

MDO4000混合域示波器

嵌入式射频系统调测专家

2012年3月



1

内容

- 嵌入式射频系统—嵌入式系统发展的趋势

- 嵌入式系统的定义
- 传统嵌入式系统面临的测试挑战
- 嵌入式系统的发展

- MDO4000混合域示波器

- MDO4000 是什么
- 深入理解MDO4000
- MDO4000 的特色



- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症

- 验证嵌入式射频系统的工作情况
- 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
- 发现嵌入式射频系统潜在问题
- 查找嵌入式系统中的噪声
- 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
- 嵌入式射频系统中的调制域分析
- 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
- 嵌入式系统中的时域测试

2



内容

- 嵌入式射频系统—嵌入式系统发展的趋势

- 嵌入式系统的定义
- 传统嵌入式系统面临的测试挑战
- 嵌入式系统的发展

- MDO4000混合域示波器

- MDO4000 是什么
- 深入理解MDO4000
- MDO4000 的特色



- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症

- 验证嵌入式射频系统的工作情况
- 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
- 发现嵌入式射频系统潜在问题
- 查找嵌入式系统中的噪声
- 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
- 嵌入式射频系统中的调制域分析
- 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
- 嵌入式系统中的时域测试

3



嵌入系统无处不在

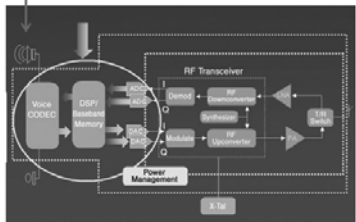


- 基本上今天的每一个电子产品都是一个嵌入系统！
 - 小到电子表
 - 大到各种复杂的控制系统

Tektronix®

嵌入式系统的定义

- 嵌入式系统实际上是专用的计算机系统
 - 非PC
 - 以应用为中心
 - 以计算机技术为基础
 - 适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求
- 传统嵌入式系统的组成
 - A/D, D/A, DSP, FPGA
 - 闪存
 - NAND, NOR
 - 嵌入式CPU系统
 - 电源
 - 并行总线
 - 串行总线
 - I²C, SPI, RS-232, CAN等

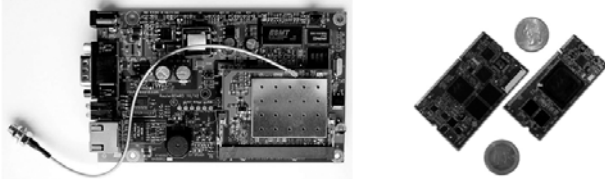


注意：以上技术包括了模拟，串行和数字技术混合信号

Tektronix®

嵌入式系统的特点及设计要求

- 专用性 — 为特定用户群设计
- 高集成度 — 可靠性及性价比要求高
- 实时性
 - 嵌入式系统的硬件和软件都必须高效率地设计，同步工作



Tektronix®

传统嵌入式系统设计调试的挑战

- 可靠性测试
 - 各组成部分一致性测试
 - 各组成部分故障排查
 - 各组成部分潜在问题的发现
 - 偶发毛刺
 - 串扰
 - 噪声
 -
- 对测试仪器的要求
 - 具有混合信号测试能力
 - 具有快速发现问题的能力
 - 具有一致性测试能力
- 定时分析
 - 降低控制信号时延可提高嵌入式系统工作效率
 - 分析总线信号与控制信号间的时序关系可提高嵌入式系统编程效率
- 泰克MSO系列示波器是嵌入式系统测试专家

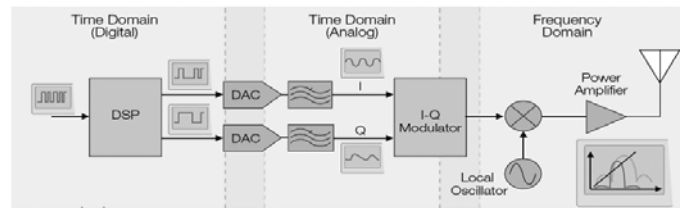
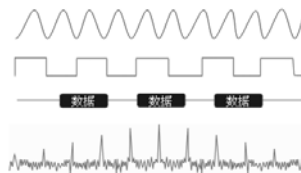


7

今天的嵌入式系统

射频无处不在

模拟、数字、总线与射频信号同时存在，相互关联



8

今天的嵌入式系统

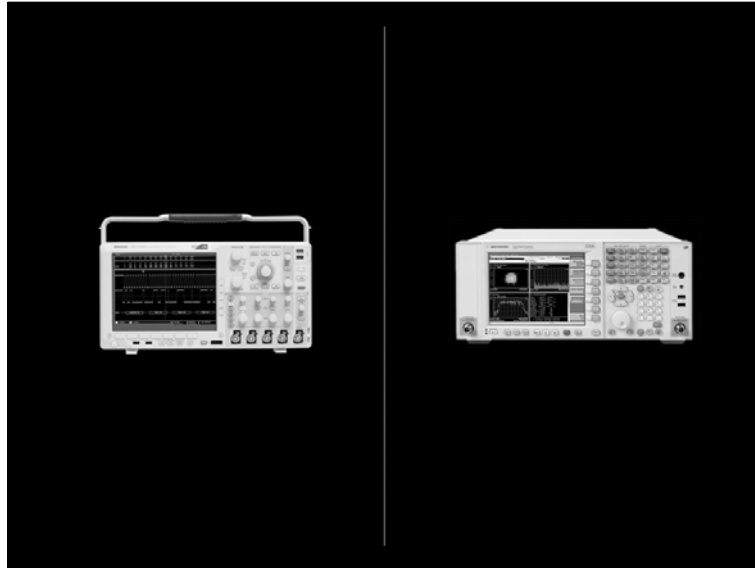
- 射频无处不在
 - 电脑
 - 手机
 - 数码相机
 - 公交收费系统
 - 门禁系统
 - ETC
 - 传感系统
 - 汽车电子
 - 安防系统
 -
 - 物联网
 - 通讯系统
- 射频通信标准繁多
 - WLAN, 蓝牙
 - WLAN, 蓝牙
 - Transfer Jet
 - RFID
 - RFID
 - RFID
 - ZigBee, 其它
 - 广播, WLAN, 蓝牙
 -
 - RFID, ZigBee, TD-LTE
 - GSM/CDMA/3G/4G/.....



保证所有单元同步，依然是嵌入式射频系统的关键

如何测试射频信号与控制信号的定时关系？

9



内容

▪ 嵌入式射频系统 – 嵌入式系统发展的趋势

- 嵌入式系统的定义
- 传统嵌入式系统面临的测试挑战
- 嵌入式系统的发展

▪ MDO4000 混合域示波器

- MDO4000 是什么
- 深入理解MDO4000
- MDO4000 的特色




▪ MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症

- 验证嵌入式射频系统的工作情况
- 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
- 发现嵌入式射频系统潜在问题
- 查找嵌入式系统中的噪声
- 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
- 嵌入式射频系统中的调制域分析
- 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
- 嵌入式系统中的时域测试

12

泰克 MDO4000系列混合域示波器

全球最受欢迎的MSO4000B 混合信号示波器



内置频谱分析仪

- 专用射频路径
- 3或6 GHz输入
- ≥ 1 GHz带宽

13 Tektronix®

泰克 MDO4000系列混合域示波器

多达21条通道时间相关的测试



混合信号示波器控件

传统时域显示

创新频域显示

专用频谱分析控件

射频输入 w/ N型端口

示波器接口


示波器控件

逻辑分析控件

逻辑分析接口

14 Tektronix®

泰克 MDO4000系列混合域示波器



起订价 USD23,300

型号	模拟通道	模拟带宽	数字通道	射频通道	射频频率范围
MDO4054-3	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4054-6	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 6 GHz
MDO4104-3	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4104-6	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 6 GHz

USD33,300

15 Tektronix®

泰克 MDO4000系列混合域示波器

集多种仪器功能于一台示波器

- 示波器
- 逻辑分析仪
 - 协议分析仪
 - 总线解码
 - 总线时序分析
- 频谱分析仪
 - 调制域分析仪

深度仅 5.8英寸!



16

Tektronix

MDO4000射频调制域分析

- 测试射频信号 AVT、FVT及PVT
- 射频信号转存为TIQ格式进行后台分析

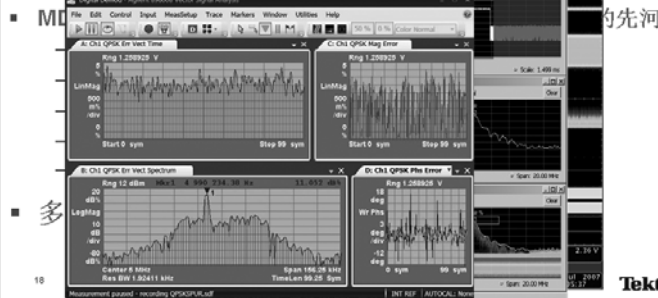


17

Tektronix

MDO4000 是几台仪表的拼凑?

- 绝非如此!!
- 现有通用测试仪器仅能进行同域信号的时间相关分析
 - MSO示波器仅对各模拟通道及数字通道之间进行时间相关分析
 - RTSA
 - VSA

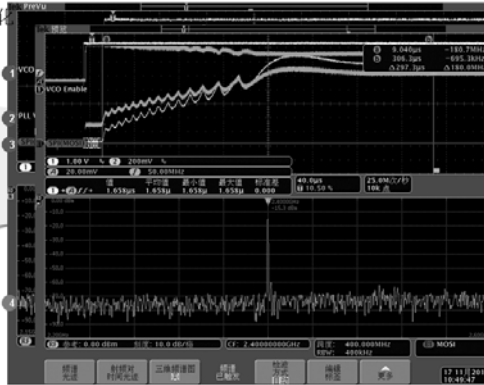
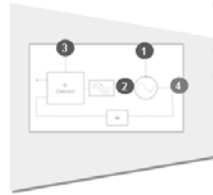


18

Tektronix

MDO 特色 – 时间相关的不同信号跨域联合显示

捕获时间相关的模拟、数字和射频信号
了解射频频谱随时间变化



19

内容

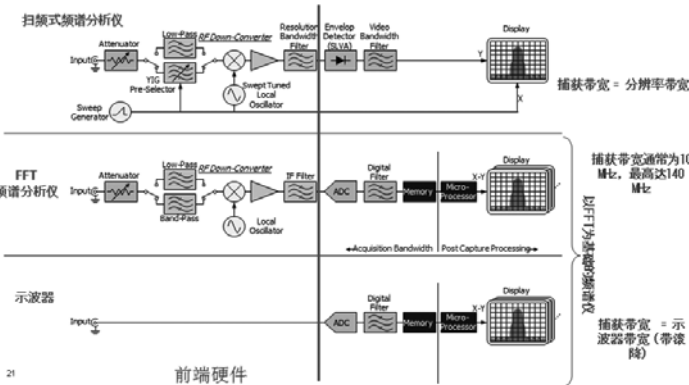
- 嵌入式射频系统 – 嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



20

几种不同的频谱分析方法比较

- 扫频频谱分析 (SA)、FFT 频谱分析 (VSA/RTSA)、示波器
 - 分析带宽不同 (示波器 > VSA/RTSA > 频谱仪)
 - 动态范围 (示波器 < VSA/RTSA < 频谱仪)
 - 无跨域分析能力



21

MDO4000 架构

经过优化的射频信号采集专用硬件

- N-接口
- 硬件下变频电路
- 集成的前置放大器
- 射频步进衰减器
- 提高了射频动态范围

绝不是传统的示波器FFT功能

- 独立的射频通道
 - 分析带宽保证1GHz
 - 具有调制域分析能力
 - 具有时间相关跨域分析能力
 - 时域通道与射频通道具有相同的时钟及触发机制

MDO4000 综合了示波器及VSA/RTSA的频谱分析优点!

MDO4000射频采集带宽

- MDO 下变频频段交叉
 - 保证最小1GHz采集带宽（接近频段极限处除外）
 - 中心频率在1.85GHz时可以达到最大的采集带宽 3.7GHz
 - 中心频率在4GHz时，采集带宽最小，1GHz

混合域示波器专用RF通道结构

MDO 4000射频采集时间

- MDO 的采集时间通过调整时基控制
 - 低于特定跨度下射频最大采集时间时射频与时域采集时间相同
 - 高于上述时间则时域时间可以增大
 - 各时间关系如下图

Span	RF Acquisition Time
>2 GHz	2.5ms
>1 GHz-2 GHz	5ms
>800 MHz-1 GHz	10ms
>800 MHz-800 MHz	12.5ms
>400 MHz-500 MHz	20ms
>250 MHz-400 MHz	25ms
>200 MHz-250 MHz	40ms
>160 MHz-200 MHz	50ms
>125 MHz-160 MHz	62.5ms
<125 MHz	79ms (max)

MDO4000 频谱分析时间

- 频谱分析时间
 - $=Wf/RBW$
 - 改变RBW 频谱分析时间变化明显

Window	Window Factor	Spectrum Time
Kaiser (Default)	2.23	223 us
Rectangular	0.89	89 us
Hanning	1.30	130 us
Hanning	1.44	144 us
Blackman-Harris	1.90	190 us
Flat-Top	3.77	377 us

26

Tektronix

内容

- 嵌入式射频系统 - 嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试

26

Tektronix

MDO 特色 - 时间相关的不同信号跨域联合显示

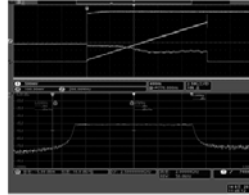
捕获时间相关的模拟、数字和RF信号
了解RF频谱随时间变化

27

Tektronix

MDO 特色 – 高性能宽带调制域分析

- 具有 RF 信号的调制域分析功能
 - AvT, FvT, PvT
 - 输出 TIQ 后分析
 - 动态范围高于宽带示波器
 - 60dB vs 45dB
 - 分析带宽远高于频谱仪或矢量信号分析仪
 - 保证最小1GHz采集/分析带宽
 - 高速跳频带宽通常大于200MHz
 - 线性调频雷达带宽通常大于500MHz
 - 弥补泰克实时频谱仪的不足
 - 10G/S采样率保证皮秒级时间分辨率



28

Tektronix®

MDO 特色 – 五合一系统

- 对任何既需要示波器，又需要频谱仪的客户，MDO 将体现性价比优势
 - 相当于MSO4000B 示波器 + 中档频谱仪（指标优于入门级频谱仪）
 - 价格优于分别购买同档次两台仪表
 - 即使客户不需要混合域分析，此功能也可作为亮点
 - 用500M带宽示波器可分析3GHz载频的调制信号
 - 选配TPA-N-VPI 适配器可以把任何有源50Ω TekVPI 探头连接到RF 输入上



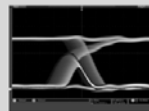
29

Tektronix®

MDO 特色 – 完备的混合信号示波器

基于泰克 MSO4000B 混合信号示波器

发现



- 高达50,000 wfms/s的波形捕获速率
- 亮度等级数字荧光显示

捕获



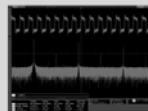
- 最多4条模拟通道 + 16条数字通道
- 高达10 M记录长度
- 完整的触发功能，包括串行数据包内容触发
- 5x过采样率（模拟）
- MagniVu™ 高速采集（数字）

搜索



- Wave Inspector® 控制功能
 - 滚动/缩放
 - 播放/暂停
 - 用户标记
 - 自动搜索和标记模拟数据、数字数据、串行总线和并行总线数据

分析



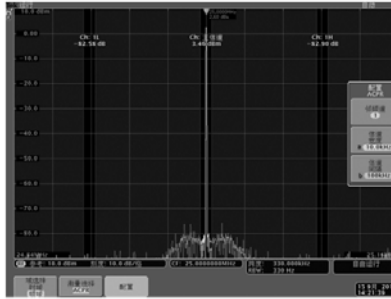
- 29种自动测量功能
- 高级波形数学运算
- 专用应用支持
 - 并行总线分析
 - 串行总线分析
 - 电源分析
 - 视频调试

30

Tektronix®

MDO 特色 – 完备的通用频谱分析仪

- 50 kHz - 3 GHz 或 50 kHz - 6 GHz 频率范围
- ≥ 1 GHz 的超宽捕获带宽
- < -140 dBm/Hz DANL
- 射频信号 幅度随时间变化, 频率随时间变化, 相位随时间变化
- 三维频谱
- 信道功率, ACPR, OBW 测试



31

Tektronix®

MDO 特色总结

- 三大要素
 - 时间相关跨域分析
 - 宽带、高时间精度调制域分析
 - 五合一系统
- 两个基本点
 - MSO4000B 示波器为核心
 - 基本通用频谱分析仪为扩展
- 多个真正的业内第一
 - 业内第一款 集成频谱分析仪的示波器
 - 业内第一款 集成的模拟, 数字, 射频采集系统
 - 业内第一款 实现频谱分析与时域分析时间相关跨域分析
 - 业内第一款 实现最高达3 GHz的捕获带宽
 - 业内第一款 拥有综合射频触发
 - 业内第一款 拥有自动射频标记
 - 业内第一款 提供电流、电压、差分射频探头



❖ 获得业内多项创新奖

Tektronix®

内容

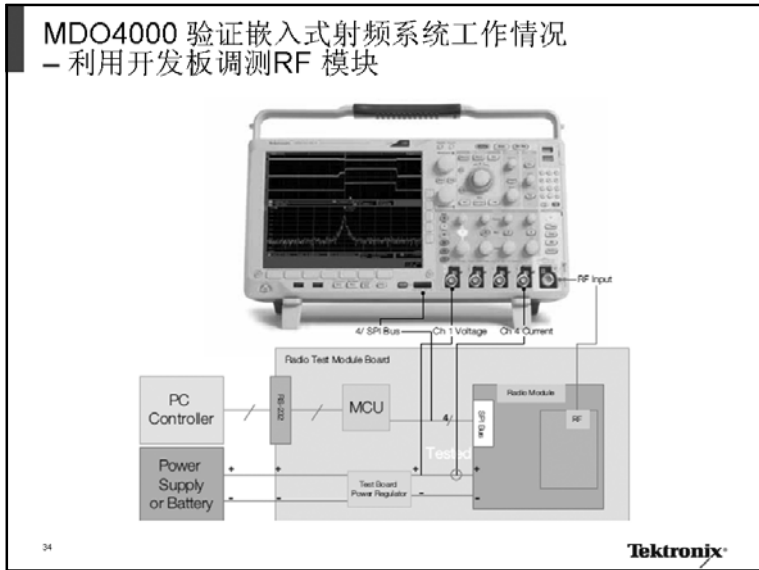
- 嵌入式射频系统 – 嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



33

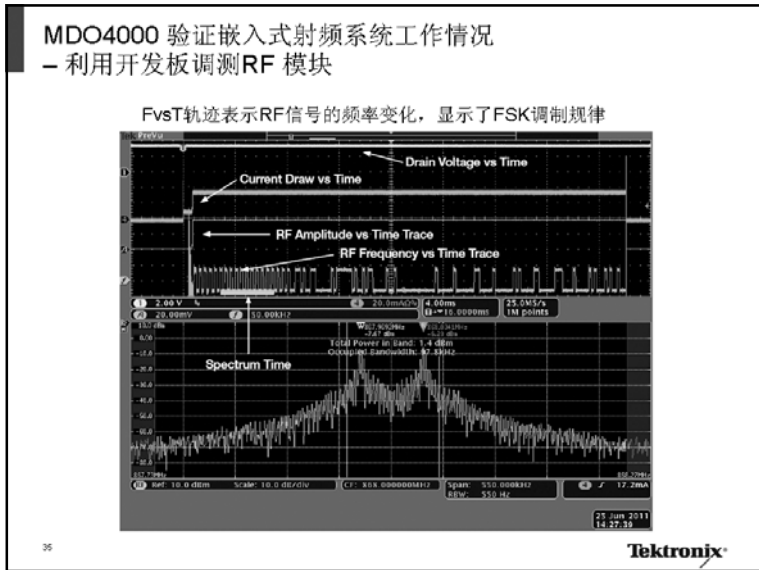
Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- 利用开发板调测RF 模块



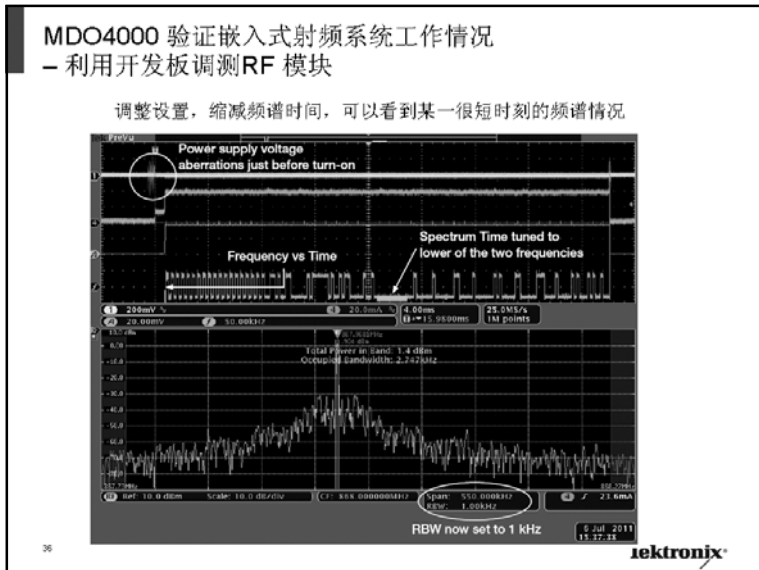
MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- 利用开发板调测RF 模块

FvsT轨迹表示RF信号的频率变化，显示了FSK调制规律

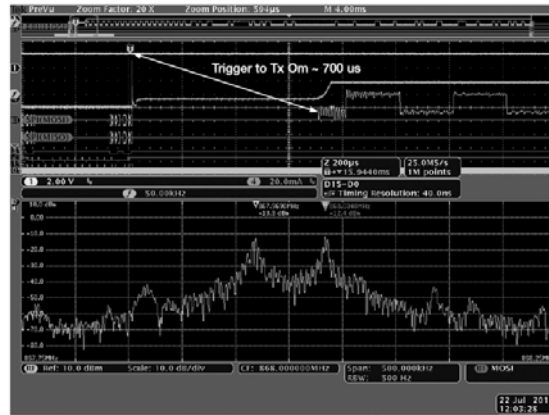


MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- 利用开发板调测RF 模块

调整设置，缩减频谱时间，可以看到某一很短时刻的频谱情况



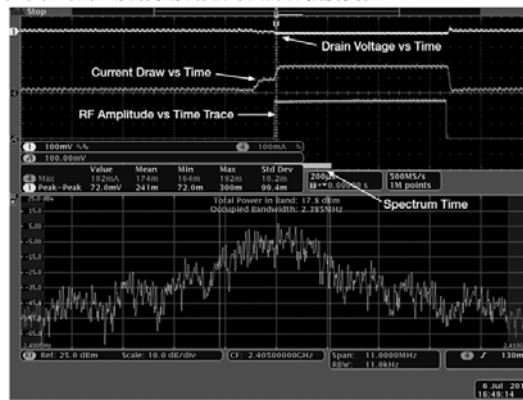
MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- 利用开发板调测RF 模块



37

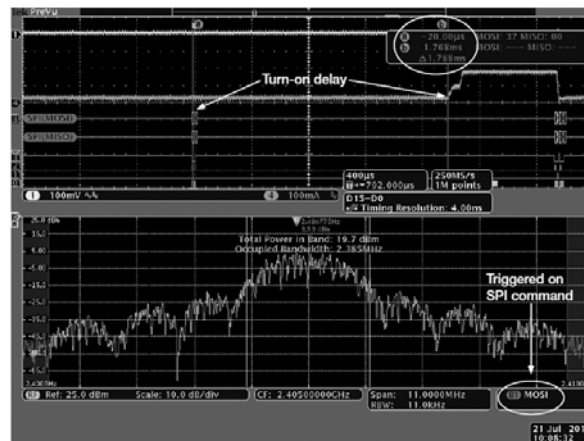
MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- 利用开发板调测RF 模块

增加了信道功率和占用带宽参数测量，RF信号的AvsT曲线，表示在时间上发射机发射信号的脉冲幅度变化



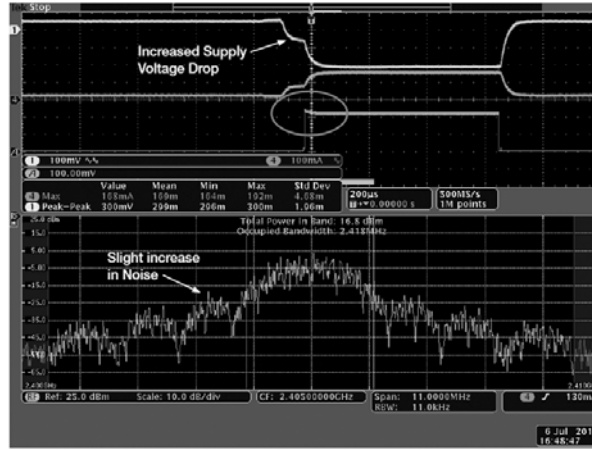
38

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- 利用开发板调测RF 模块



39

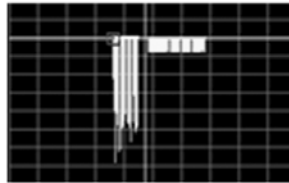
MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- 利用开发板调测RF 模块



40

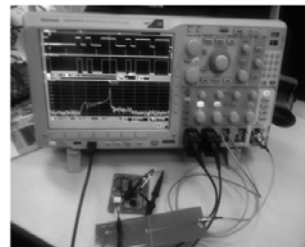
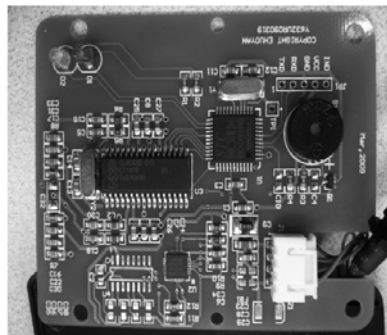
MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- RFID 读卡器工作情况

- RFID标准测试项目多。
 - 包括时域参数
 - 包括频域参数
 - 包括调制域参数
 - 要求各域参数时间相关
- 对 RFID 测试仪器的要求
 - 需要优异的触发机制捕获间歇微功率信号、跳频信号等
 - 需要具备基本的时域、频域分析能力
 - 需要具有调制域分析能力测试 RFID 解调信号波形
 - 需要跨域分析能力调测嵌入式 RF 系统
 - 需要逻辑分析能力解决竞争冲突

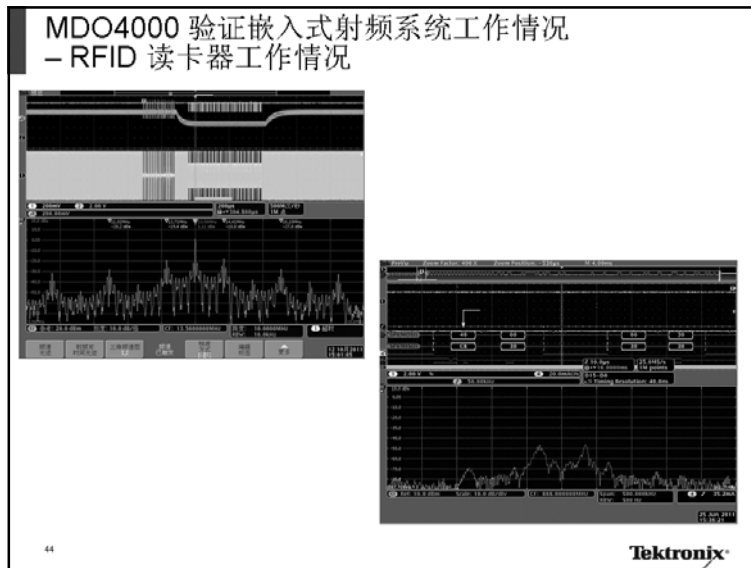
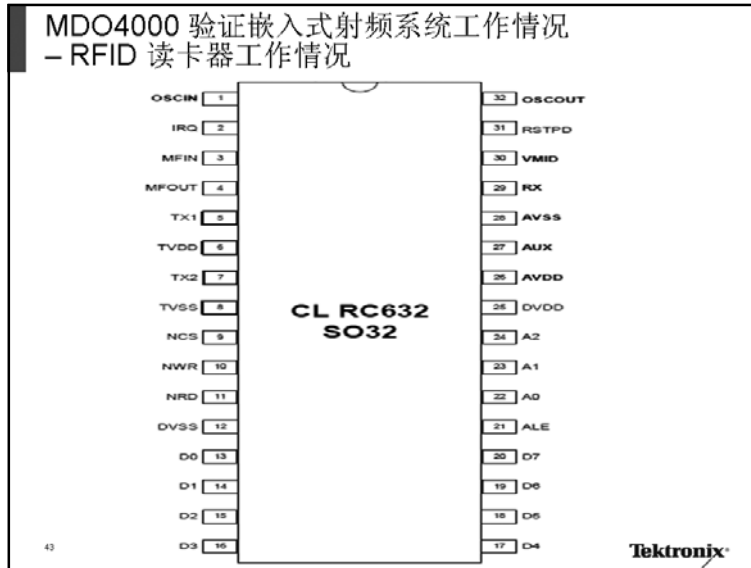


41

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- RFID 读卡器工作情况



42



MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况
- RFID 读卡器工作情况

Measure menu	Measurement items
Carrier	<ul style="list-style-type: none"> Carrier frequency OBW (Occupied Bandwidth) EBW (Emission Bandwidth) Maximum EIRP (Effective Isotropically Radiated Power)
Spurious	<ul style="list-style-type: none"> Spurious
ACPR	<ul style="list-style-type: none"> ACPR (Adjacent Channel Leak Power Ratio)
Power On/Down	<ul style="list-style-type: none"> Transmission Power on/down rise/fall time Settling time Overshoot Undershoot
RF Envelope / FSK Pulse	<ul style="list-style-type: none"> On/Off width Duty cycle On/Off ripple Rise/Fall time
Constellation	<ul style="list-style-type: none"> Modulation depth
Eye Diagram	<ul style="list-style-type: none"> Modulation index Frequency error
Symbol Table	<ul style="list-style-type: none"> Bit rate or Tari

调制域分析仪项目

■ 验证RFID 设备是否符合相关标准

频谱仪测试项目

示波器/频谱仪测试项目

- RF envelope / FSK pulse
- Constellation
- Eye diagram
- Symbol table

Power on

Interrogator-to-Tag signaling (command)

Tag-to-Interrogator signaling (response)

Power down

- Carrier
- Spurious
- ACPR

Time

45

Tektronix

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – RFID 读卡器工作情况

- 900 MHz 以下RFID信号
 - MDO4000 示波器功能直接测试时域指标
 - MDO4000 频谱仪功能直接测试频域指标
 - MDO4000 AvT 或 FvT 功能直接读出简单ASK或FSK代码

46

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – RFID 读卡器工作情况

- MDO4000 可转存为TIQ文件后利用RSAVu 进行台分析RFID全部指标

47

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

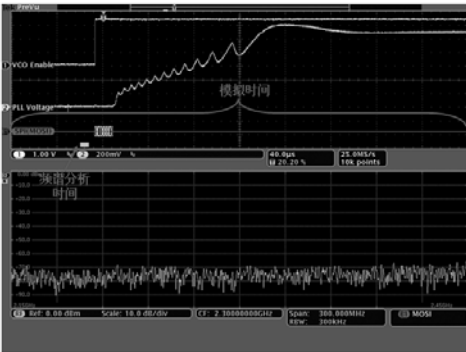
- 当时域和频域信号同时显示时，频谱总是通过触发捕获得到的，在时间上与整个时域波形相关
- 橘黄色的横条指明了频谱来自于什么时刻
- 橘黄色横条被称作**频谱分析时间**
 - 请注意在全波形缩略图上也有相应标记
- 时域波形的时间称作**模拟时间**
 - 通过水平刻度旋钮调节

48

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么

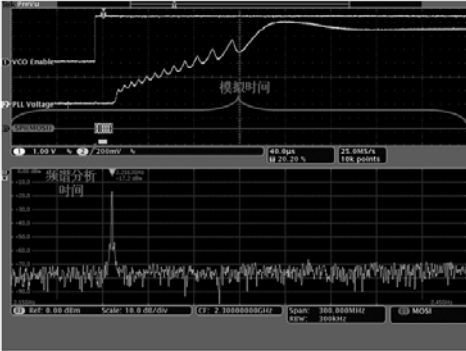


49

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么

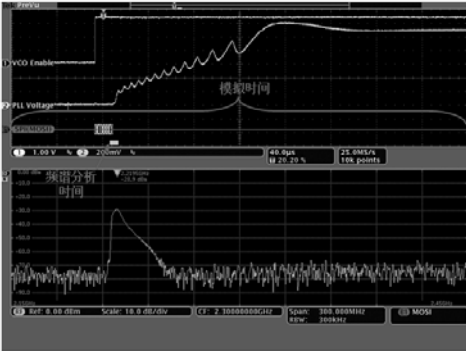


50

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么

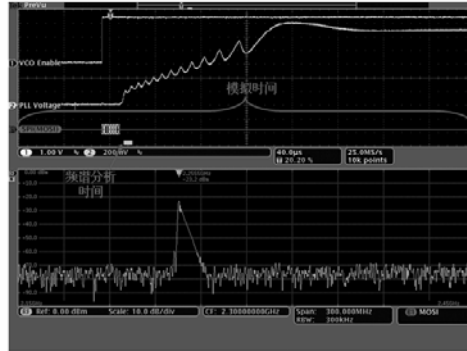


51

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么

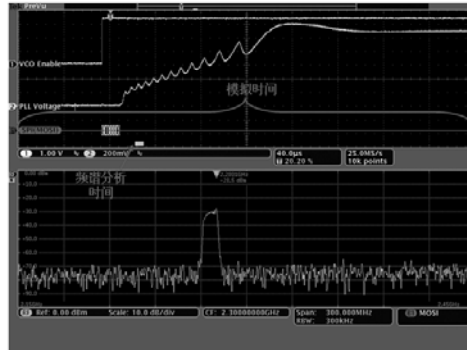


52

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么

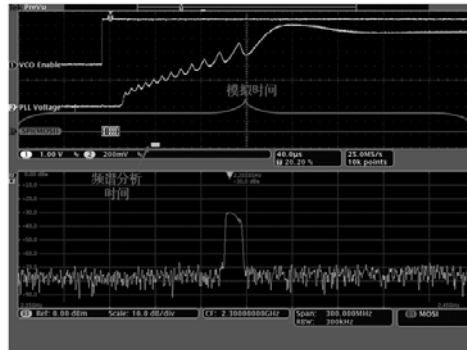


53

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么

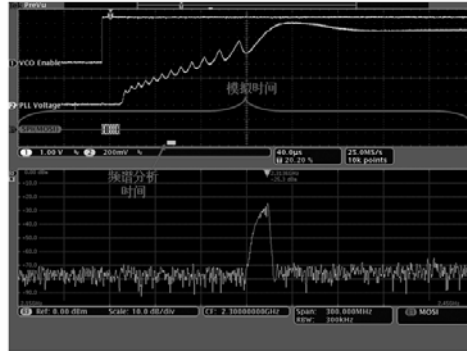


54

Tektronix®

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

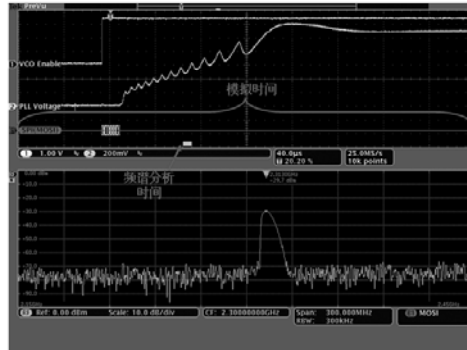
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



56

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

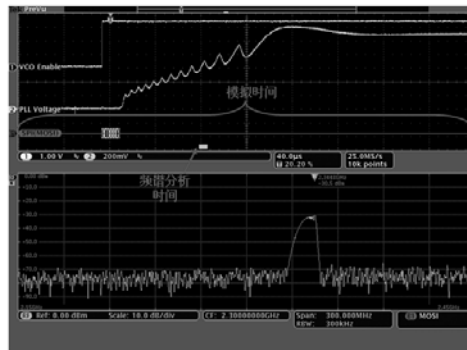
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



56

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

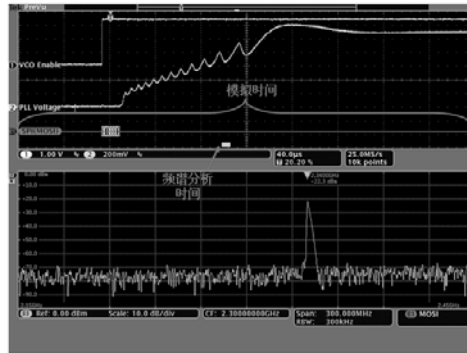
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



57

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

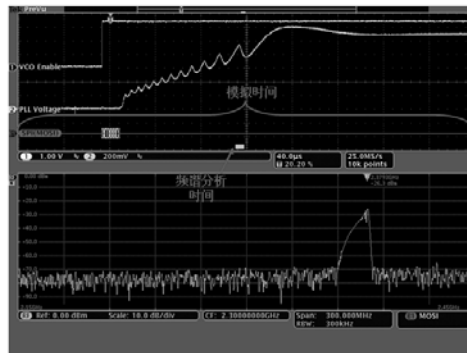
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



58

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

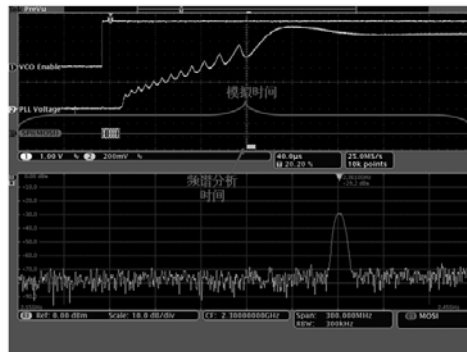
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



59

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

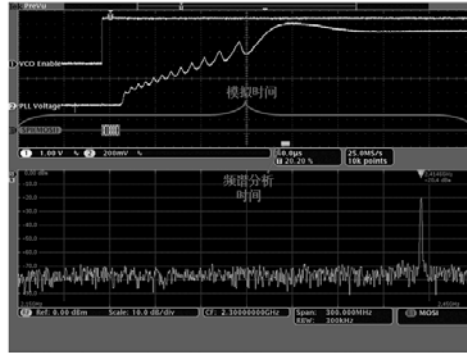
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



60

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

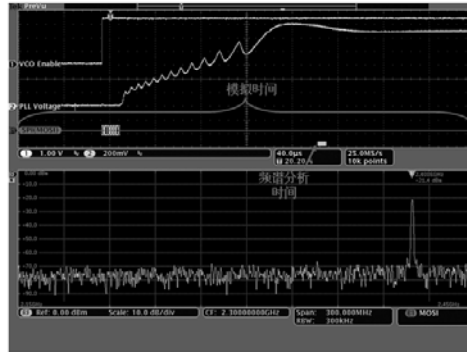
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



61

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

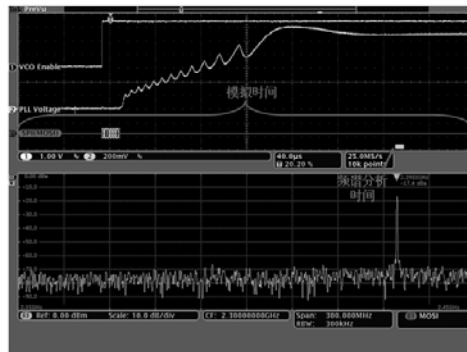
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



62

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

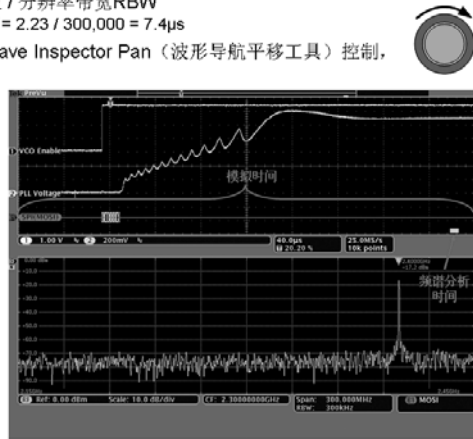
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = $2.23 / 300,000 = 7.4\mu s$
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



63

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

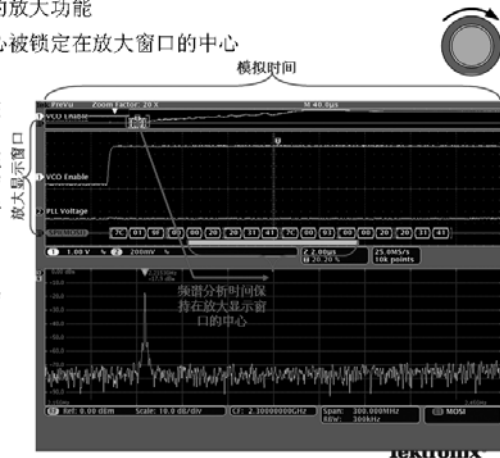
- 频谱分析时间 = 窗口参数 / 分辨率带宽RBW
 - 在本例中: 频谱分析时间 = 2.23 / 300,000 = 7.4μs
- 频谱分析时间可以使用Wave Inspector Pan (波形导航平移工具) 控制, 沿模拟时间移动
- 用户可以在一次采集后观测整个过程的频域变化
- 如屏幕显示:
 - 我们捕获了VCO/PLL启动过程
 - SPI 总线信号命令设定 VCO频率值
- 让我们看看频谱分析时间沿模拟时间移动时会发生什么



64

MDO4000 验证嵌入式射频系统工作情况 – 锁相环建立

- 现在打开波形导航的放大功能
- 频谱分析时间的中心被锁定在放大窗口的中心
- 由于放大窗口可以在整个模拟时间内平移, 频域窗口可以完全连续显示和放大窗口时间相关频谱的情况
- 让我们看看放大窗口在模拟时间内平移会发生什么



65

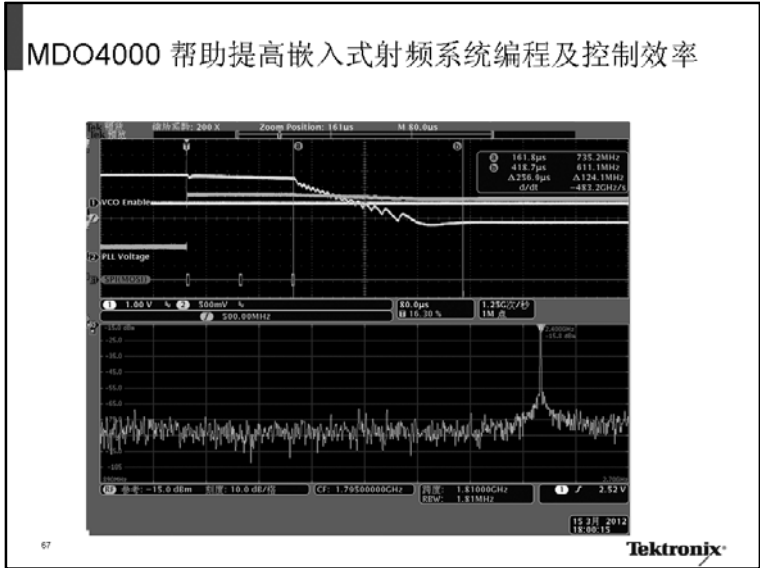
内容

- 嵌入式射频系统 – 嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



66

MDO4000 帮助提高嵌入式射频系统编程及控制效率



67

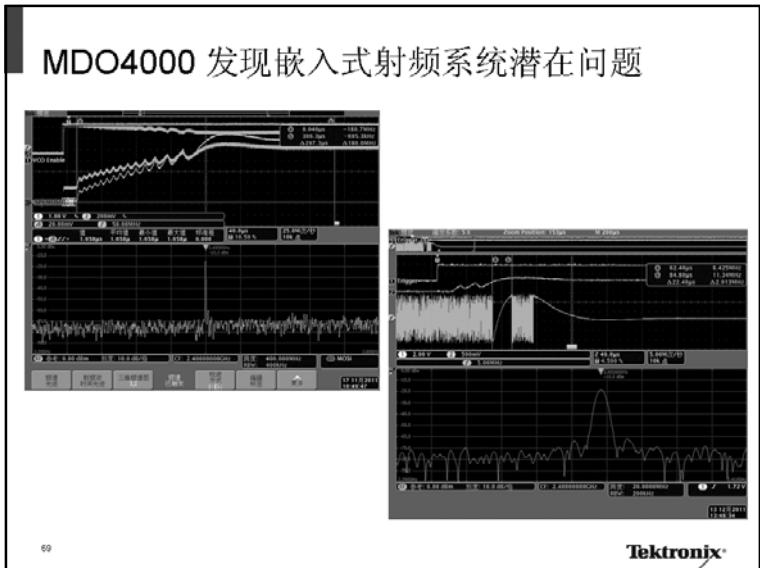
内容

- 嵌入式射频系统—嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



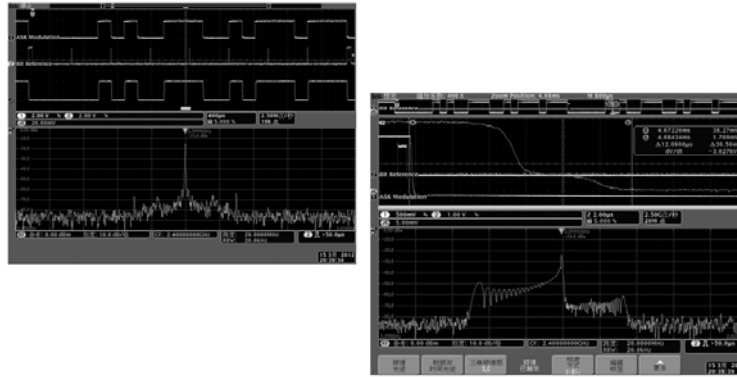
68

MDO4000 发现嵌入式射频系统潜在问题



69

MDO4000 发现嵌入式射频系统潜在问题



70

Tektronix®

内容

- 嵌入式射频系统—嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



71

Tektronix®

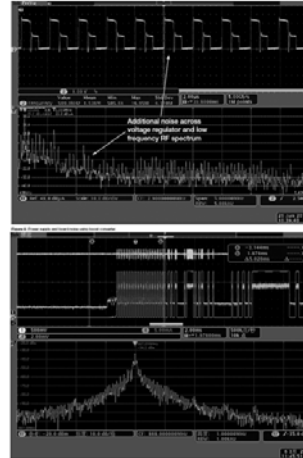
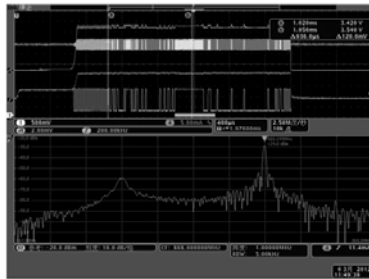
MDO4000 帮助分析嵌入式射频系统中的噪声

- 可能影响射频电路工作的主要噪声来源有：
 - 开关电源
 - 数字电路
 - 外部噪声来源，包括其它无线电系统
- 射频电路也会产生噪声，可能会影响其它系统
 - 发射机发出不想要的杂散信号
 - 不想要的发射机输出的高次谐波
 - 来自频率振荡器的偶发信号
- 还必须遵守法规标准
 - 发射机输出
 - 占用带宽
 - 偶发辐射
- 正确测试对设计射频嵌入式系统至关重要
 - 射频参数测量
 - 电源测量

72

Tektronix®

MDO4000 帮助分析嵌入式射频系统中的噪声



73

Tektronix®

内容

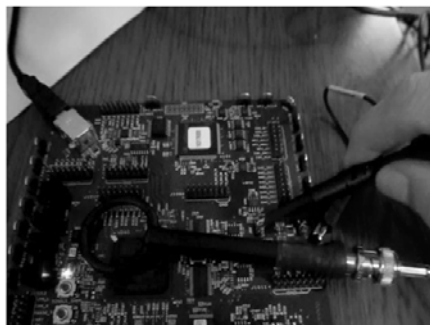
- 嵌入式射频系统-嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



74

Tektronix®

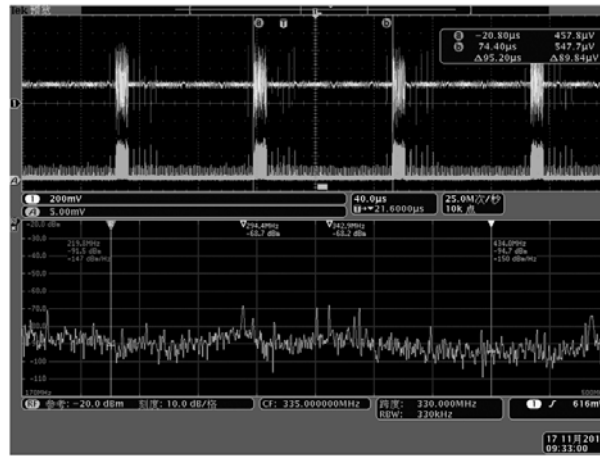
MDO4000查找射频嵌入式系统电路板中的EMI



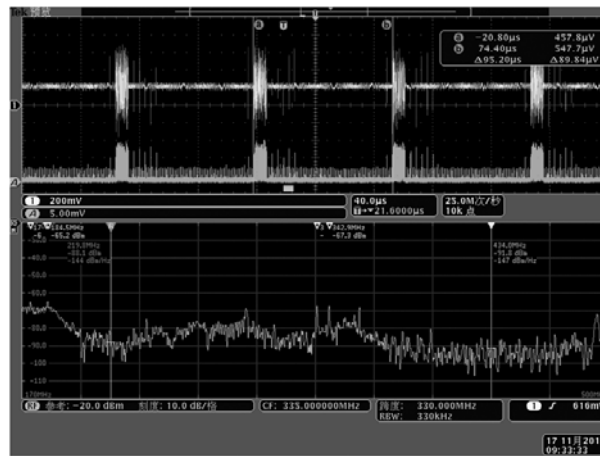
75

Tektronix®

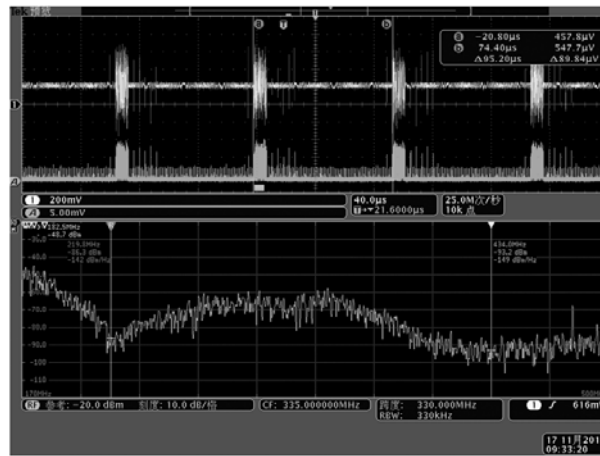
MDO4000查找射频嵌入式系统电路板中的EMI



MDO4000查找射频嵌入式系统电路板中的EMI




MDO4000查找射频嵌入式系统电路板中的EMI



内容

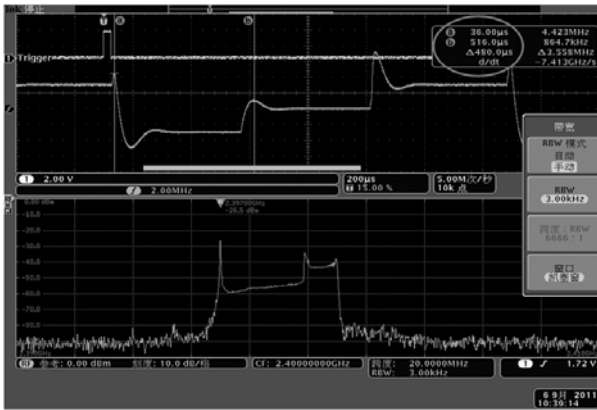
- 嵌入式射频系统—嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



Tektronix®

MDO4000查找射频嵌入式系统中的调制域分析—频率跳变分析

- 通过FvsT曲线，测量频率跳变时间



Tektronix®

MDO4000查找射频嵌入式系统中的调制域分析—频率跳变分析

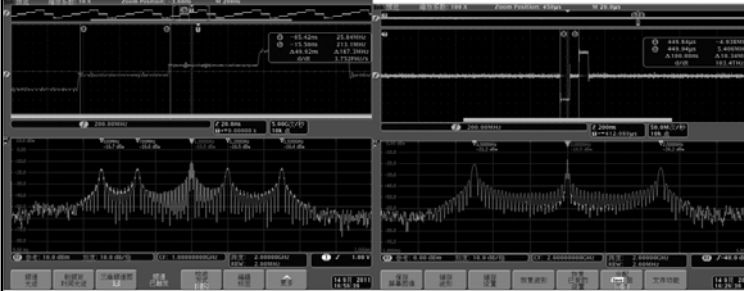
- 增加频谱分析时间，使其涵盖全部跳变周期，可以看到全部频点及跳频图案



Tektronix®

MDO4000 查找射频嵌入式系统中的调制域分析 — 频率跳变分析

- 超高时间分辨率，轻松测试 10ns 跳频周期
— 每秒一亿次跳速

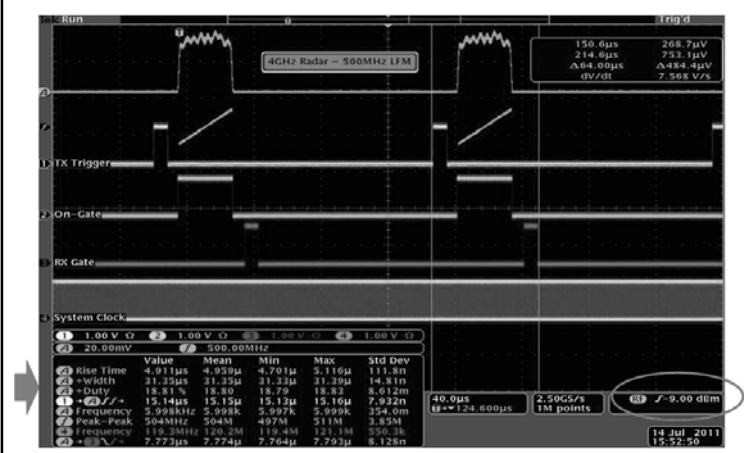


82

Tektronix®



MDO4000 查找射频嵌入式系统中的调制域分析 — 脉冲分析



Parameter	Value	Mean	Min	Max	Std Dev
Rise Time	4.91µs	4.95µs	4.70µs	5.10µs	111.8n
Width	21.25µs	21.33µs	21.33µs	31.39µs	14.51n
Duty	18.81%	18.80%	18.79%	18.83%	8.612m
f _{avg}	15.14µs	15.15µs	15.13µs	15.16µs	7.922n
f _{center}	5.998kHz	5.998k	5.997k	5.999k	354.0m
Peak-Peak	504MHz	504M	497M	511M	3.85M
Frequency	13.2MHz	13.2M	13.04M	13.1M	550.3k
f _{spread}	7.77µs	7.77µs	7.76µs	7.79µs	8.128n

84

Tektronix®

MDO4000查找射频嵌入式系统中的调制域分析——脉冲分析

- 配合SignalVu可对27脉冲项参数进行全面分析

The screenshot displays the Tek RS6100A software interface with four main analysis windows:

- Pulse Trace:** Shows a waveform with a peak of 9.07 dBm and a duration of 974.0 ns.
- Pulse Table:** A table listing 27 pulse parameters including frequency, rise time, and duty cycle.
- Spectrum:** Shows a frequency spectrum with a peak at 100.00 dBm and a span of 10.00 MHz.
- Time Overview:** Shows a time-domain overview with a peak of 0.24 dBm and a duration of 74.000 ms.

内容

- 嵌入式射频系统—嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000的特色
- MDO4000解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的EMI串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试

MDO4000 时间相关通用射频指标测试

- 射频指标的瞬态分析

The screenshot shows a transient analysis of RF indicators with the following data:

- Time: 12.4ms, Scale: 4.00ms
- Peak 1: -12.00µs, 451.4mV
- Peak 2: 1.224ms, 451.0mV
- Delta: Δ1.238ms, Δ375.0µV
- dV/dt: -303.4mV/5
- Scale: 100.00mV
- Bandwidth: 250k Hz
- Resolution: 10k Hz
- Channels: Ch: 3L (-78.44 dB), Ch: 2L (-79.46 dB), Ch: 1L (-56.64 dB), Ch: 主信号 (5.90 dBm), Ch: 1H (-56.37 dB), Ch: 2H (-77.65 dB), Ch: 3H (-83.14 dB)
- CF: 136.000000MHz, 幅度: 192.500kHz, 频率: 5.00kHz, 带宽: 24.0 dBm

内容

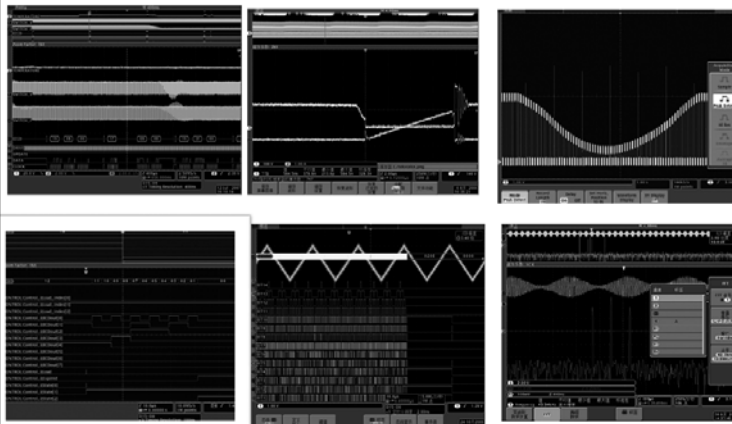
- 嵌入式射频系统—嵌入式系统发展的趋势
 - 嵌入式系统的定义
 - 传统嵌入式系统面临的测试挑战
 - 嵌入式系统的发展
- MDO4000混合域示波器
 - MDO4000 是什么
 - 深入理解MDO4000
 - MDO4000 的特色
- MDO4000 解决嵌入式射频系统中的疑难杂症
 - 验证嵌入式射频系统的工作情况
 - 帮助提高嵌入式射频系统工作效率
 - 发现嵌入式射频系统潜在问题
 - 查找嵌入式系统中的噪声
 - 查找嵌入式射频系统电路板中的 EMI 串扰
 - 嵌入式射频系统中的调制域分析
 - 嵌入式射频系统中的通用射频指标测试
 - 嵌入式系统中的时域测试



88

Tektronix®

MDO4000 嵌入式系统中的时域测试



89

Tektronix®

MDO 特色总结

- 三大要素
 - 时间相关跨域分析
 - 宽带、高时间精度调制域分析
 - 五合一系统
- 两个基本点
 - MSO4000B 示波器为核心
 - 基本通用频谱分析仪为扩展
- 多个真正的业内第一
 - 业内第一款 集成频谱分析仪的示波器
 - 业内第一款 集成的模拟，数字，射频采集系统
 - 业内第一款 实现频谱分析与时域分析时间相关跨域分析
 - 业内第一款 实现最高达3 GHz的捕获带宽
 - 业内第一款 拥有综合射频触发
 - 业内第一款 拥有自动射频标记
 - 业内第一款 提供电流、电压、差分射频探头



∞ 获得业内多项创新奖

Tektronix®

泰克用于嵌入式射频领域其它测试仪器

- RTSA实时频谱分析仪
 - RSA6000/5000/3000
 - DC-20GHz
 - 最高110MHz捕获带宽
 - DPX技术
- 高精度频率计/计数器
 - MCA3000/FCA3100/30000
 - 12位频率分辨率
 - 50ps时间测量分辨率
 - 无死区时间测量、调制域分析
 - 直方图、趋势图功能
- AFG3K/AWG5K/7K任意波形发生器
 - 基带信号产生
 - 与示波器无缝集成
 - 双通道IQ信号输出
- 数字万用表
- 电源
- 多种型号示波器



91

Tektronix

感谢您的参与

Tektronix

92

Tektronix