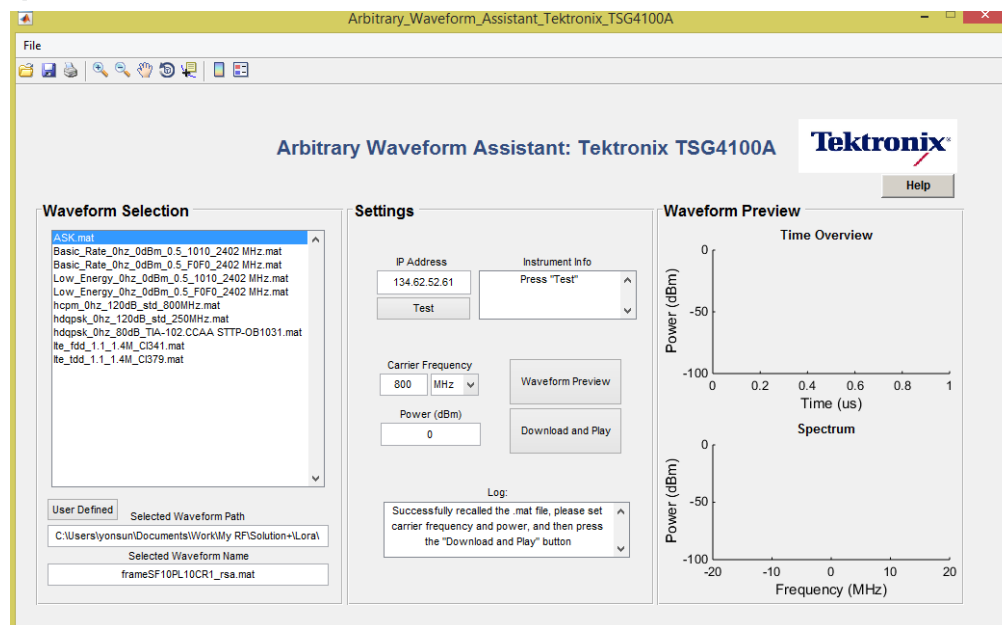
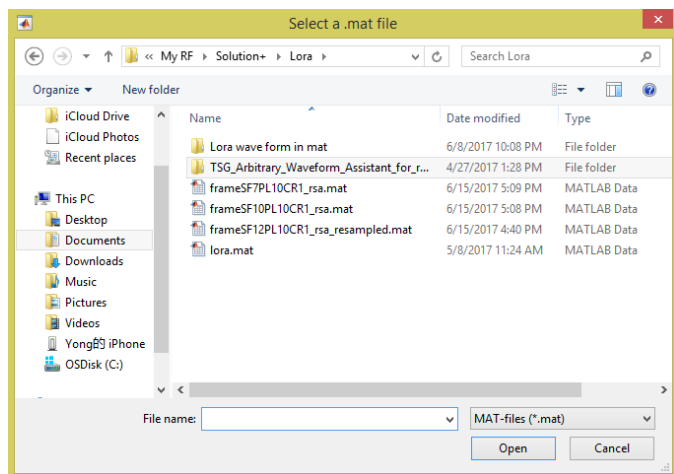
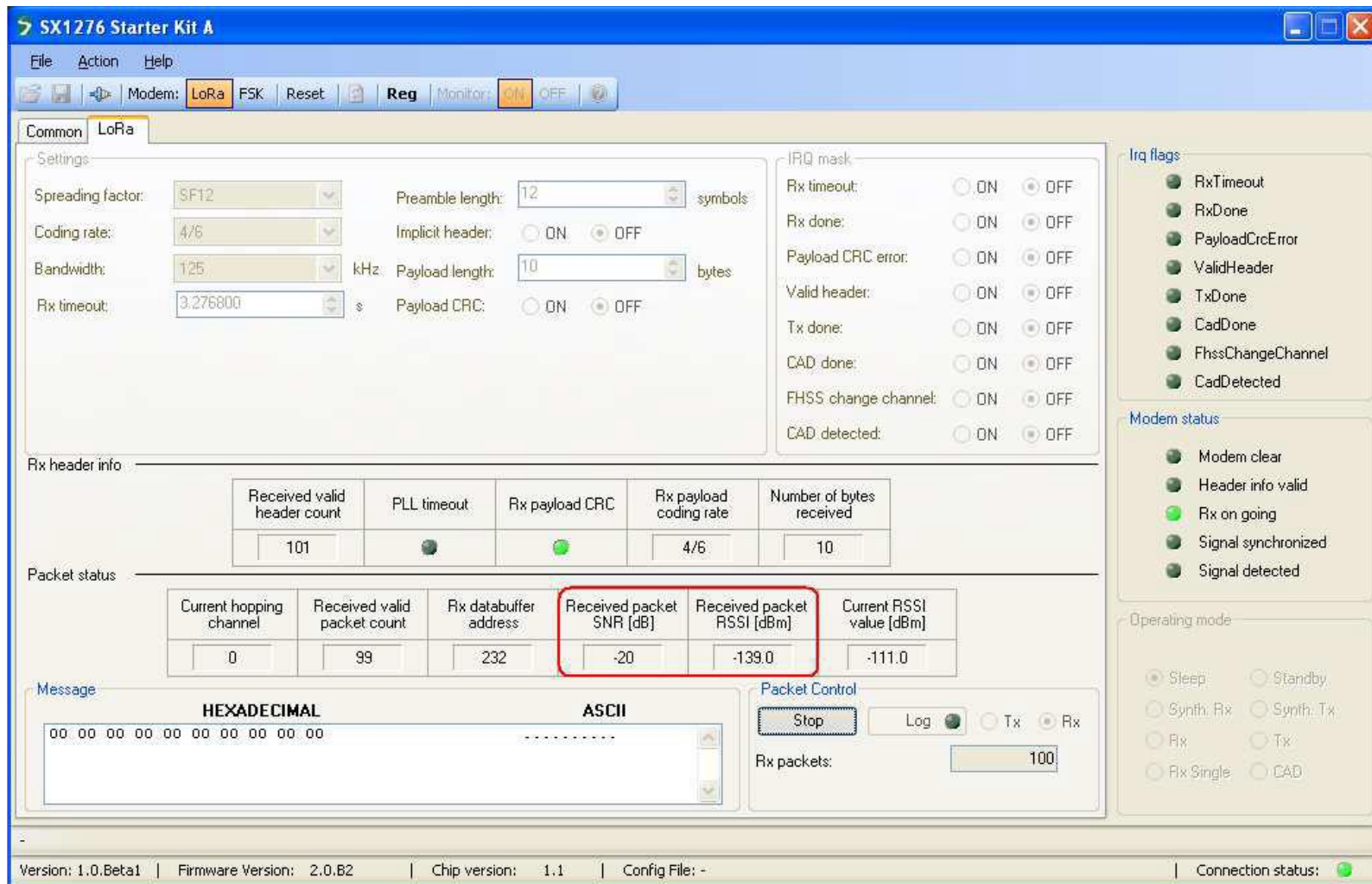


Figure 6 Connection for Conductive Sensitivity Test



SemTech 提供灵敏度测试软件及工装

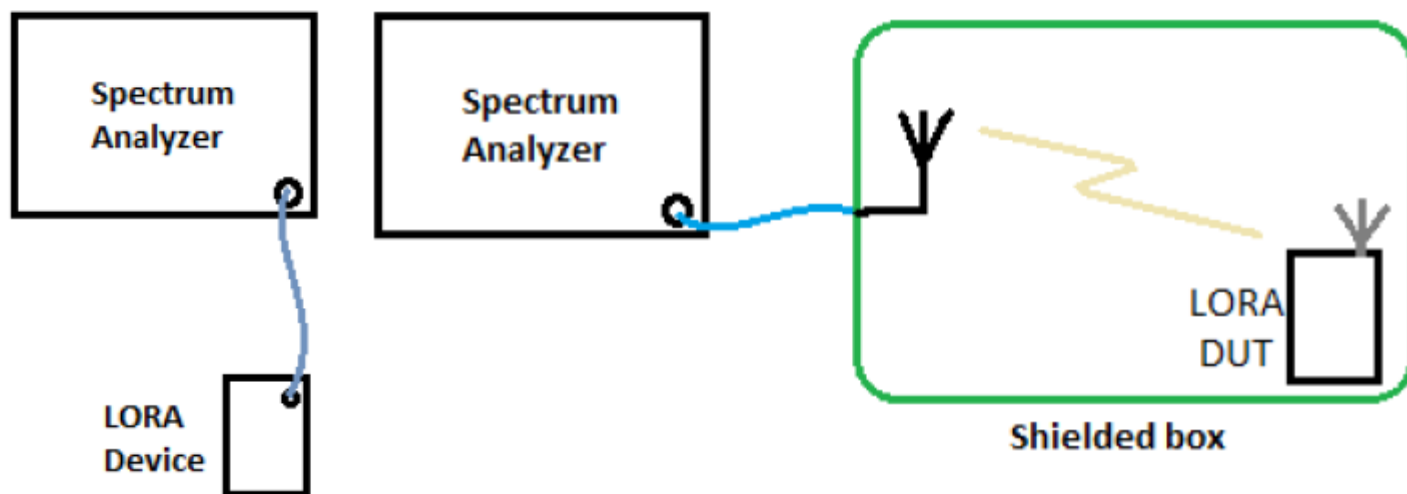
信号源需配合使用



利用 RSA 实时频谱分析仪分析 Lora 发射

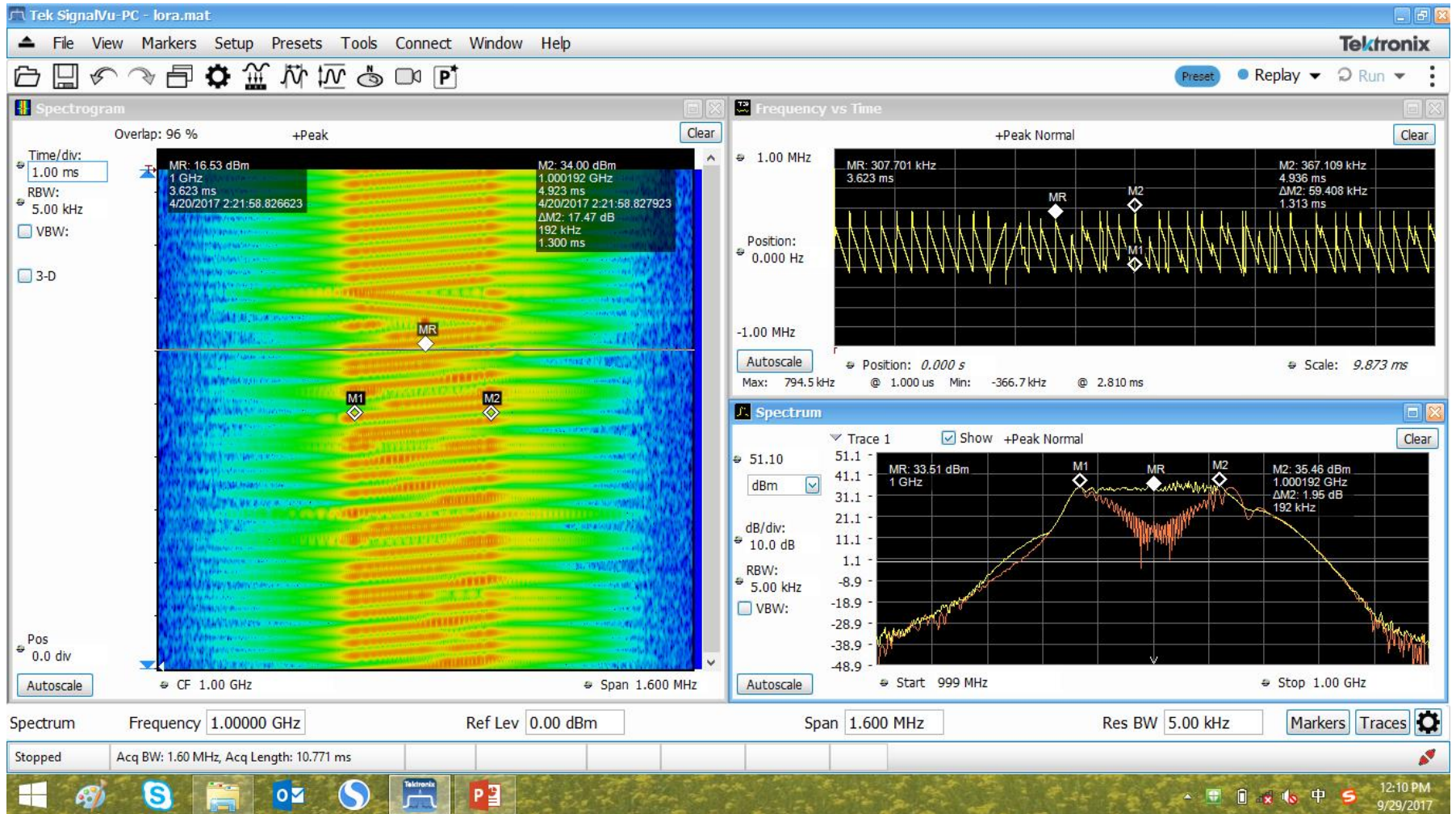
不仅完成 SEMTECH 规定测试项目，而且可以进行深度分析

- SemTech 对 Lora 发射机，仅规定几个简单指标
 - 认为接收灵敏度更重要
 - 传统频谱仪无法分析跳频信号
- 传到测试或辐射测试
- RSA 可以完成 规定的测试项目



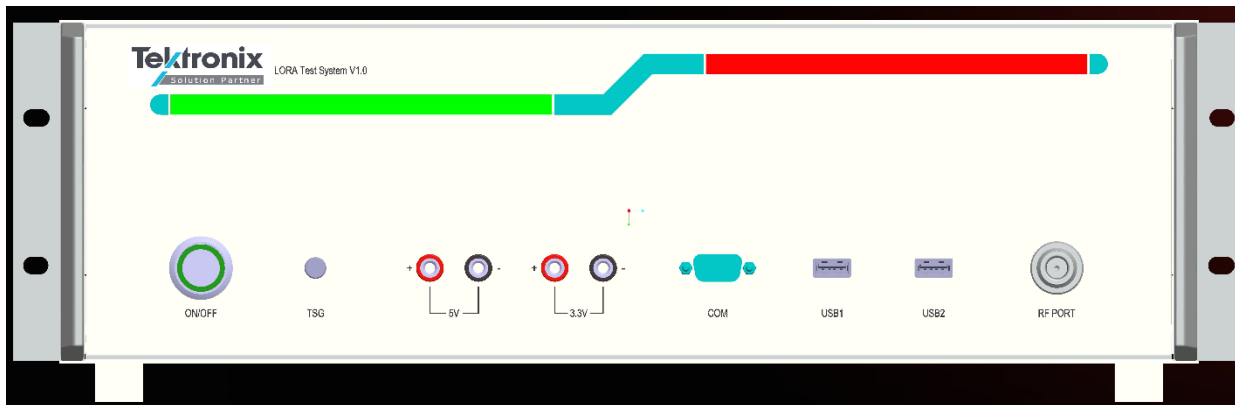
利用 RSA 实时频谱分析仪分析 Lora 发射

不仅完成 SEMTECH 规定测试项目，而且可以进行深度分析



LOR – 4136 Lora 测试系统

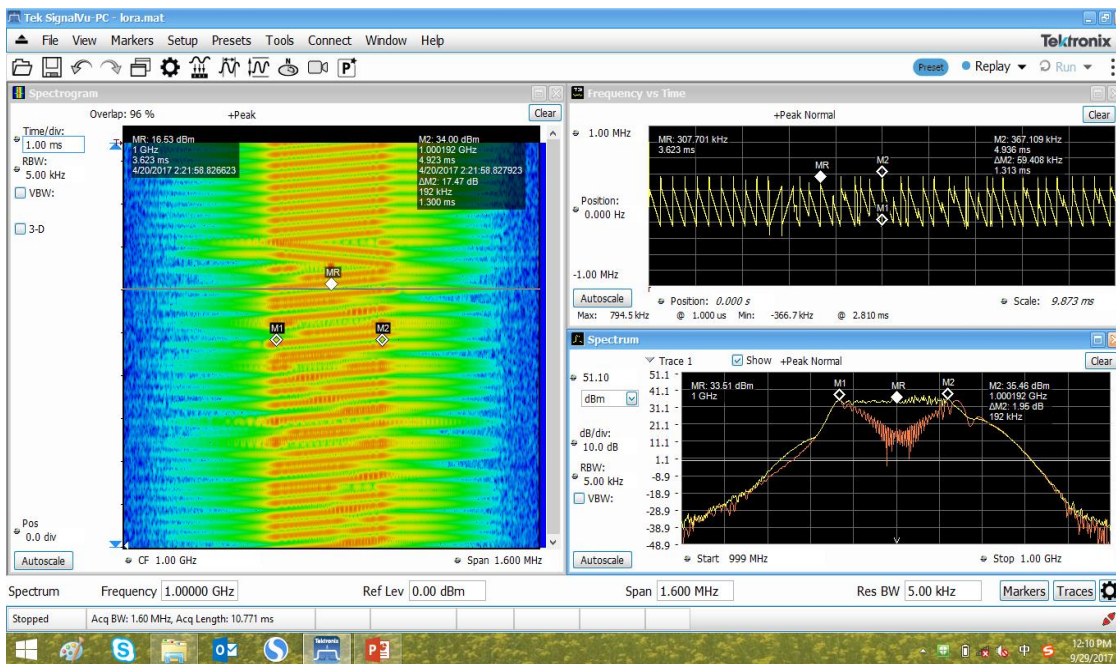
- 系统集成商开发
- 内置 TSG4102A 与 RSA306B
 - 可用代理商库存
- 机箱及软件由集成商提供



LOR – 4136 Lora 测试系统

主要功能

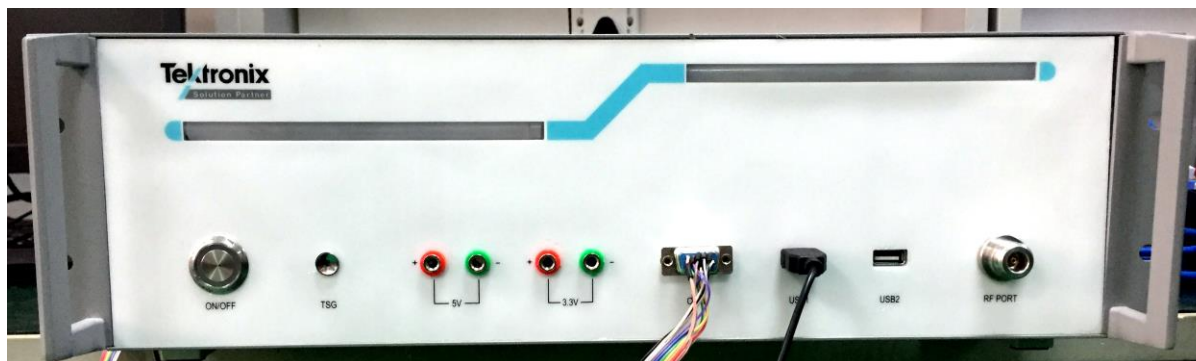
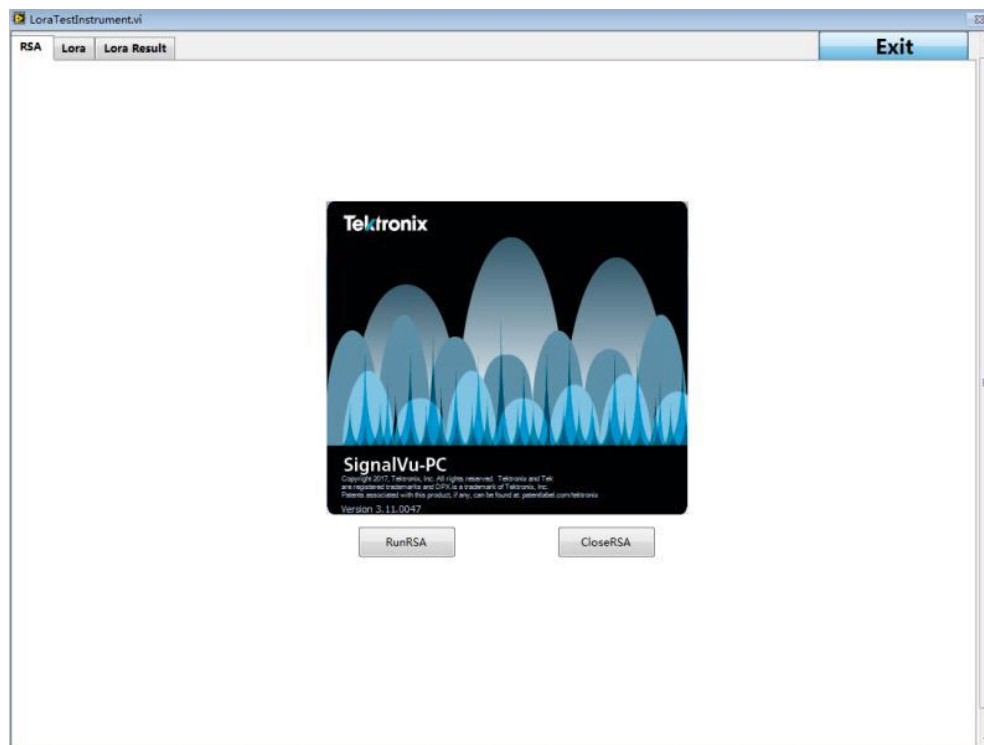
- 一键式生产、验证测试，满足 SEMTECH 测试标准
 - 输出功率
 - 频率容限
 - 接收灵敏度
 - 电流消耗（选件）
- 调测
 - Lora 信号发生
 - Lora 信号频谱测试
 - Lora 信号跳频分析
 - Lora 信号干扰分析
 - Lora 信号功耗分析（选件）



LOR – 4136 Lora 测试系统

基本功能

- RSA 频谱仪
 - 泰克实时频谱仪全部功能
- Lora 收、发测试
 - 双工测试
- Lora 验收测试
- 外接键盘、鼠标、显示器



LOR – 4136 Lora 测试系统

LORA 收发测试

- 完成被测Lora设备的收、发性能测试

The screenshot displays the LoraTestInstrument.vi software interface, which is divided into two main sections for FSK and LORA testing. The interface includes tabs for 'RSA', 'Lora', and 'Lora Result', and an 'Exit' button in the top right corner.

FSK Section:

- AntennaPort:** HF (selected) or LF
- Ispl:** internal
- modu:** lora
- Freq:** 410.000001 MHz
- Power:** 1.0 dBm
- Fdev:** 600 Hz
- Banw:** 2400 Hz
- Bana:** 2400 Hz
- lcr:** (toggle switch)
- prel:** 4 Bytes
- mode:** sleep
- tint:** 100 ms
- tcnt:** 1
- size:** 1

LORA Section:

- AntennaPort:** HF (selected) or LF
- Ispl:** internal
- modu:** lora
- Fdev:** 600 Hz
- Banw:** 2400 Hz
- Bana:** 2400 Hz
- prel:** 4 Bytes
- lcr:** (toggle switch)
- mode:** rx

Return Log (FSK):

```
-info ok, set Ispl ok  
-info ok, set modu ok  
-info ok, set freq ok  
-info ok, set powe ok
```

Return Log (LORA):

```
-info ok, set Ispl ok  
-info ok, set prel ok  
-info ok, set lcr ok  
-info ok, rf rx mode  
TSG设置完毕
```

Buttons: TX RUN, TX STOP, RX RUN, RX STOP

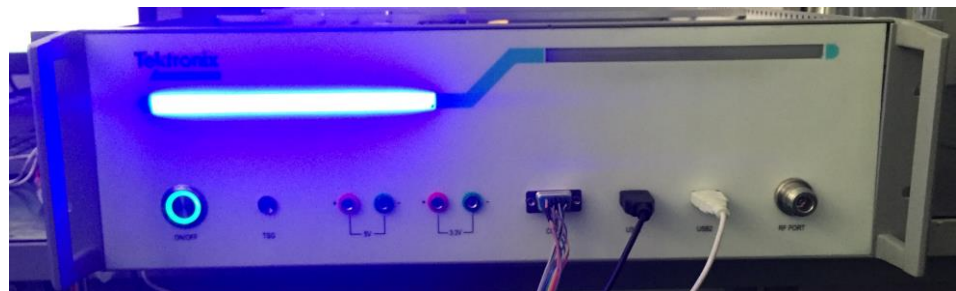
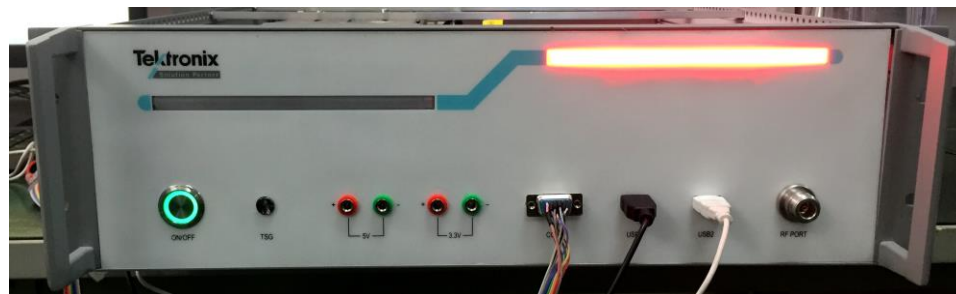
LORA 验收测试

- [illegible]

LOR – 4136 Lora 测试系统

LORA 验收测试

- 按照标准一键式测试
- 前面板灯制式通过与否
 - 红灯失败、蓝灯通过
- 门限及参数保存于配置文件中
 - 无需操作者操作或更改
- 可配置为专用产测
 - 去除RSA及Lora收、发测试功能





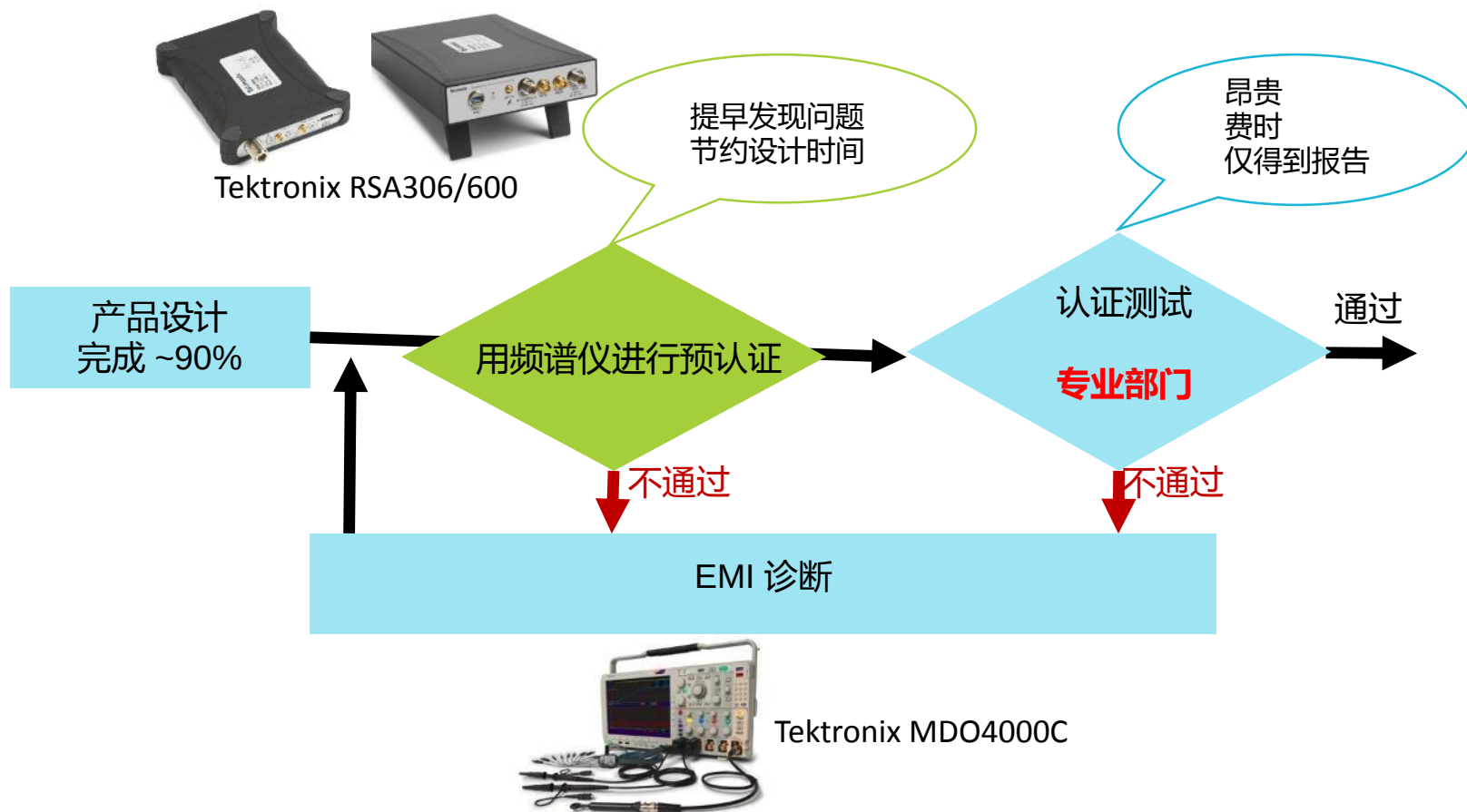
Tektronix

EMCVu

泰克 EMC 预认证测试系统

EMC 认证 vs. 预认证

EMI 测试流程



EMI 预认证可以节约时间、降低成本，在进行高成本认证前提早发现EMI问题

泰克 EMC 预认证系统 EMCVu



全功能 EMC 测试系统:

- 辐射骚扰
- 传导骚扰
- EMI 诊断



快速、简便易用:

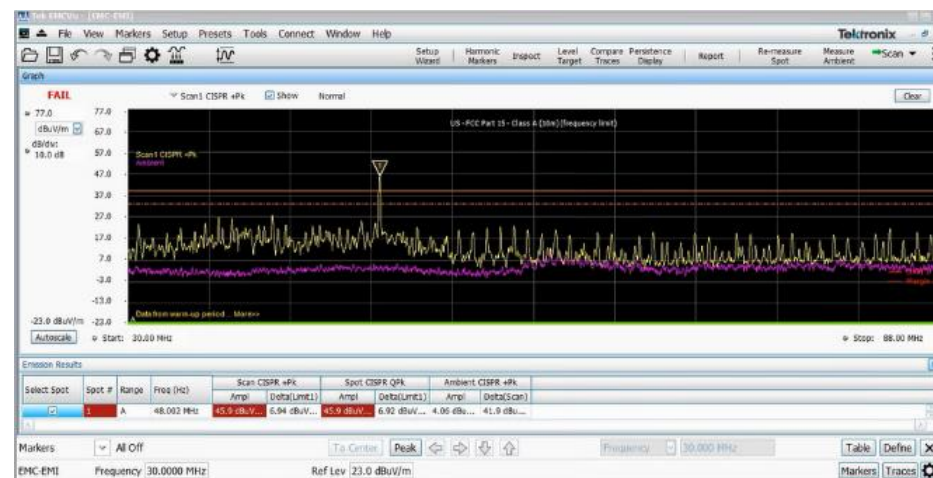
- 故障定向的准峰值加扰
- 测试向导内置通用EMI标准

高精度:

- 预定义测试附件的增益与衰减
- 随机噪声比较

自动生成测试报告:

- PDF, RTF 等格式报告



所支持的标准

EMCVU 预认证软件

Market Segment	Equipment Type	STANDARDS				
		IEC/CISPR	CENELEC	FCC	MIL-STD	DEF-STAN
ISM	Industrial, scientific and medical equipment	CISPR 11	EN 55011	CFR Title 47 Part 18		
MEDICAL	Medical electrical apparatus	EN 60601-1-2				
AUTOMOTIVE	Vehicles, boats and internal combustion engines	CISPR 12	EN 55012			
	Components and modules on board vehicles	CISPR 25	EN 55025	CFR Title 47 Part 15(*)		
MULTIMEDIA	Sound and TV broadcast receivers	CISPR 13	EN 55013			
	Information technology and telecommunications equipment (ITE)	CISPR 22 (replaced by EN55032)	EN 55022	CFR Title 47 Part 15		
	Professional audio/video/multimedia equipment	CISPR 32 (replaces CISPR 13 and 22)	EN 55032			
APPLIANCES	Electrical devices, household appliances and tools	CISPR 14-1	EN 55014-1	CFR Title 47 Part 15		
LUMINAIRES	Fluorescent lamps and luminaires	CISPR 15	EN 55015	CFR Title 47 Part 15		
MILITARY	Military equipment and systems				MIL-STD-461G	DEF-STAN 59-411

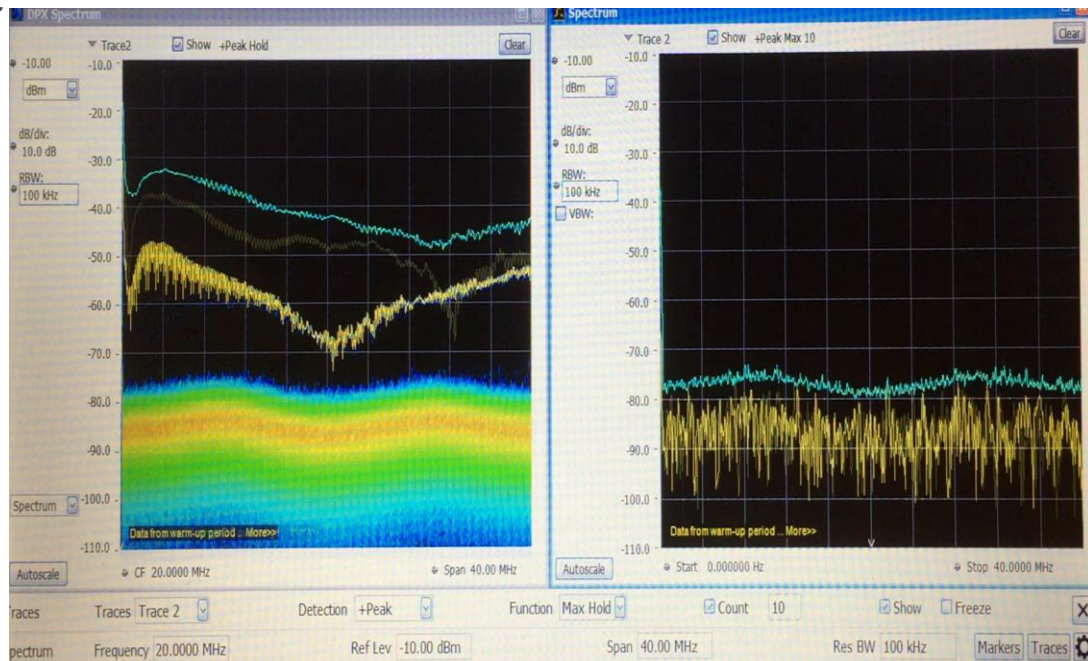
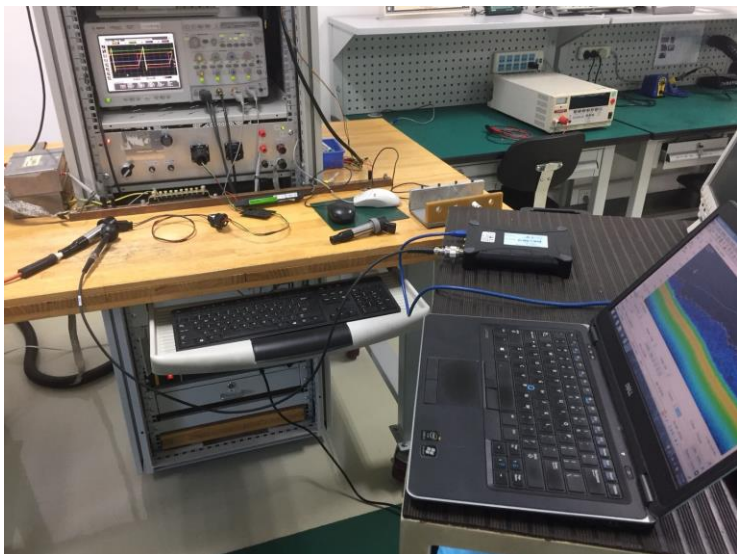
支持全部泰克实时频谱分析仪阵列

	MDO4000C (混合域)	RSA5100B (专业)	RSA600A/500A (台式/便携)	RSA306B (轻巧)
EMI 预认证	需外接 SVPC	有	有	有
CISPER 准峰值检波	无	有	有	有
快速杂散查找	极慢	快速	中速	中速
杂散指标 (SFDR)	65 dBc	80 dBc (HD 选件)	70 dBc	60 dBc
EMI 诊断	可以 示波器 + 频谱仪	可以 DPX 实时触发	可以 DPX	可以 DPX
实时频谱显示 (DPX)	无	POI - 434 nsec	POI - 26 usec	POI - 26 usec
多域分析	跨域分析	多域分析	多域分析	多域分析
最佳应用	EMI 诊断	EMI 诊断 EMI 预认证	EMI 诊断 EMI 预认证	EMI 诊断 EMI 预认证
系统价格	\$13,000 起 (3 GHz)	\$34,000 (3 GHz)	\$7,800 (3 GHz) 起	\$4,900 (6 GHz) 起

实时频谱分析仪测试 EMI 不同点

点火线圈 EMI 问题

- 点火线圈仅在点火时出现 EMI 问题
 - 每两圈点一次火
 - EMI 为瞬态
 - 正常频谱看不到
 - CISPER QP 可以，但极慢
 - 调测不方便



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

测试向导，简便易用

CHALLENGES

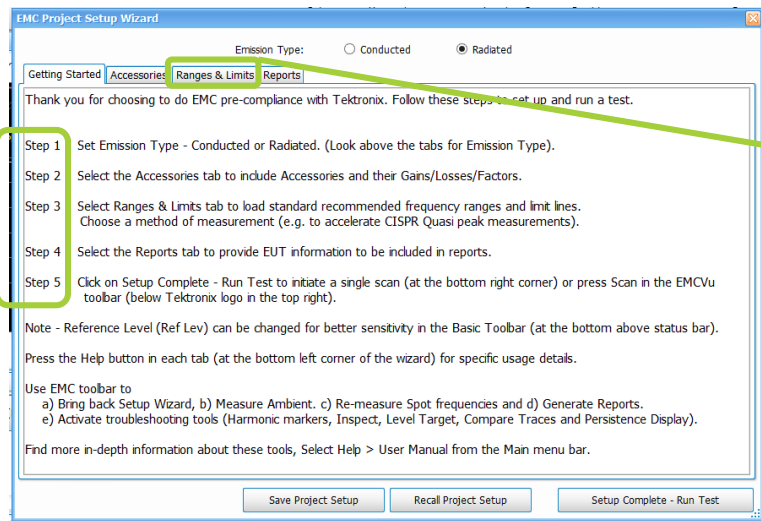
SOLUTIONS

Setting-up the spectrum analyzer to do EMI is not easy

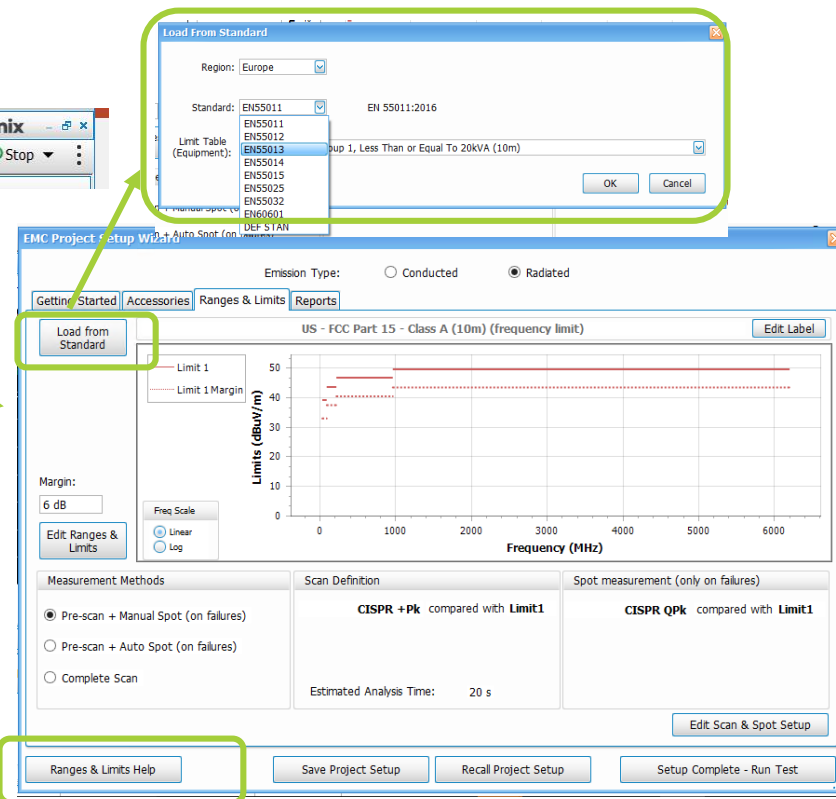
Easy-to-learn wizard; Built-in standards and accessory setup with push-button selection



New Start-up icon



内嵌帮助“启动步骤”的向导



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

内置多种 EMC 标准，轻松调用，轻松编辑

Market Segment	Equipment Type	STANDARDS				
		IEC/CISPR	CENELEC	FCC	MIL-STD	DEF-STAN
ISM	Industrial, scientific and medical equipment	CISPR 11	EN 55011	CFR Title 47 Part 18		
MEDICAL	Medical electrical apparatus	EN 60601-1-2				
AUTOMOTIVE	Vehicles, boats and internal combustion engines	CISPR 12	EN 55012			
	Components and modules on board vehicles	CISPR 25	EN 55025	CFR Title 47 Part 15(*)		
MULTIMEDIA	Sound and TV broadcast receivers	CISPR 13	EN 55013			
	Information technology and telecommunications equipment (ITE)	CISPR 22 (replaced by EN55032)	EN 55022	CFR Title 47 Part 15		
	Professional audio/video/multimedia equipment	CISPR 32 (replaces CISPR 13 and 22)	EN 55032			
APPLIANCES	Electrical devices, household appliances and tools	CISPR 14-1	EN 55014-1	CFR Title 47 Part 15		
LUMINAIRES	Fluorescent lamps and luminaires	CISPR 15	EN 55015	CFR Title 47 Part 15		
MILITARY	Military equipment and systems				MIL-STD-461G	DEF-STAN 59-411

EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

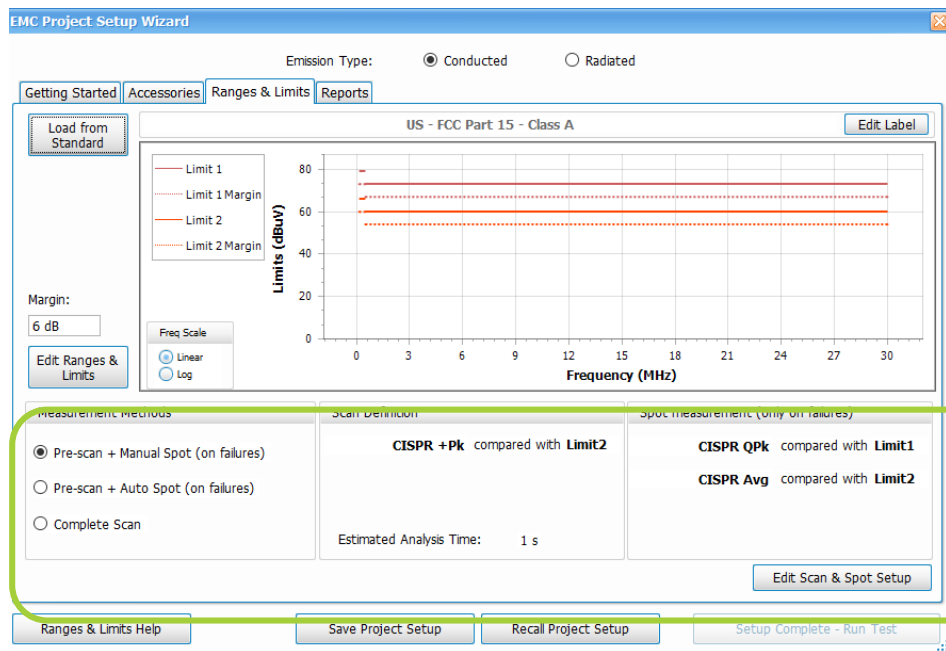
预选扫描方式，加快预认证测试速度

CHALLENGES

EMI measurements (especially CISPR-based measurements) can take a long time

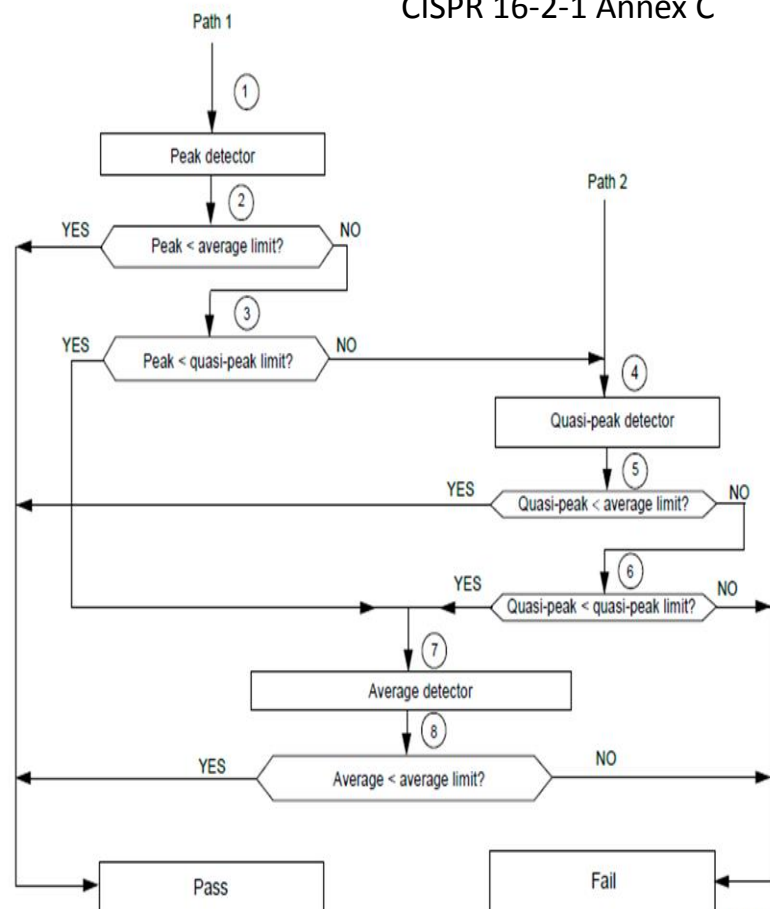
SOLUTIONS

Decide on what failure you want to apply the time-consuming Quasi Peak detector; By-pass finding failures and measure frequencies of interest



测量传导干扰时使用检波器决策树

CISPR 16-2-1 Annex C



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

预选扫描方式，加快预认证测试速度

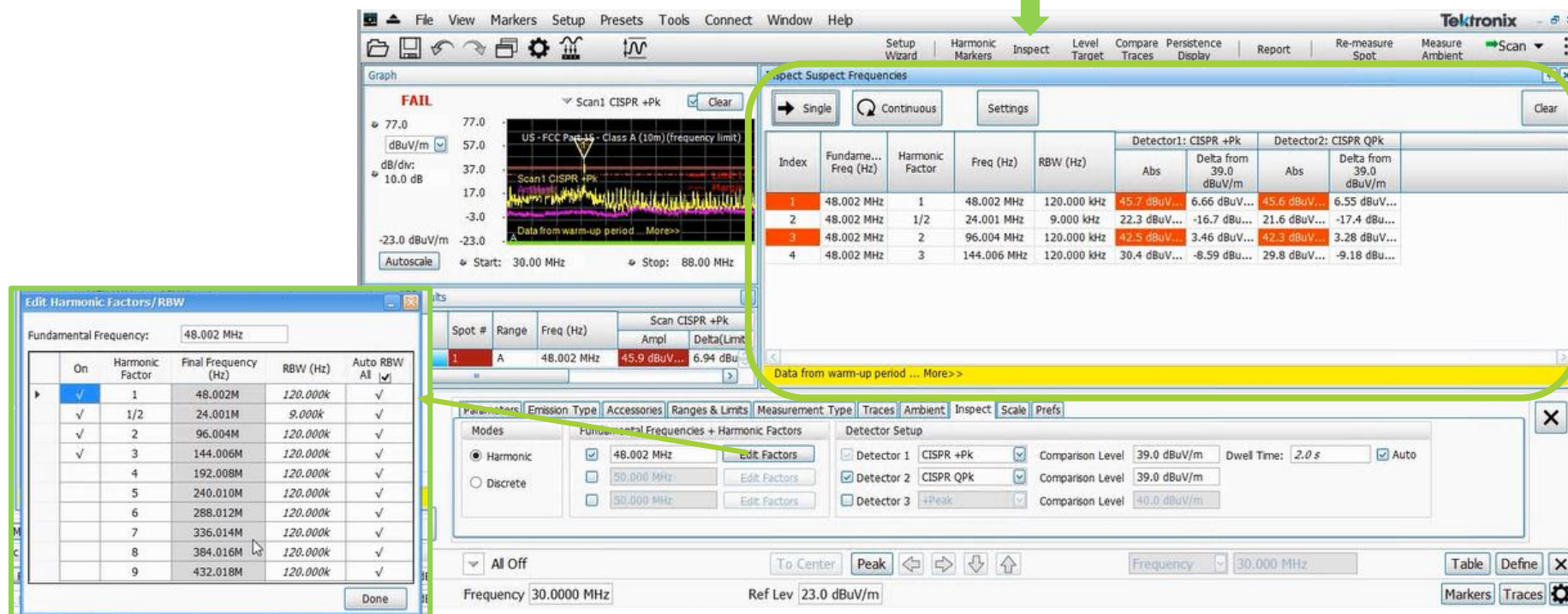
CHALLENGES

EMI measurements (especially CISPR-based measurements) can take a long time

SOLUTIONS

Decide on what failure you want to apply the time-consuming Quasi Peak detector; Bypass finding failures and measure frequencies of interest

对峰值检波扫描不合格点再次用准峰值扫描



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

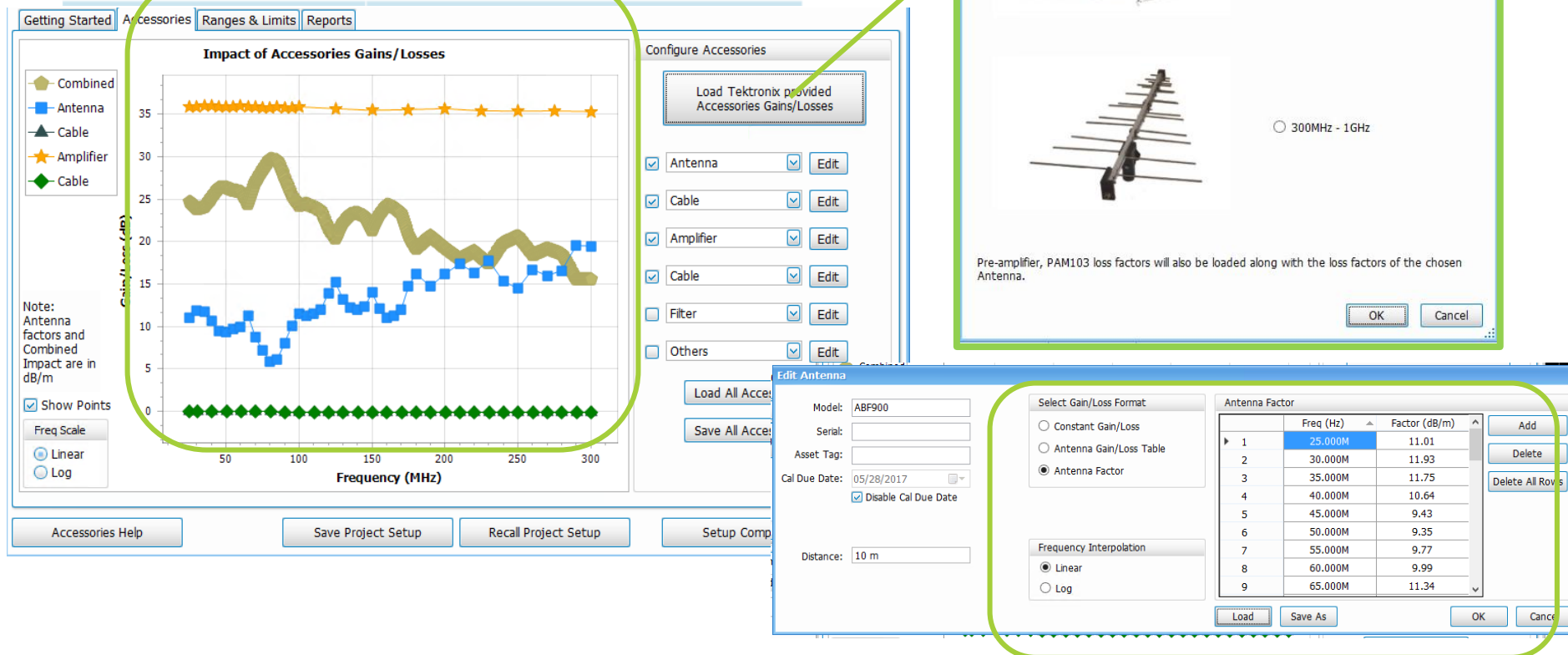
调用附件参数，提高预认证测试精度

CHALLENGES

EMI measurements captured in a pre-compliance environment may not be very accurate

SOLUTIONS

Loss and gain of accessories are already captured in the software and are taken into account during the measurement; Compare failure to ambient noise



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

剔除环境噪声因素

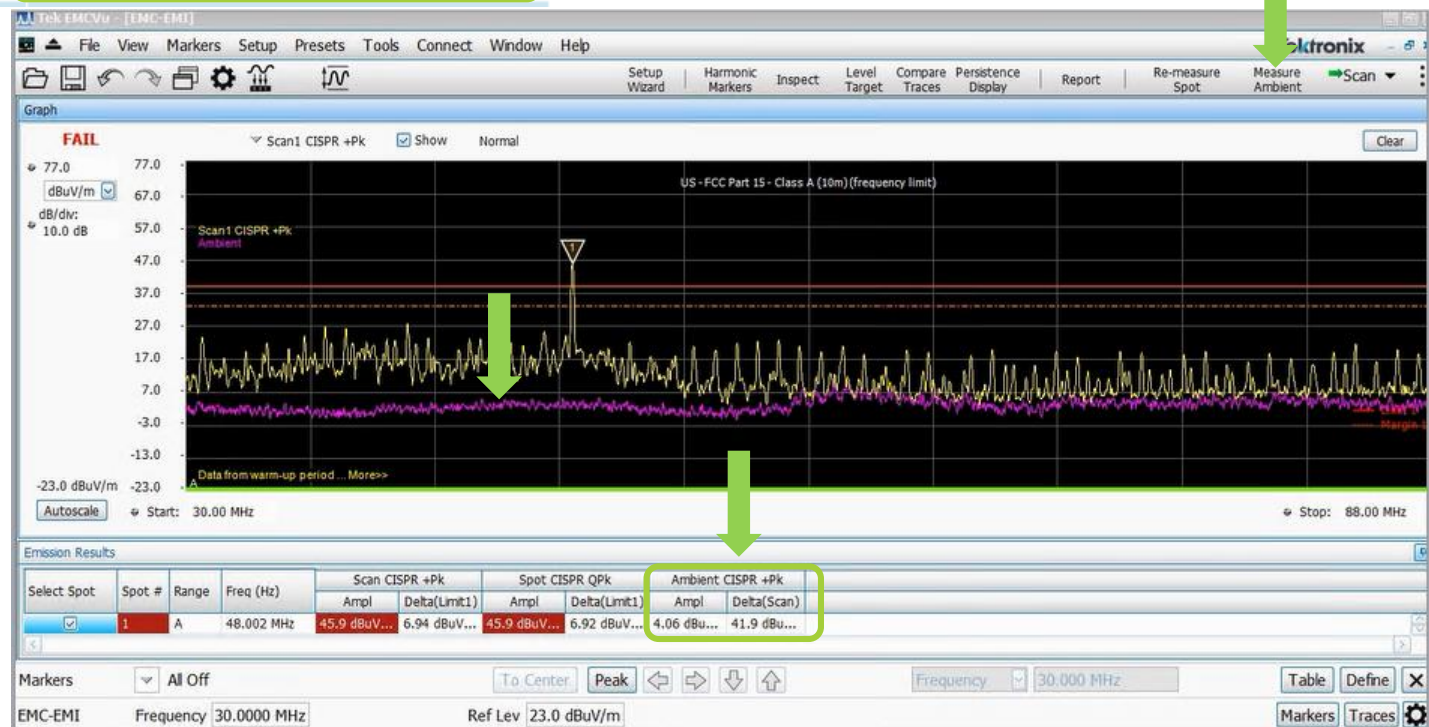
CHALLENGES

EMI measurements captured in a pre-compliance environment may not be very accurate

SOLUTIONS

Loss and gain of accessories are already captured in the software and are taken into account during the measurement; Compare failure to ambient noise

测试环境噪声



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

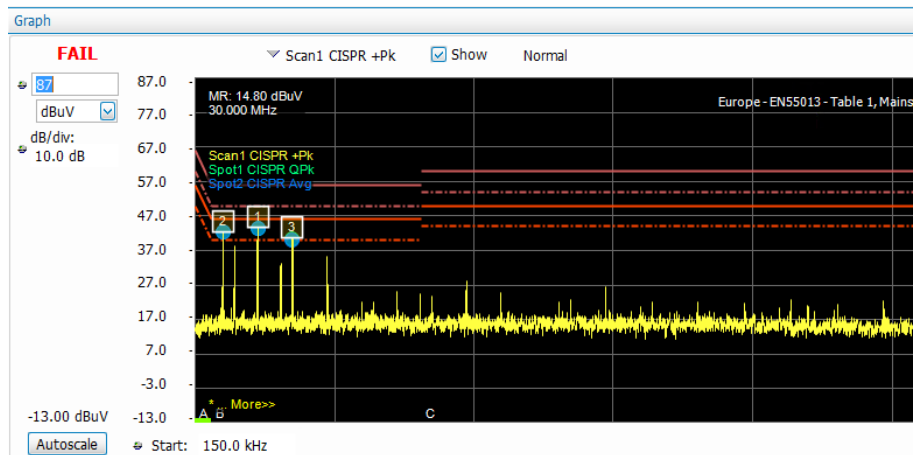
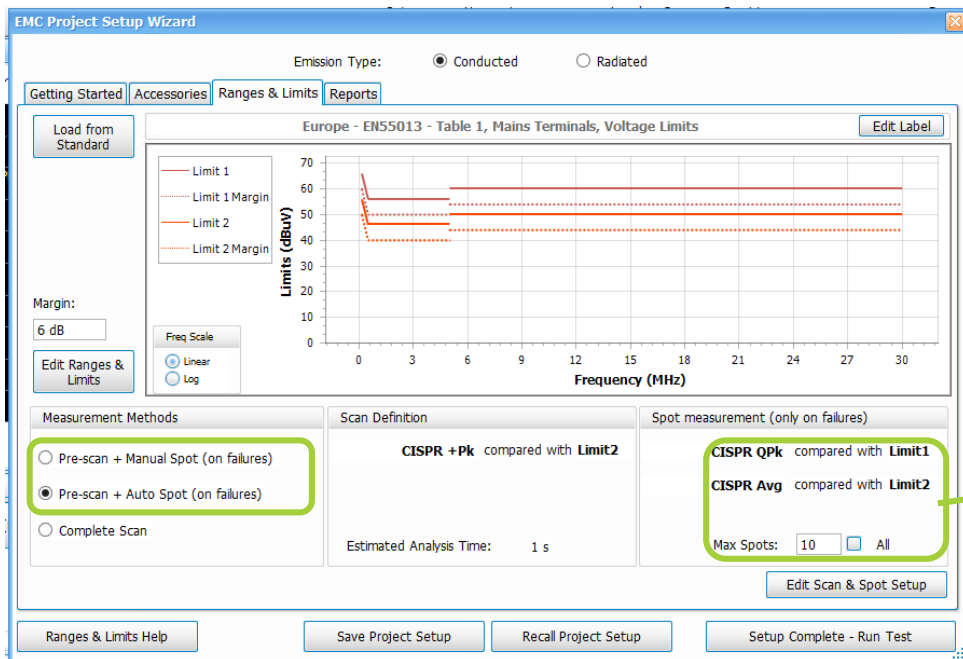
不合格点手动或自动重复测试，加速 EMI 诊断测试

CHALLENGES

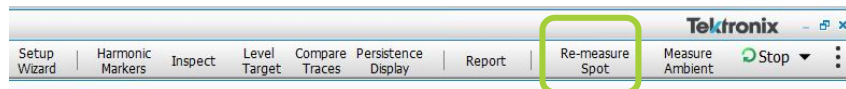
SOLUTIONS

Debugging is painful and repetitive

Manual or automated multi-failure re-measurement; horizontal cursor to help design to a specific energy level target; Harmonic Markers



Emission Results									
Select Spot	Spot #	Range	Freq (Hz)	Scan CISPR +Pk		Spot CISPR QPk		Spot CISPR Avg	
				Ampl	Delta(Limit2)	Ampl	Delta(Limit1)	Ampl	Delta(Limit2)
☒	1	B	1.490 MHz	43.66 dBuV	-2.34 dBuV	43.45 dBuV	-12.55 dBuV	43.40 dBuV	-2.60 dBuV
☒	2	B	744.687 kHz	42.52 dBuV	-3.48 dBuV	42.35 dBuV	-13.65 dBuV	42.30 dBuV	-3.70 dBuV
☒	3	B	2.235 MHz	40.71 dBuV	-5.29 dBuV	40.33 dBuV	-15.67 dBuV	40.20 dBuV	-5.80 dBuV



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

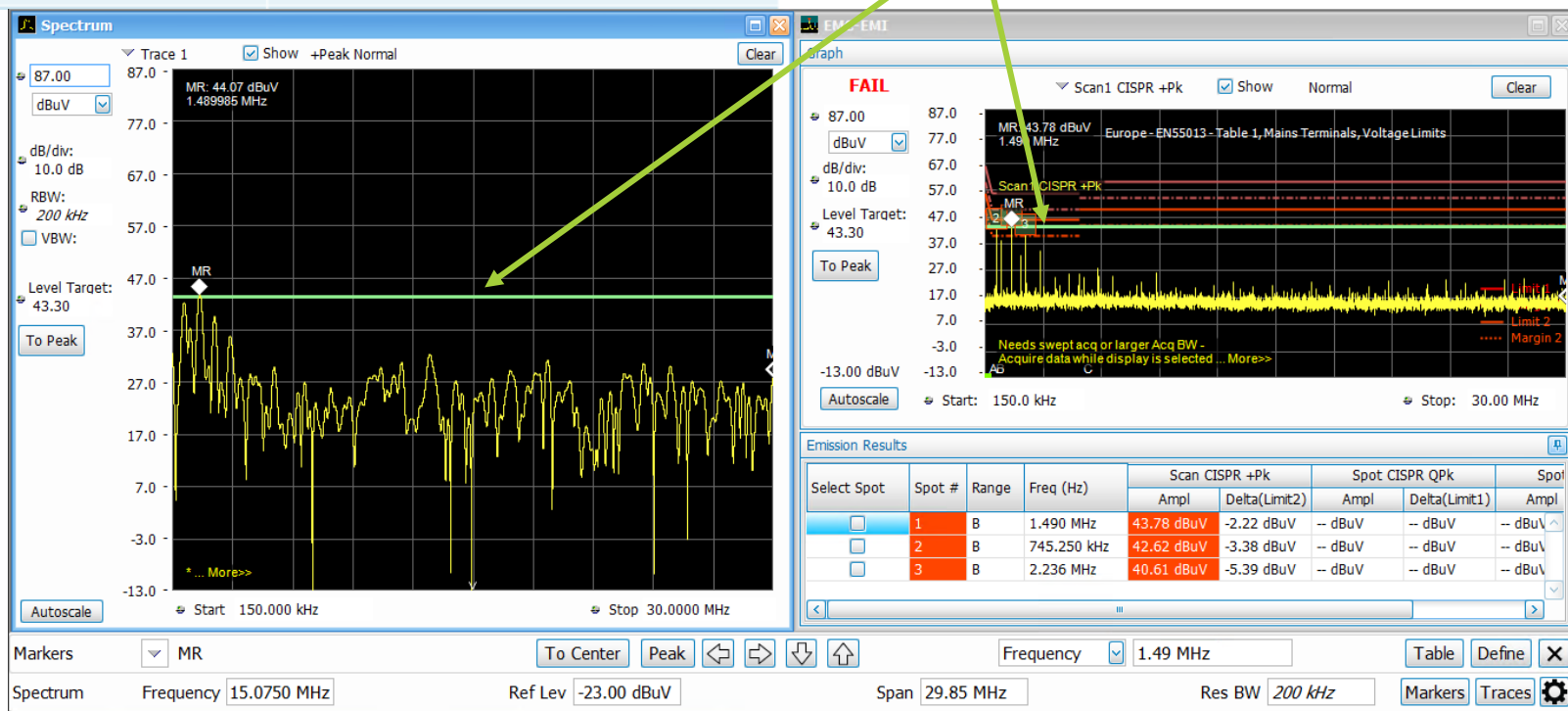
水平光标帮助确定干扰目标能量，加速 EMI 诊断测试

CHALLENGES

Debugging is painful and repetitive

SOLUTIONS

Manual or automated multi failure re-measurement; horizontal cursor to help design to a specific energy level target; Harmonic Markers



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

谐波光标自动帮助谐波，加速 EMI 诊断测试

CHALLENGES

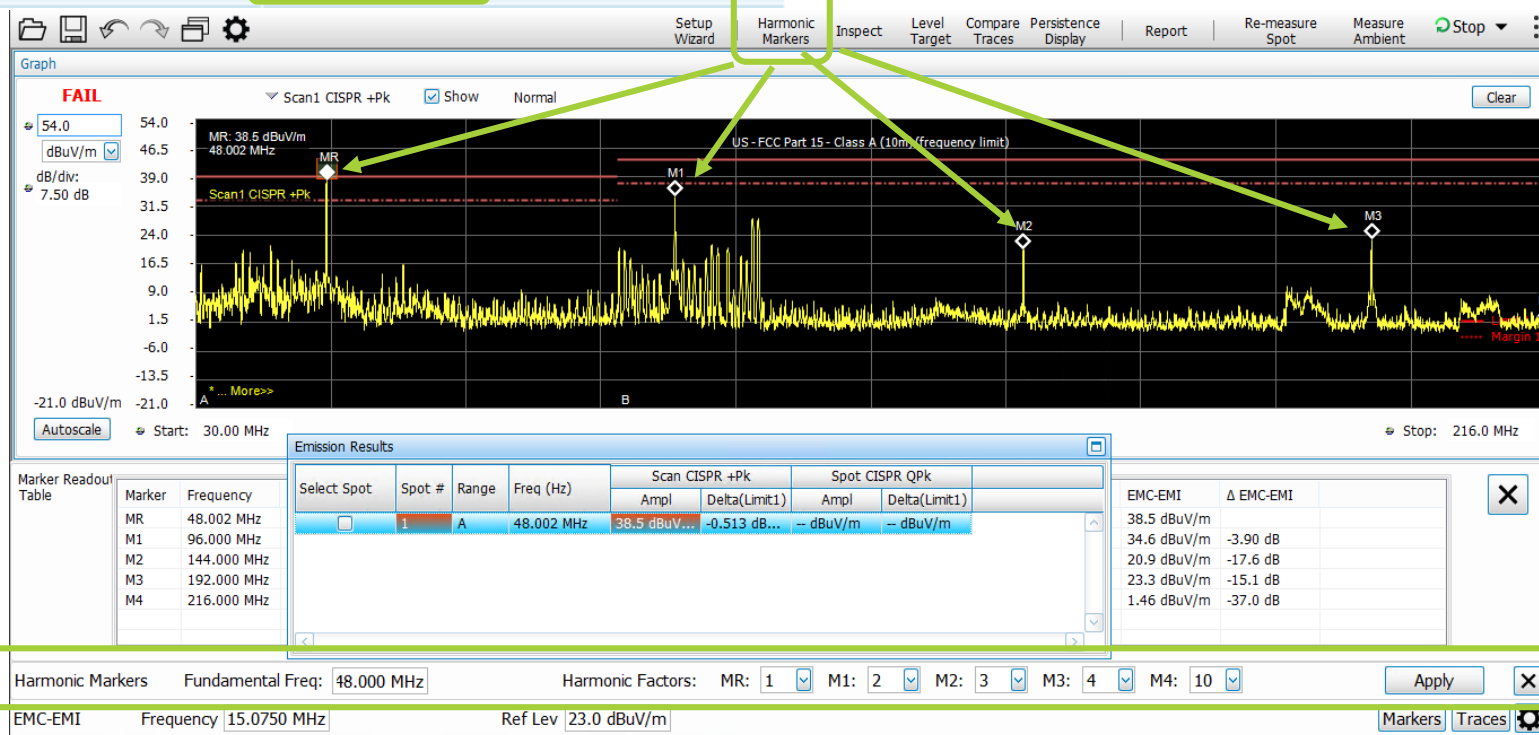
Debugging is painful and repetitive

SOLUTIONS

Manual or automated multi-failure re-measurement; horizontal cursor to help design to a specific energy level target;

Harmonic Markers

谐波标记工具条



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

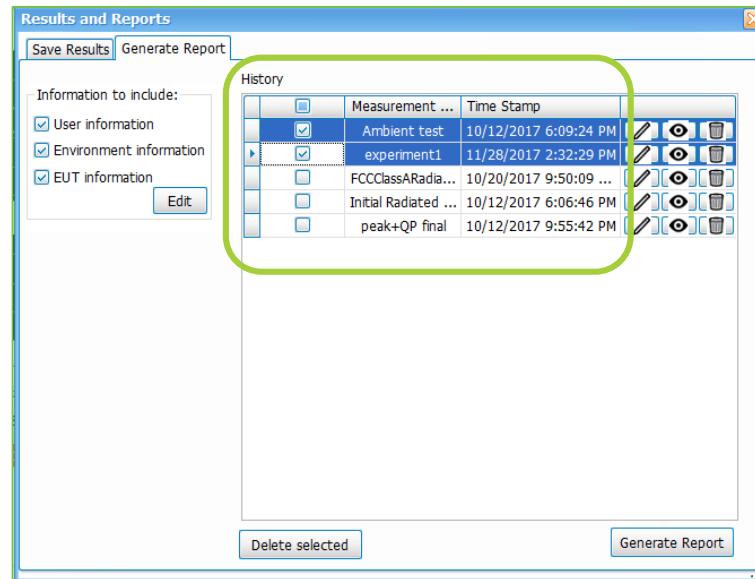
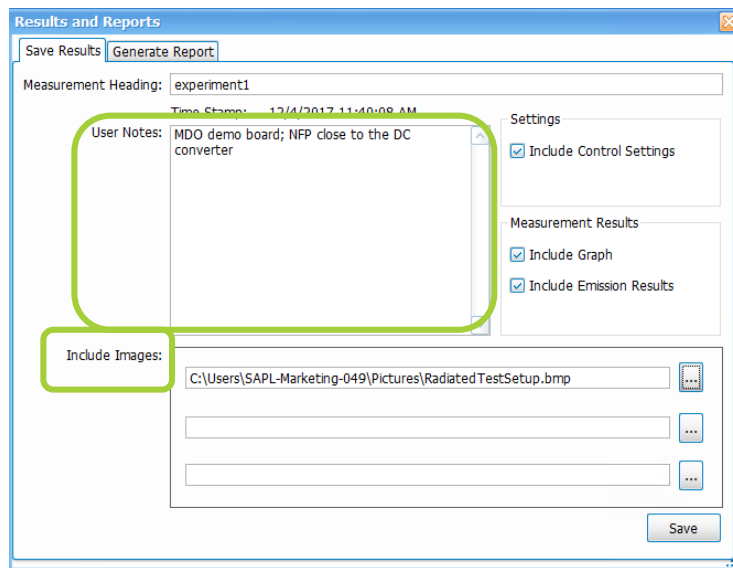
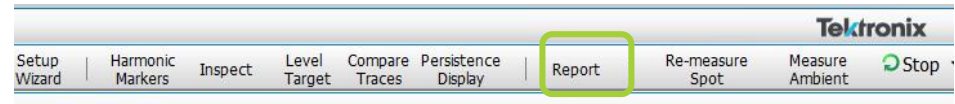
可订制报告格式

CHALLENGES

SOLUTIONS

Including notes about an experiment in a report is not possible

Save any number of experiment results with notes and images into a configurable report in PDF, RTF format



EMCVu – 专业的 EMI 预认证软件

自动生成测试报告

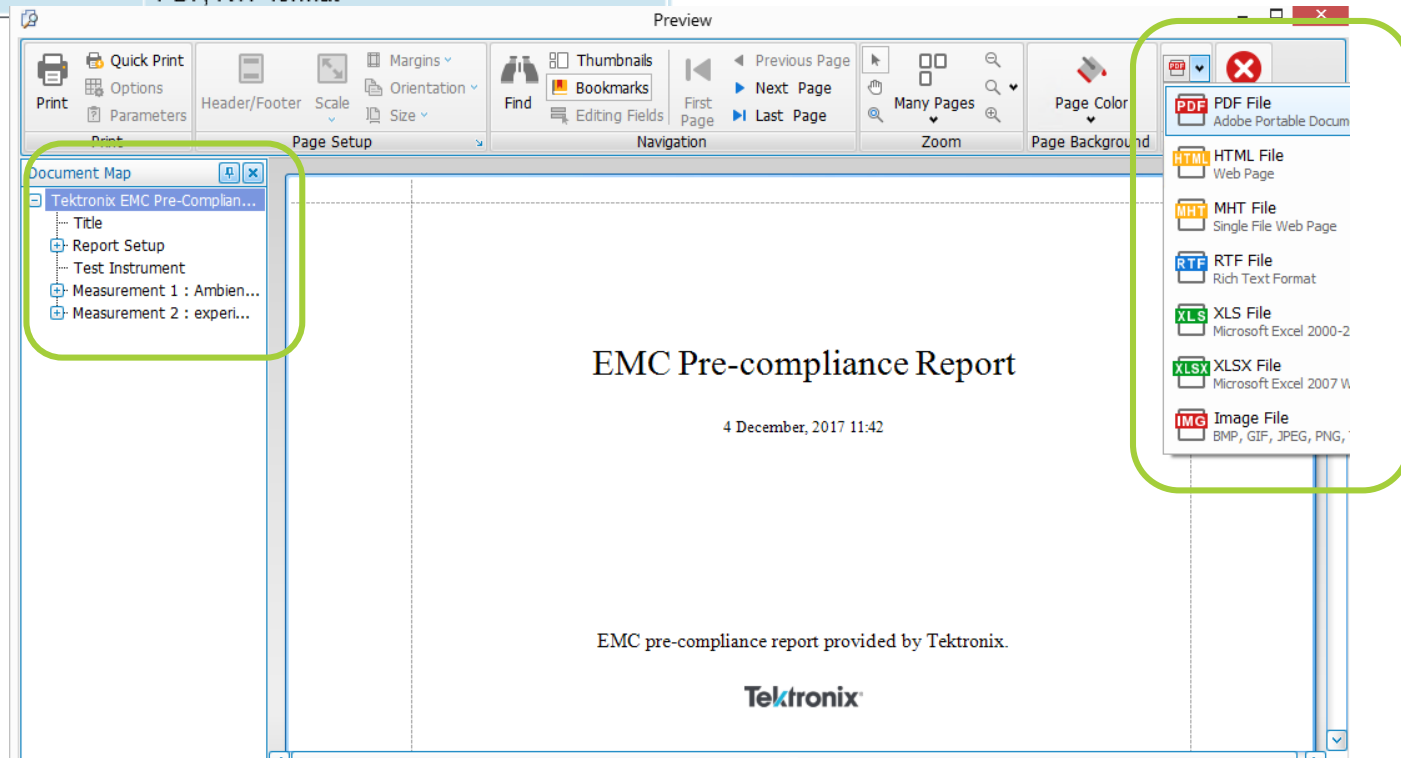
CHALLENGES

SOLUTIONS

Including notes about an experiment in a report is not possible

Save any number of experiment results with notes and images into a configurable report in PDF, RTF format

加快报告速度



EMCVu 预一致性测试系统附件

全功能 EMC 预认证测试系统

- 提供多种测试配件，可分为如下三类：

- 传到辐射测试

- 人工电源网络 (LISN)
- 限幅器
- 放大器

- 发射辐射测试

- 天线、三脚架

- EMC/EMI 诊断测试

- 近场探头



对数周期天线



双菱锥天线



近场探头



预放



人工电源网络 (LISN)



三脚架

EMI-CLP-ANT 和 EMI-BICON-ANT

紧凑型对数周期及可折叠双锥天线

紧凑型对数周期天线重量轻，外观紧凑，存放和运输方便。其频率范围为 300 MHz ~ 1 GHz，特别适合站外EMC测试或小型 EMC 舱内测试。

\$5,600



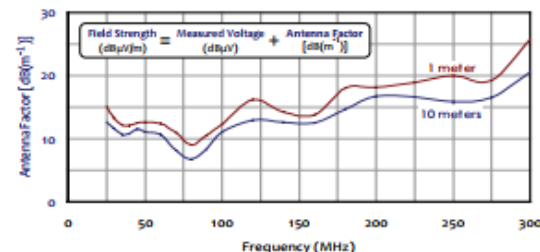
技术规范：FCC, CISPR, EN, ETSI, FAA, Mil-Std, 汽车等。

双锥天线用于辐射和抗扰度测试，以满足各种EMC标准。其频率范围为 25 - 300 MHz，拥有灵活的可折叠的圆锥形单元，贮存和运输方便。



\$7,300

Antenna Factors



EMI-PREAMP 和 EMI-TRIPOD

1MHZ ~ 1GHZ前端放大器

为改善EMC一致性测试期间测量系统灵敏度而设计。
在不能使用外部电源时，可以用标配可充电NimH蓄电池供电。

频率范围: 1 MHz ~ 1 GHz

前端放大器增益: 33 dB (± 3 dB)

线性RF输入范围: $< -30\text{dB}\mu\text{V} \sim 89\text{dB}\mu\text{V}$

POUT @ 1 dB 压缩: 18.3dBm

POUT @ 3 dB 侦听 (IP3): 32 dBm

噪声系数: $< 3.3\text{dB}$

输入灵敏度: $< -30\text{dB}\mu\text{V}$ ($< 31.6\text{ nV}$)

VSWR : 1.69:1(最大值), 1.25:1(平均值)

回波损耗: 29.5dB(最小值), 44 dB (平均值)

RF连接器: 50 Ω N型 (孔式)

反向隔离: $> 40\text{ dB}$ (输出端口到输入端口)



\$4,450

天线三脚架

EMI-TRIPOD

无反射的木头和尼龙

0.8 ~ 1.2米高度可调 (31 ~ 47英寸)

\$4,100

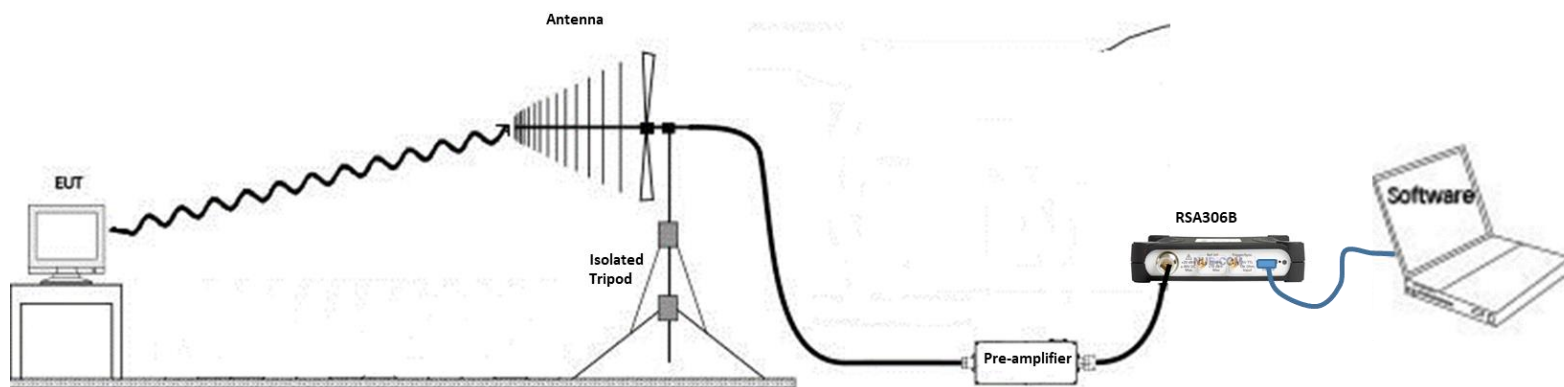


EMI-RE-BUNDLE

EMI发射辐射测试附件捆绑套件

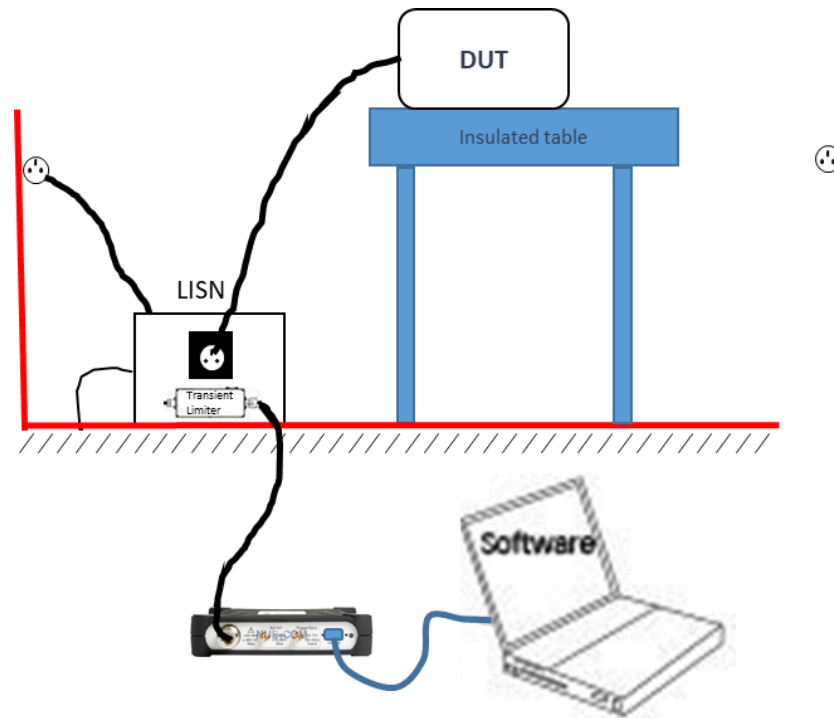
\$20,500(优惠8%)

EMI放射辐射预一致性测试附件捆绑套件
(包括：EMI-BICON-ANT, EMI-CLP-ANT, EMI-PREAMP, EMI-TRIPOD, CABLE-5M, CABLE-1M)
两根天线、三脚架、前置放大器、
一条1m电缆 + 一条5m电缆构成名为
EMI-RE-HWPARTS的捆绑套件



传导干扰测试

- 注意LISN中已经提供瞬态信号限定装置
- AC LISN分为3种风格，具体视AC插头类型而定（中国制式尚无）
- DC LISN for CISPR25



EMI-LISN50uH-AC-US或-GB或-EU

50UH工频阻抗人工电源网络 LISN - CISPR 16

为测试单相AC供电设备设计，供电电压最高可达240V。可以在相位和中性导线上测量传导辐射。

配有一个可开关限定装置/衰减器和一个人工手动连接。

DUT插座: 不同国家会有所不同

频率范围: 9 kHz ~ 30 MHz

阻抗: $50\ \Omega \parallel (50\ \mu\text{H} + 5\ \Omega)$

人工手动: $220\ \text{pF} + 511\ \Omega$

可开关PE: $50\ \Omega \parallel 50\ \mu\text{H}$

限定装置/衰减器: 150 kHz ~ 30 MHz; 10 dB

空芯电感器

工频电压: 最大240V / 50 – 60 Hz, CAT II

最大电流: 8A @ 23°C

测量连接器: $50\ \Omega$ BNC

工作温度范围:

+5°C ... + 40°C; 5% ~ 80%相对湿度

\$2,650

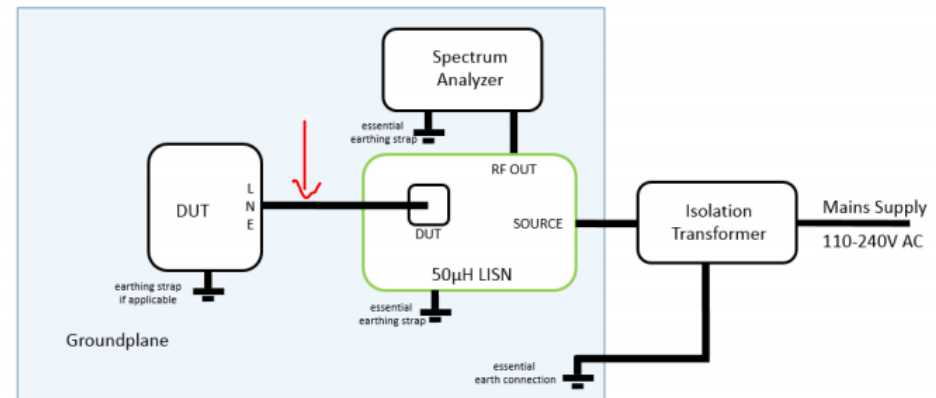


Figure 3 – Conducted noise pre-compliance measurement setup

没有专门的中国制，可以选 GB 或 EU，再配一个转换插座

EMI-LISN5UH

5UH工频阻抗人工电源网络 LISN - CISPR 25

为测量DC供电的器件的传导辐射噪声而设计。

LISN插入DUT的供电线路中。

可以使用频谱分析仪或测量接收机，在BNC连接器处测量DUT供电端子上出现的传导辐射噪声。

源(供电)端子和DUT端子使用5 μ H电感器解耦。

\$1,150



频率范围: 100kHz – 1GHz,

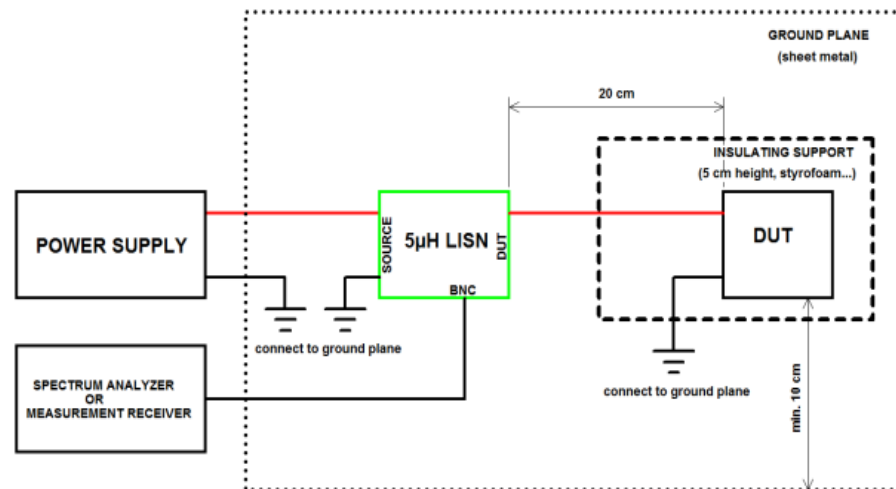
DC电阻: 40 m Ω

最大电流: 10A

标称工作电压范围: 0 – 75V DC;

内置涌入保护

端子适合夹住外部电源电容器



Picture 7 – example setup for a conducted noise measurement of a DC powered device

EMI 诊断测试附件

EMC 近场探头 + 宽带放大器

近场探头 (调试)

成套近场探头

20dB近场探头放大器

泰克名称

EMI-NF-PROBE

EMI-NF-AMP

EMI 调试附件捆绑套件

(包括EMI-NF-Probe 和 EMI-NF-AMP)

EMI-DEBUG-HWPARTS



Tek - EMI-Debug_01a_h.psd

\$2,050 (优惠8%)

H20、H10、H5和E5是磁场(H)和电场(E)探头，用来执行放射辐射EMC预一致性测试测量。

EMI-NF-PROBE

\$870



Tek - EMI-NF-Probe_01a_h.psd

EMI-NF-AMP是一种20dB宽带放大器，用来提高测量的动态范围。

EMI-NF-AMP



\$1,350

EMI 诊断测试附件

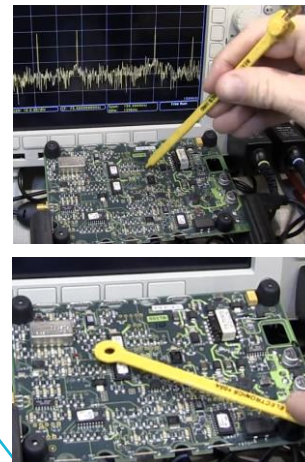
近场探头

- **电场 E-Field**

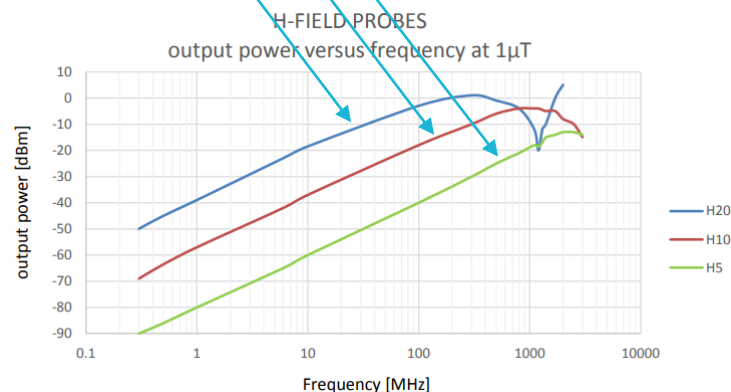
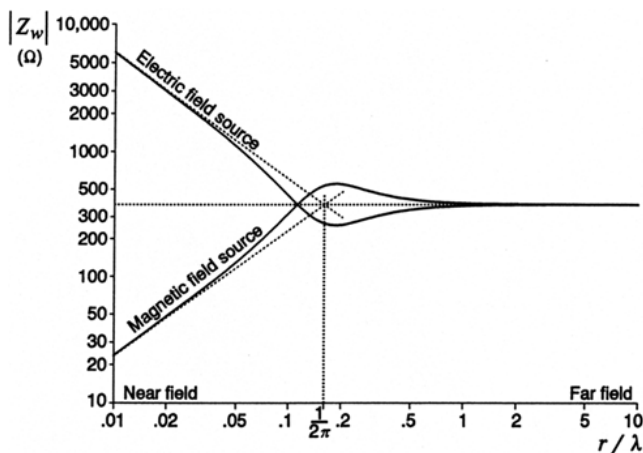
- 高电压，低电流
- 垂直于待测源

- **磁场 H-Field**

- 低电压，高电流
- 平行于待测源



近场 vs 远场



谢谢！

了解更多应用方案，请登录泰克公司官网

全球官网：www.tektronix.com

中文官网：www.cn.tek.com

或致电：400-820-5835

