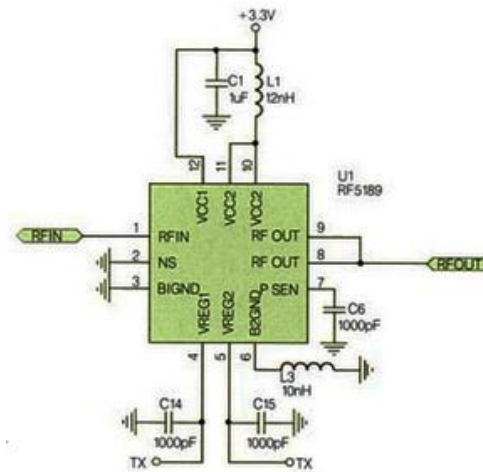
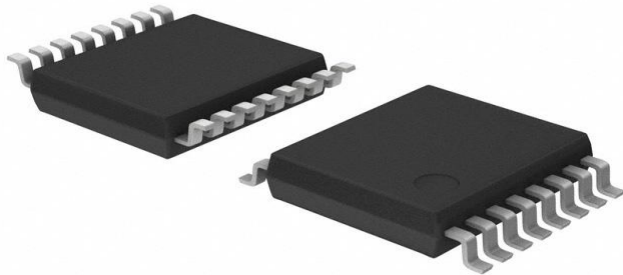


# RF IC 的测试技术及方案



$$ACPR = \frac{P_{ac}}{P_{mc}} \text{ (dBc)}$$

# 内容

- RF IC的测试要求及项目
- RF IC的测量RF IC的测量技术及方案

# RF IC的测量要求及项目

## 射频IC的常见类型

- 衰减器
- 通信模拟前端
- 直接数字频率合成和调制器
- 分频器、乘法器与检波器
- 集成收发器、发射器和接收器
- IQ调制器和解调器
- 混频器
- 移相器与矢量调制器
- PLL/频率合成器
- 正交数字上变频器 (QDUC)
- RF放大器
- RF连接器模块和仪器仪表
- RF功率检波器
- RF开关
- 定时IC和时钟
- 可调谐滤波器
- 可变增益放大器
- VCO与PLO

## ■ RF IC的测试要求及项目---以RF收发为例

### — 发射器的主要测试内容

- 信道带宽。
- 载波频率
- 信道功率
- 占用带宽
- 误差矢量幅度(EVM)
- I/Q偏置(固有偏置origin offsets)
- 相位和频率误差
- 杂波信号
- 谐波

### — 接收器

- 灵敏度
- 比特误码率和帧误码率
- 同道抑制能力
- 杂波抑制能力。
- 互调抑制能力(intermodulation immunity)。
- 相邻信道抑制能力

# RF IC的测试方案

- 发射部分的测试
  - 泰克的RSA306矢量信号/实时频谱仪
  - RSA5100B系列矢量信号分析仪/实时频谱仪
- 接收部分的测试
  - TSG4100A模拟和矢量信号源
  - AWG4000任意码型、波形产生器

# RF IC的测试方案—发射测试

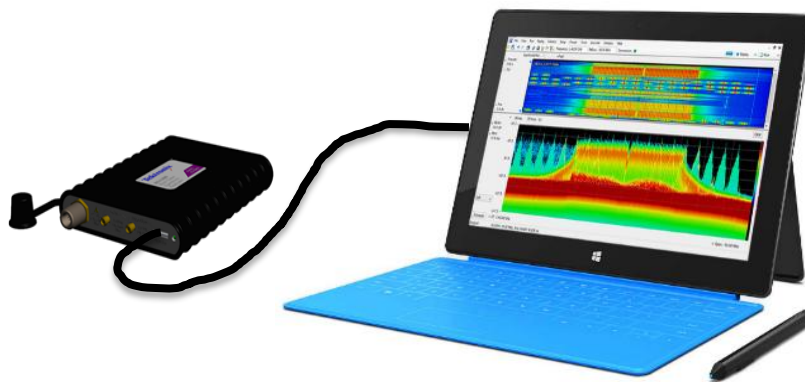
## ■ RSA306实时频谱仪功能

### — 标配：实时频谱：

- 时变分析
- 模拟调制分析
- 音频分析
- 选件：矢量信号分析
  - 数字调制分析
  - 脉冲分析
  - OFDM
- 选件：标准符合性测试
  - WLAN
  - Bluetooth
  - LTE
  - P25

## ■ 主要性能指标

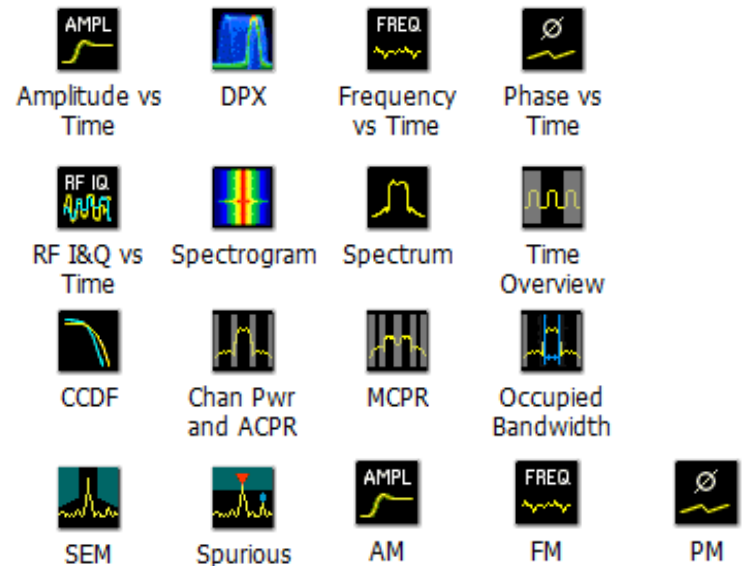
- 9 kHz ~ 6.2 GHz 频率范围
- +20 dBm ~ -160 dBm 测量范围
- 分析带宽：40MHz
- 幅度精度：1.25dB@9KHz--3GHz
- 相位噪声：-118dBc/Hz@10KHz
- 最大采集时间：1S
- RBW:10Hz---10MHz
- 100%POI: 100uS
- DPX三维频谱：50mS---6400S



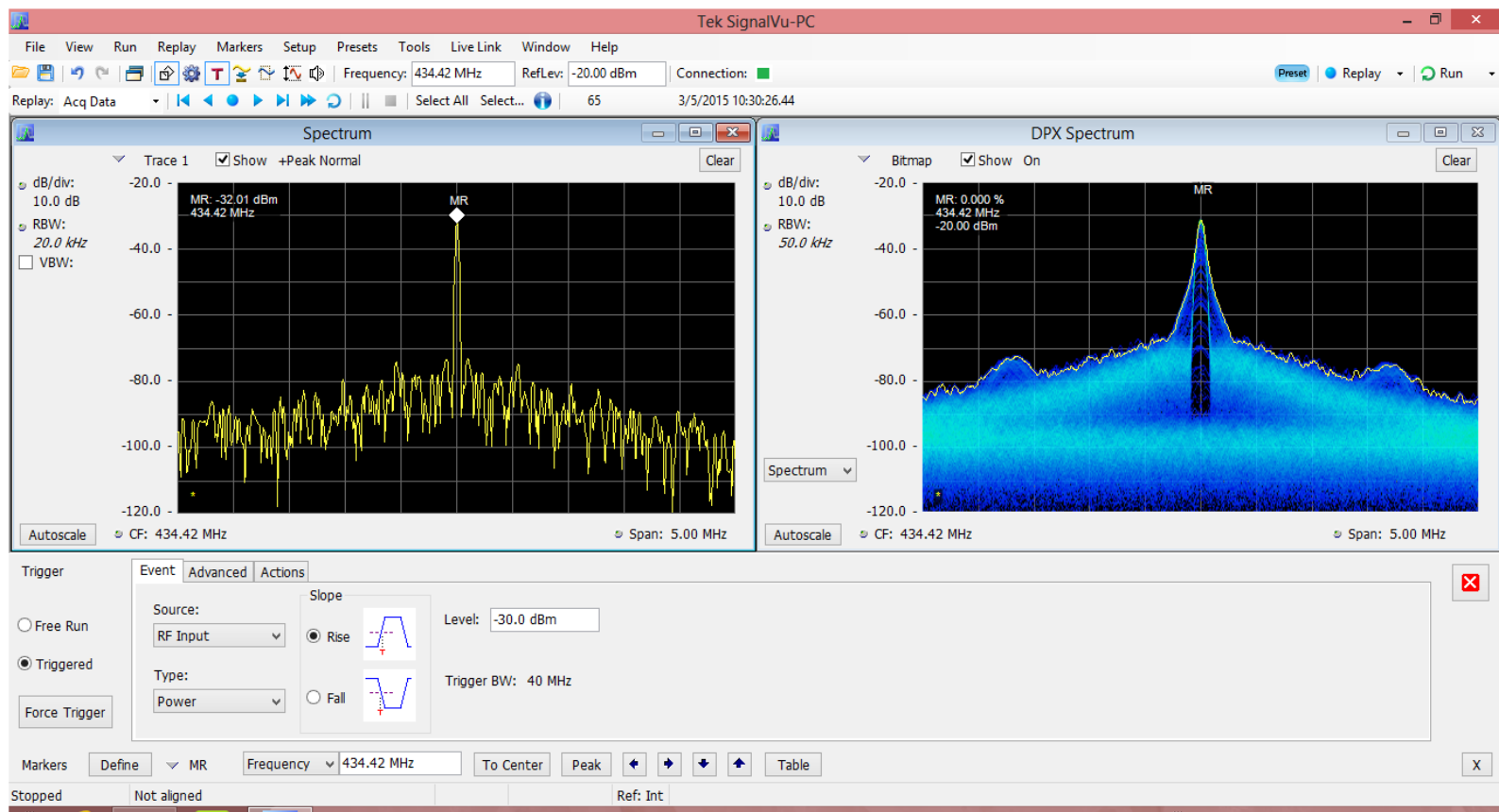
# RF IC的测试方案—发射测试

- RSA306: SignalVu-PC 标配17 个测量项目
- 特点
  - standards-based channel navigation
  - UI enhancements for tablets
  - Signal Strength with audio is now standard
- 应用
  - Signal Survey/classification
  - Mapping and Signal Strength (Updated with Smart Antenna support)
  - LTE Field Analysis
  - Bluetooth analysis
  - P25
  - 3 Wi-Fi measurements through AC
  - Playback of recorded signals
  - Gen. Purpose Modulation analysis
  - AM/FM/PM/Audio Analysis
  - Settling time
  - Pulse measurements
  - Flexible OFDM

## Measurements with free software

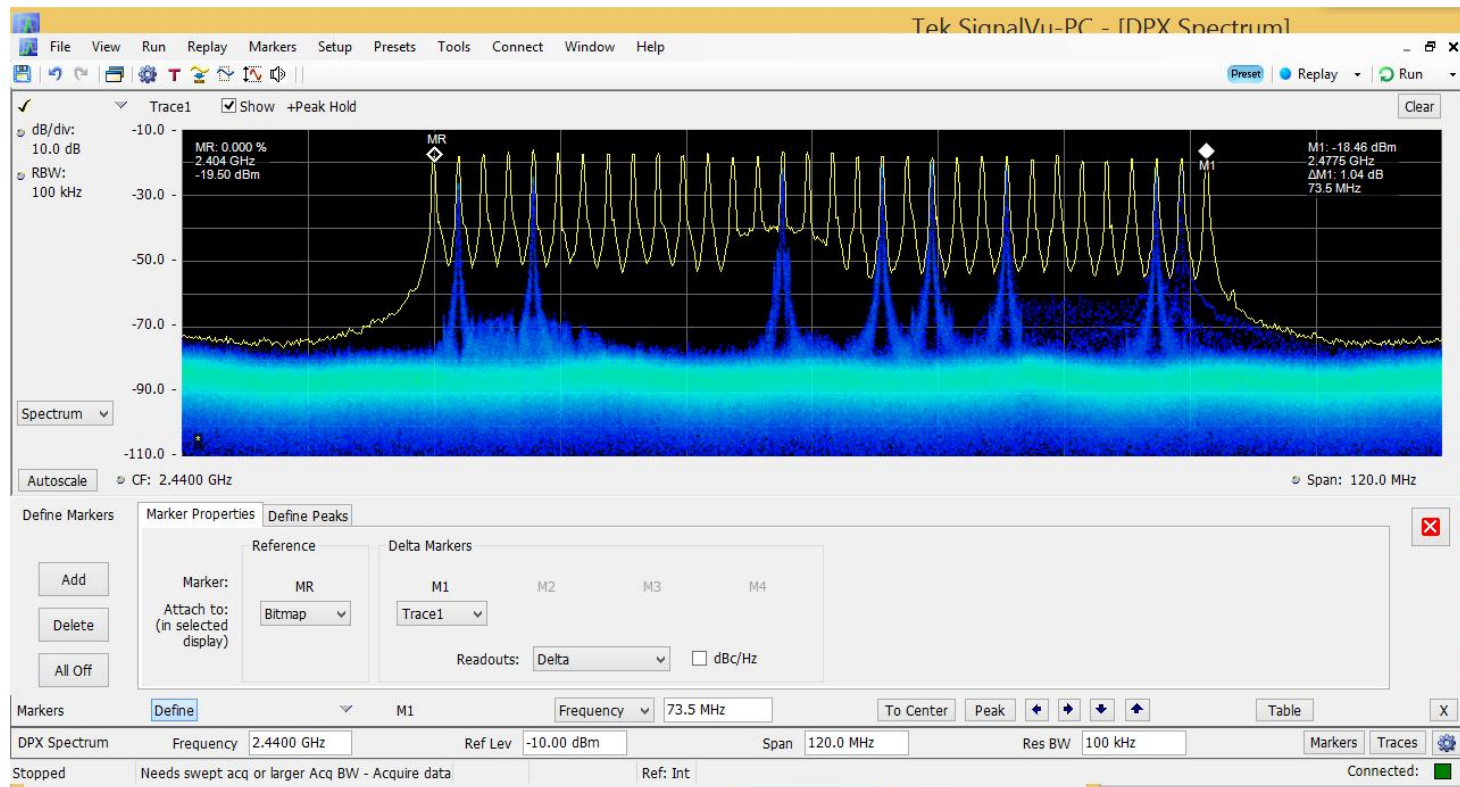


# RF IC的测试方案—发射测试



RSA306测量的RF IC的中心频率及功率，  
同时可以通过DPX技术看到RF的采集过程

# RF IC的测试方案—发射测试



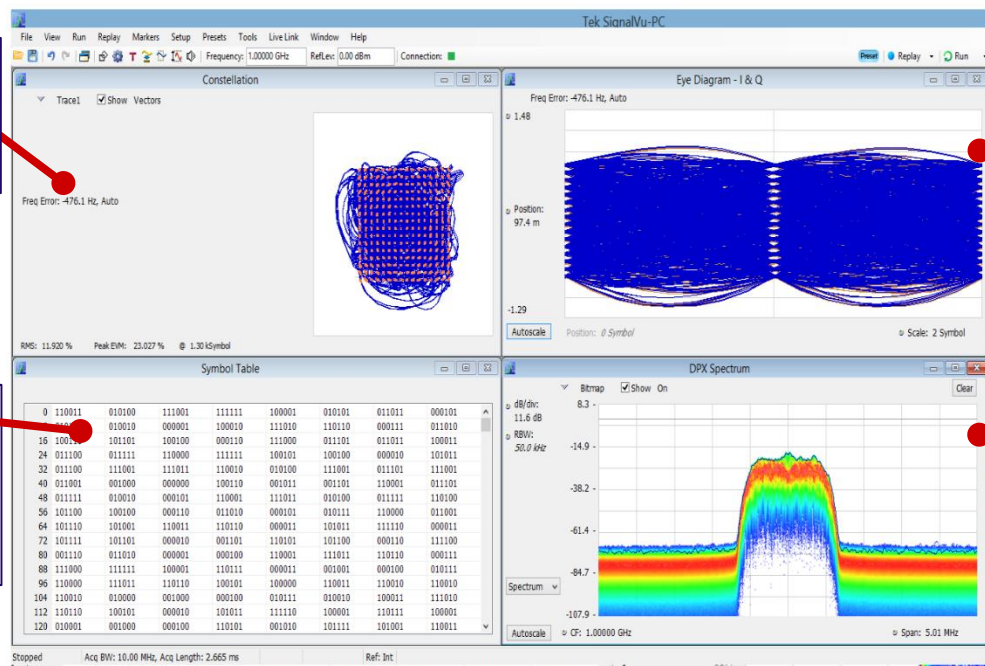
对于一些含有跳频的IC，DPX能够如图示的看到跳频的过程及细节，诸如跳频的时间及间隔也能很方便的测量



# RF IC的测试方案—发射测试

星座图  
给出解调后IQ  
信号及EVM结果

符号表  
给出解调后的1  
和 0 用于验证  
数据



眼图  
显示了 64-  
QAM 信号

DPX 频谱  
显示了频  
谱的实时  
变化

RSA306测量的RF IC多域测量结果

LTE  
WLAN  
P25  
Bluetooth

既支持常见的数字调制也可以测量常见的标准

BPSK  
QPSK  
8PSK  
16QAM  
32QAM  
64QAM  
128QAM  
256QAM  
PI/2DBPSK  
DQPSK  
PI/4DQPSK  
D8PSK  
D16PSK  
SBPSK  
OQPSK  
SOQPSK  
16APSK  
32APSK  
MSK  
CPM  
2FSK  
4FSK  
8FSK  
16FSK  
C4FM

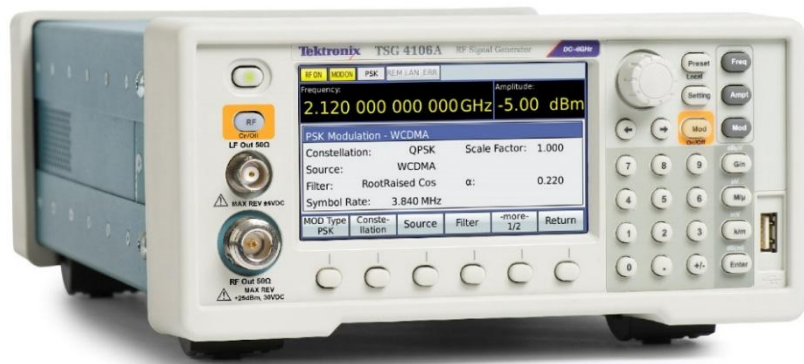
# 可以完成RF IC 频谱测量的泰克方案

## MDO4000B vs. MDO3000 vs. RSA306 vs. RSA5100B

	MDO4000B	MDO3000	RSA5100B	RSA306
频率范围	9 kHz to 3 GHz 9 kHz to 6 GHz	9 kHz to 3 GHz	1 Hz Up To 26.5 GHz	9 kHz to 6 GHz
带宽	Up to 3.75 GHz	Up to 3 GHz	Up to 165 MHz	40 MHz
SignalVu-PC 测量	Yes	No	NA – native FW = SignalVu-PC	Yes
实时	No	No	Yes – DPX, Advanced Triggers	Yes – DPX
功能	示波器，协议分析仪， 逻辑分析仪，频谱仪+ 矢量 SignalVu-PC	示波器，协议分析仪， 逻辑分析仪，频谱仪， 函数信号源，数字电 压表/频率计	频谱仪，矢量分析仪、 实时频谱仪	频谱仪，矢量分析 仪、实时频谱仪

# RF IC 接收测试

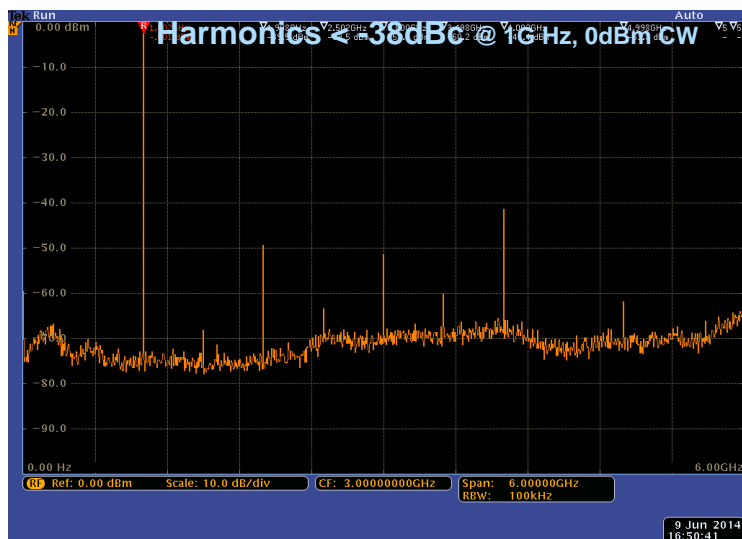
## TSG4100A-射频信号源



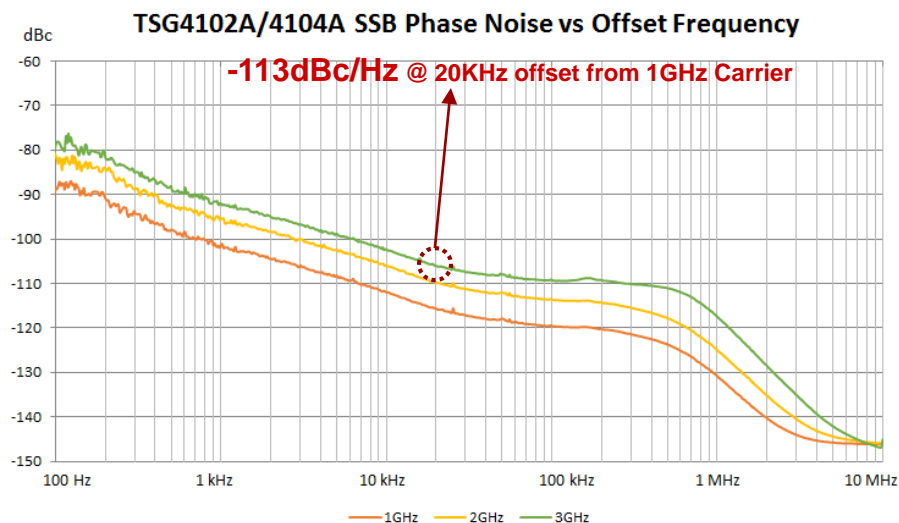
- 频率: True DC to 6GHz
- 幅度精度:  $< \pm 0.4\text{dB}$  (TYP), 1GHz CW from +16 to -100dBm
- 最高200MHz的调制带宽 (最大RF调制带宽 400M,  $F_c < 2.5\text{ GHz}$ )
- 模拟和数字调制能力
- 高稳时基 OCXO ( $< \pm 0.05\text{ppm/year}$ )

型号	频率 (GHz)	频率精度 ( $F_c=1\text{GHz}$ )	相噪 (0dBm, 1GHz @20KHz offset)	输出电平 (dBm)		矢量调制带宽 (内/外)	调制
				Min	Max		
TSG4102A	0 to 2	$\pm 52\text{Hz}$	$-113\text{dBc/Hz}$	-110	+16	6/200MHz	AM/FM/PM/Pulse
TSG4104A	0 to 4			-110	+16	6/200MHz	ASK/FSK/PSK/QAM/ CPM/MSK/VSF
TSG4106A	0 to 6			-110	+16*	6/200MHz	GSM/EDGE/TETRA/ NADC/W-CDMA/P- 25/DECT

# TSG4100A 性能



优异的谐波和杂散抑制，完全不产生sub-harmonics



相位噪声

出色的信号幅度精度(典型值)

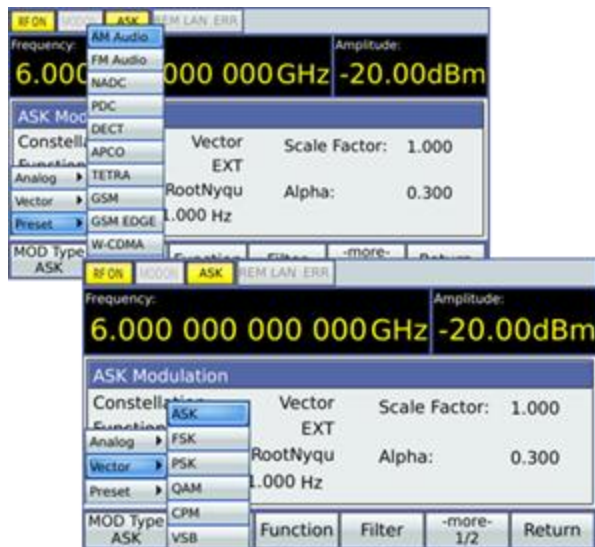
Freq / Ampt (dBm)	+16 to +10	+10 to -30	-30 to -60	-60 to -100	-100 to -110
10M to 100MHz	±0.2dB	±0.25dB	±0.35dB	±0.45dB	±0.60dB
100M to 2GHz	±0.15dB	±0.15dB	±0.25dB	±0.35dB	±0.60dB
2G to 4GHz	±0.3dB	±0.20dB	±0.35dB	±0.60dB	±0.80dB
4G to 6GHz	N/A	±0.30dB	±0.40dB	±0.75dB	±1.25dB

# TSG4100A 内部调制功能

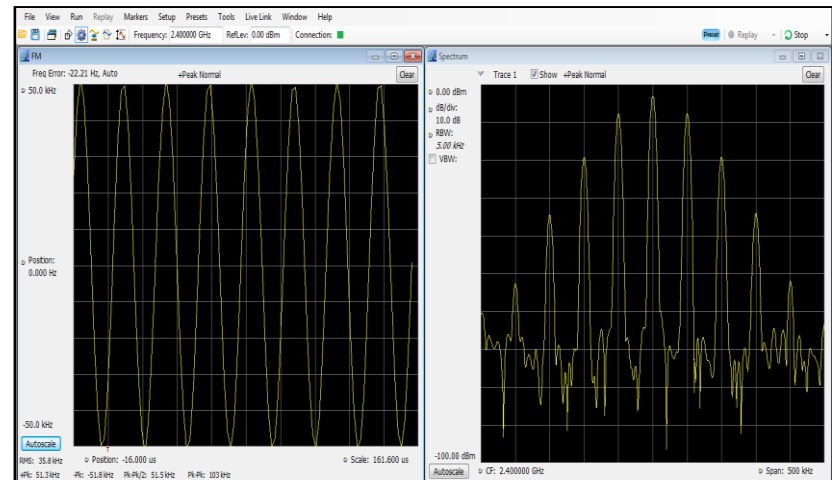
## ■ 模拟调制功能

- 幅度调制 (AM)
- 频率调制 (FM)
- 相位调制 (PM)
- 脉冲调制 (Pulse Modulation)

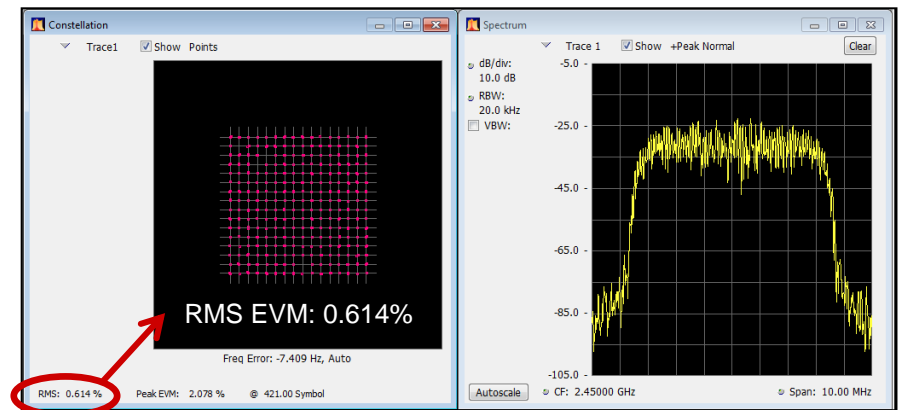
## ■ 内部矢量/数字调制功能



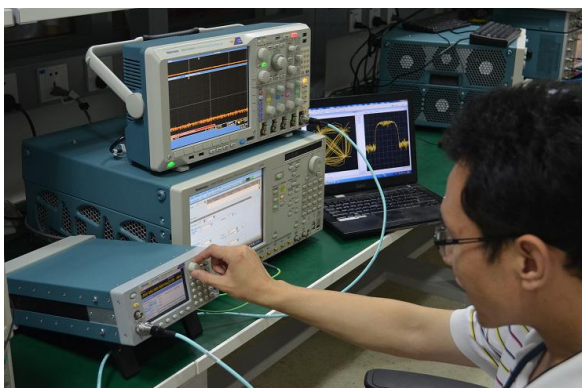
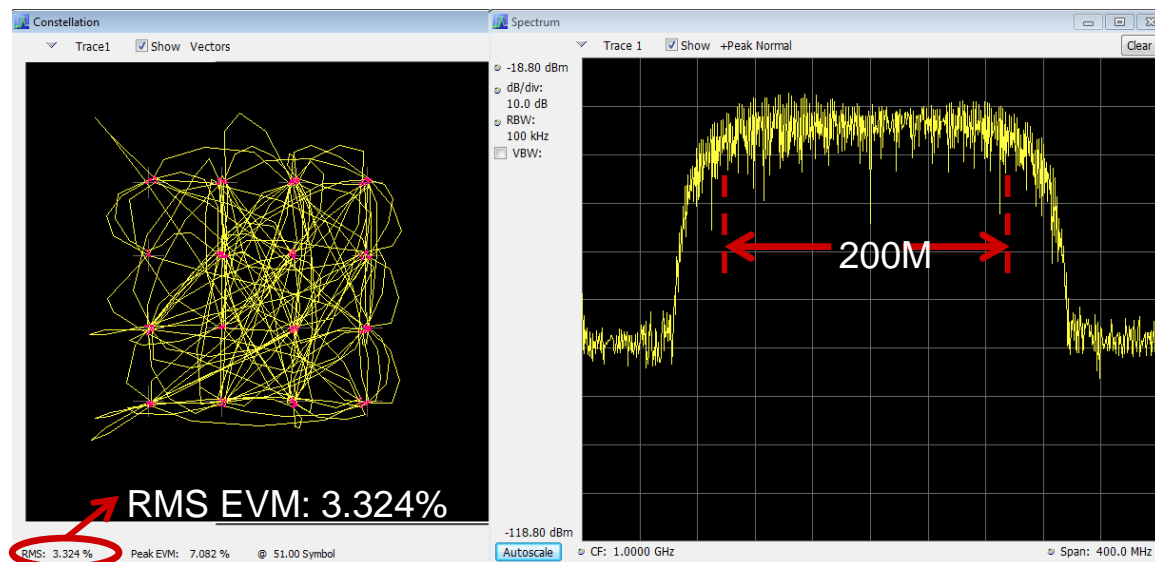
## FM Modulation



## 256QAM Modulation

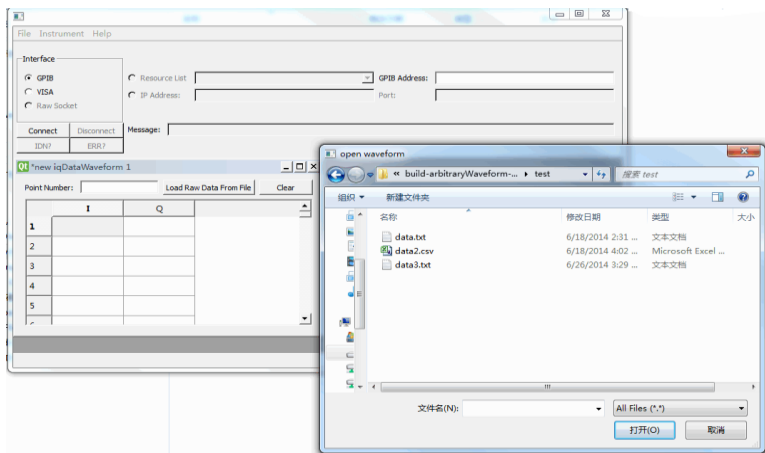


# TSG4100A 外部超宽带调制功能

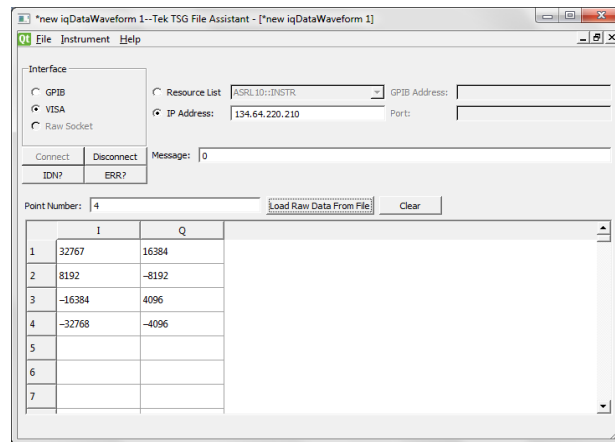


- 支持高达400 MHz的RF调制带宽，即I和Q路各200 MHz
- 在很大的带宽范围内保持高精度调制性能，确保超宽带调制信号的测量结果准确、可靠
- 市场上最具价格竞争力的超宽带调制信号产生方案

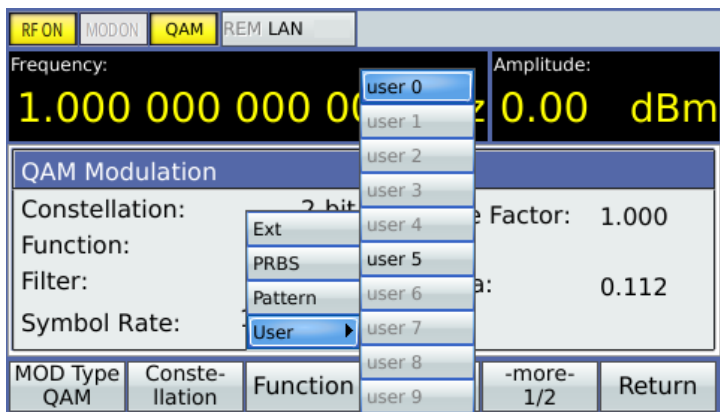
# 自定义波形文件的转换下载和波形的产生



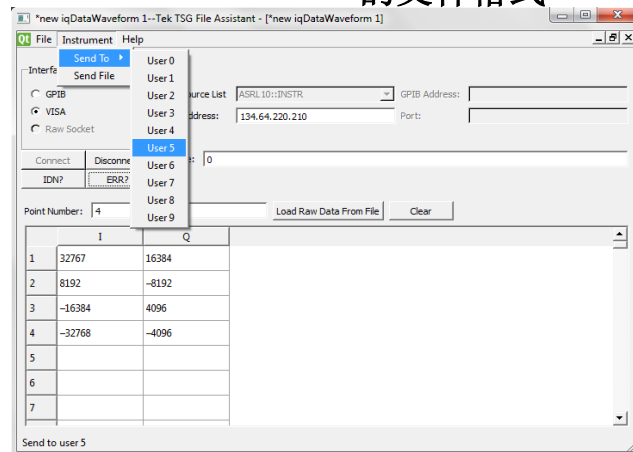
导入 IQ波形文件、数字滤波器文件和星座映射文件 (\*.txt/\*.csv)



通过 TSG File Assistant软件转化为TSG4100A可运行的文件格式

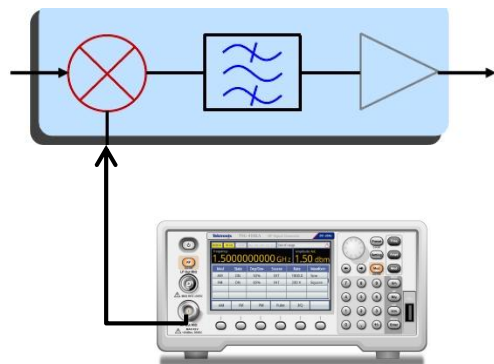


下载到仪器内存

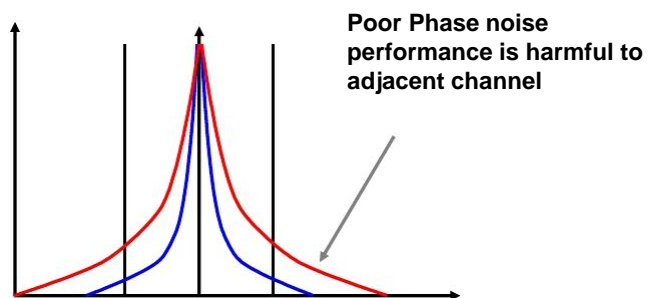




# RF元器件测试应用(1)

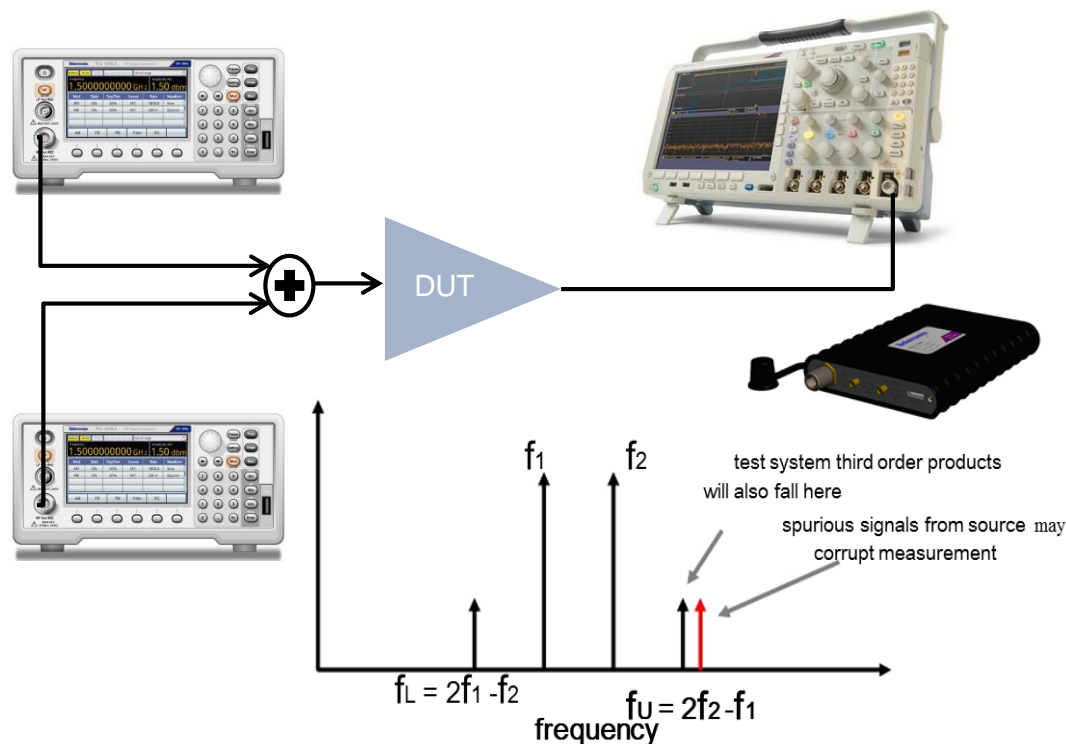


LO modular replacement



## 本振/本地时钟替代

- 最大输出幅度+16 dBm
- 极高的频率精度和频率稳定度
- 出色的相位噪声性能  
-113 dBc/Hz @ 1 GHz, 20 KHz offset

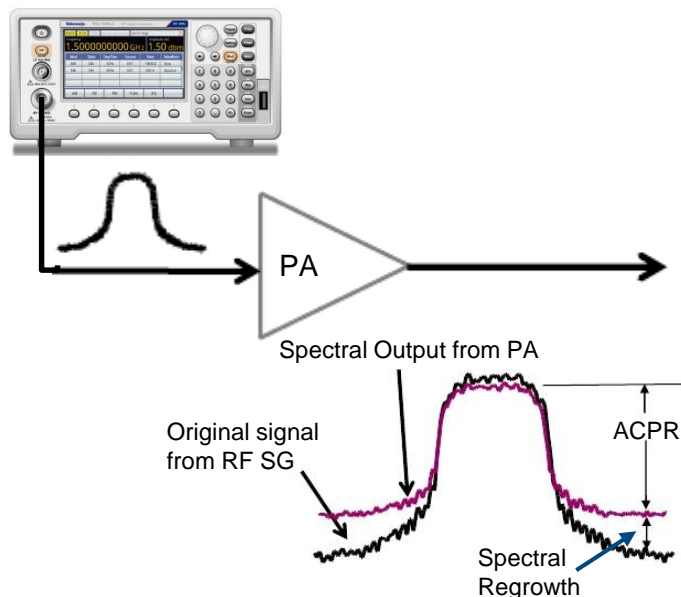


## 双音互调测试

- 优异的频谱纯净度  
<-68 dBc @1 GHz, >10 KHz offset
- 极高的频率精度和频率稳定度
- 最大输出幅度+16 dBm



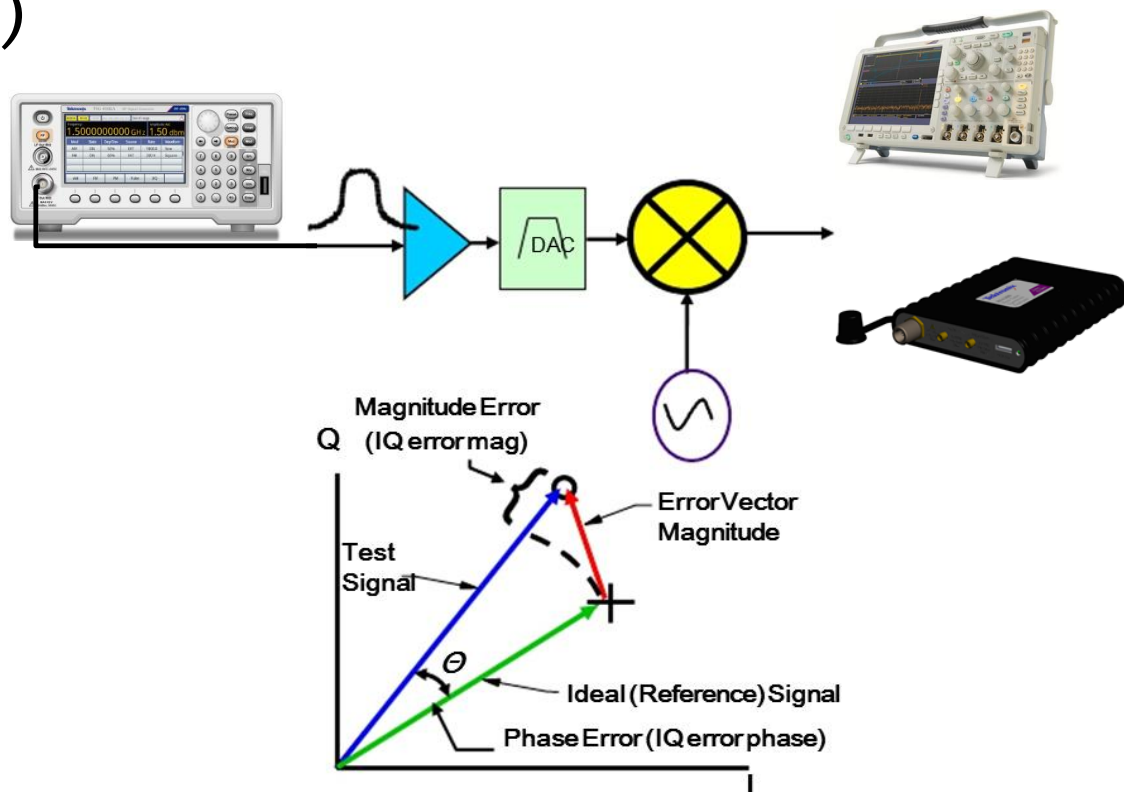
# RF元器件测试应用(2)



Component Distortion – ACPR Test

## ACPR性能测试

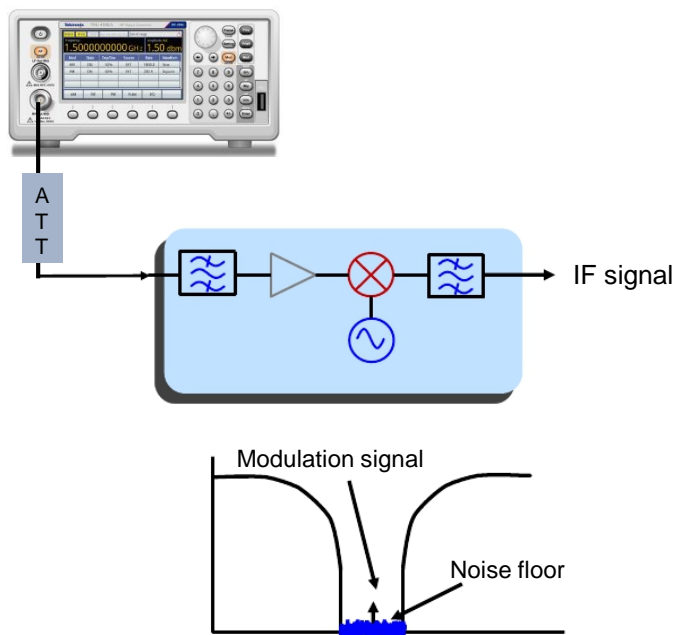
- 出色的幅度精度  
<  $\pm 0.3$  dB (> -30 dBm output)
- 极高的频率精度和频率稳定度
- 出色的相位噪声性能  
**-113 dBc/Hz @ 1 GHz, 20 KHz offset**
- 良好的ACPR性能  
**1 carrier W-CDMA <-60 dBc adjacent CH|@2.14 GHz, 0 dBm <-65 dBc alternate CH**



## EVM测试

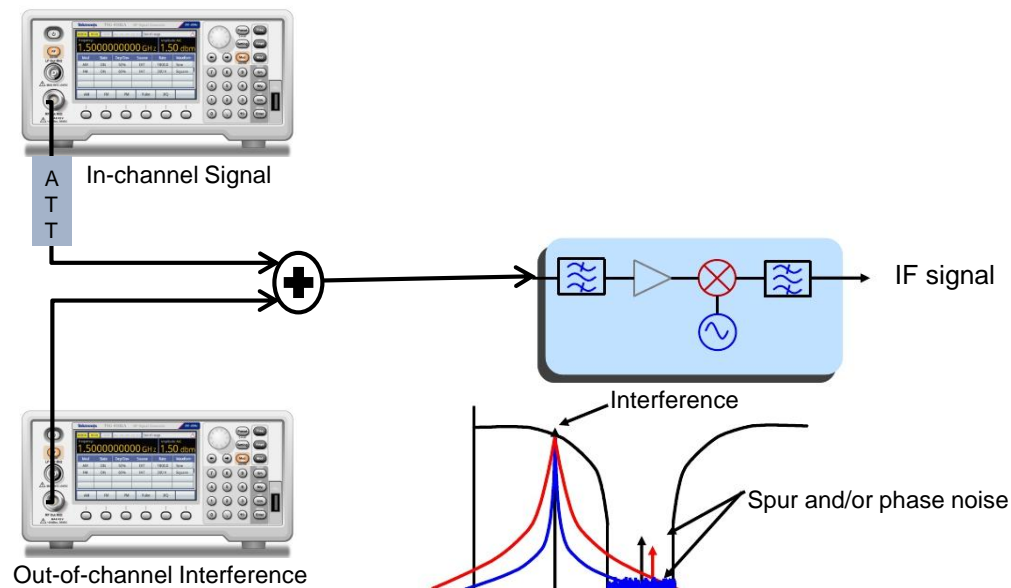
- 动态范围
- 支持多种调制格式/协议
- 射频通道和中频通道性能良好、稳定
- 信号源自身的EVM性能  
**RMS EVM: 1.6% 32QAM, (6 MS/s, 5.8 GHz, 0 dBm),**  
**RMS EVM: 1.1% 256QAM, (6 MS/s, 2.45 GHz, 0 dBm),**

# 接收机灵敏度测试



## 接收灵敏度测试

- 支持多种调制信号的产生
- 输出幅度范围:  $-110 \sim +16$  dBm
- 幅度精度  $< \pm 0.6$  dB  
( $\text{output level} > -100\text{dBm} @ 10\text{M Hz} < F_c < 4\text{ GHz}$ )
- 幅度分辨率  $0.01\text{dBm}$
- 噪底很低



## 接收机阻塞性能测试

- 优异的杂散抑制性能  
 **$< -68\text{dBc}$  @  $1\text{GHz}$ ,  $> 10\text{K Hz}$  offset**
- 出色的相位噪声性能  
 **$-113\text{dBc/Hz}$  @  $1\text{GHz}$ ,  $20\text{KHz}$  offset**
- 噪底很低

# 感谢您关注泰克

- 了解更多信息可登陆：

<http://info.tek.com/cn-internet-of-things-em.html>

- 可拨打全国免费电话：

400-820-5838

- 也可登录泰克官网：

<http://cn.tek.com/>

- 欢迎关注泰克微信公众平台  
微信公众号：Tektronixchina



