

R&S电池及电源测试方案

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



COMPANY CONFIDENTIAL

Rohde&Schwarz

R&S 电池测试方案

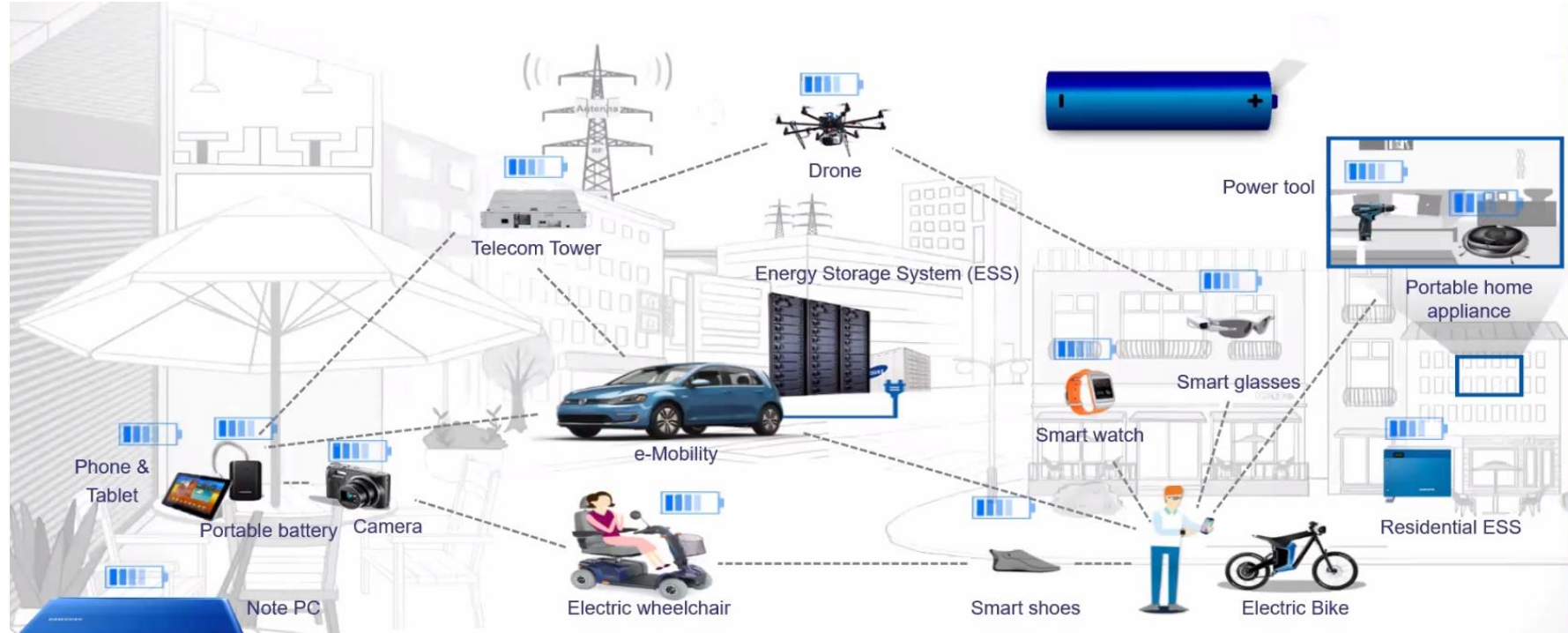
陈鹏
罗德与施瓦茨（中国）科技有限公司 产品经理



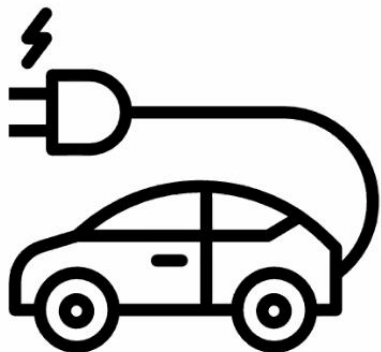
COMPANY CONFIDENTIAL

More batteries are used in our daily lives

电池无处不在



电池技术相关行业



AUTOMOTIVE



STATIONARY STORAGE



AVIATION



POWER TOOLS



E-BIKES



MEDICAL



SMART DEVICES

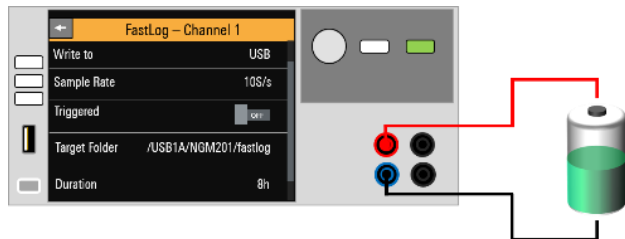


FURTHER

Battery simulation $\neq$ battery testing

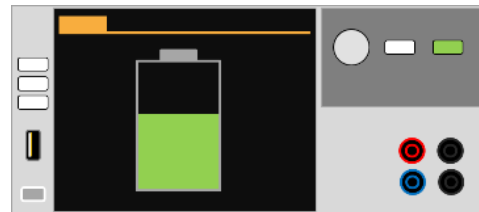
电池模拟 VS. 电池测试

电池测试



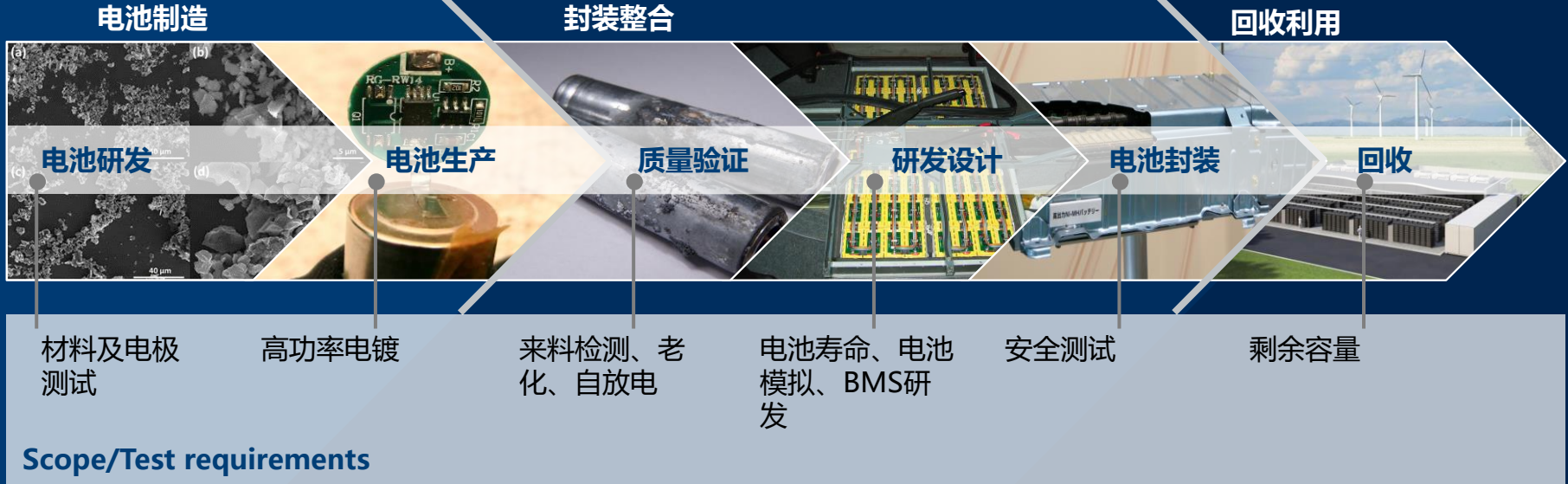
- ▶ 电池连接到测试设备 (例如: 电源)
- ▶ 电池参数测试, 例如: 电容
- ▶ 电池老化测试, 高达 2000 次充放电

电池模拟



- ▶ 连接电源而不是电池
- ▶ 直接连接测试设备
- ▶ 例如: 优化电池寿命

电池的生命周期



NGL200
NGM200
NGU201
NGP800
HMP

电池的生命周期



电池类型

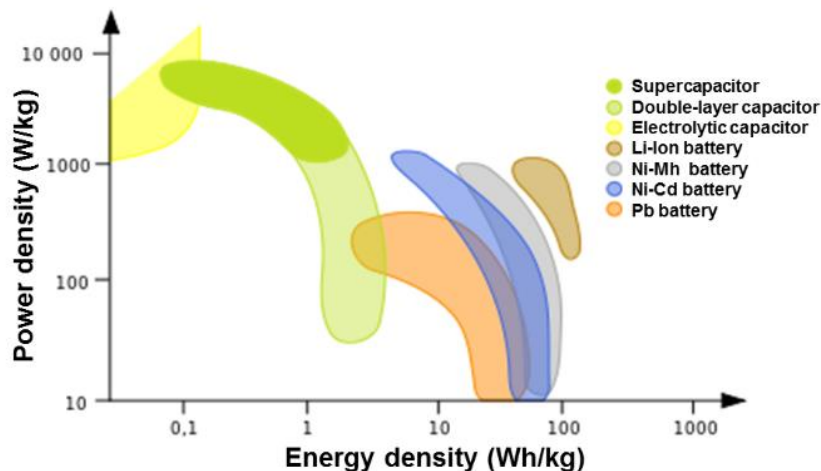
可充电电池基本上有四种主要化学成分

- ▶ 锂离子 (Li-ion)
- ▶ 镍镉 (Ni-Cd)
- ▶ 镍金属氢化物 (Ni-MH)
- ▶ 铅酸



每种电池类型表现出不同的特性

- ▶ 电池类型很大程度上取决于应用（能量密度、设备尺寸、成本、耐用性、安全性.....）
- ▶ 应在设计过程的早期确定电池类型，包括机械尺寸
- ▶ 电池仿真是电池供电设备设计过程中每一步的关键



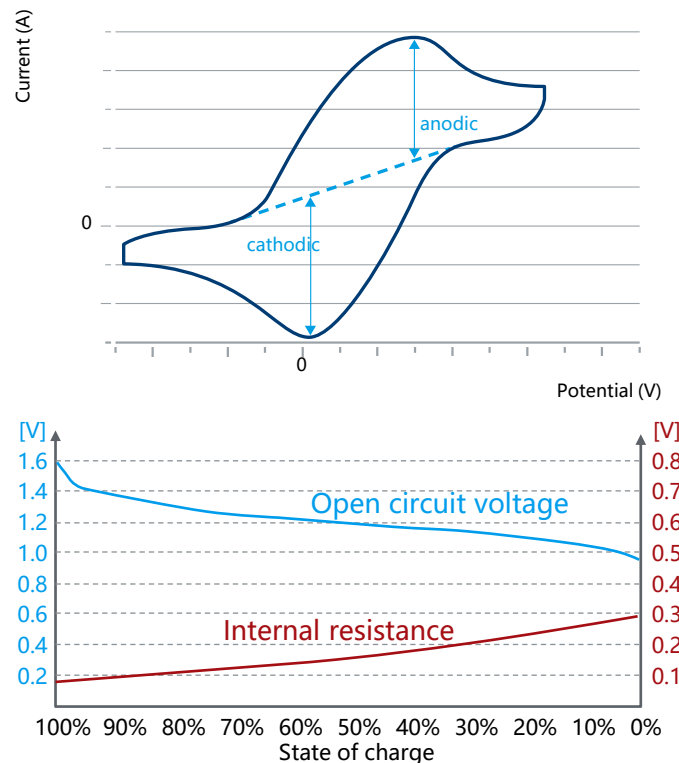
新材料定义未来

对新材料和创新材料的需求

- ▶ 为什么需要新材料?
 - 追求更高的效率
 - 新的高要求应用
 - 热门例子：电池新正负极材料
- ▶ 分析和优化材料需要什么?
 - 高动态范围 (nA 至 A, μ V 至 V)
 - 任意函数 (扫描状态)
 - 数据采集功能

Recommended instrument: NGU401

Rohde & Schwarz



电池的生命周期



Cell manufacturing: Cell Production 过程

ELECTRODE PRODUCTION: 39% of battery cell production costs

Process	Mixing	Coating and drying	Slitting	Calendering	Vacuum drying
Description	Mixing of raw material powder	Pasting slurry on foil; removing solvent	Cutting coated metal foil into strips	Compressing electrode foils	Removing leftover solvent in electrodes
Cost	8% of electrode	54% of electrode	4% of electrode	11% of electrode	23% of electrode
Challenges	Material quality Slurry waste	Processing time Utilization losses	Edge quality Tool wear	Process settings Electrode waste	Processing time Yield rate

CELL ASSEMBLY: 20% of battery cell production costs

Process	Electrode shaping	Compound generation	Electric contacting	Case insertion	Case closure
Description	Cutting out electrode shapes from coils	Generating active material compounds	Creating an electrically conductive joint	Inserting compound into cell housing	Closing cell housing using laser welding
Cost	29% of assembly	54% of assembly	5% of assembly	4% of assembly	8% of assembly
Challenges	Edge quality Particle generation	Assembly tolerance Processing speed	Particle generation Processing stability	Insulation quality Particle generation	Particle generation Yield rate

CELL FINISHING: 41% of battery cell production costs

Process	Electrolyte filling	Precharging	Filling hole closure	Formation	Aging
Description	Filling ion-conducting liquid into cell	Precharging cell after filling	Closing electrolyte filling hole	Initiating battery and defining performance	Identifying micro short circuits in cells
Cost	10% of finishing	7% of finishing	3% of finishing	35% of finishing	45% of finishing
Challenges	Soaking time Number of filling steps	Processing safety Yield rate	Particle generation	Processing time Yield rate	Processing time Yield rate

Cell manufacturing: Cell production

电镀/涂层/干燥/预充电



Recommended instrument: NGP804

Rohde & Schwarz

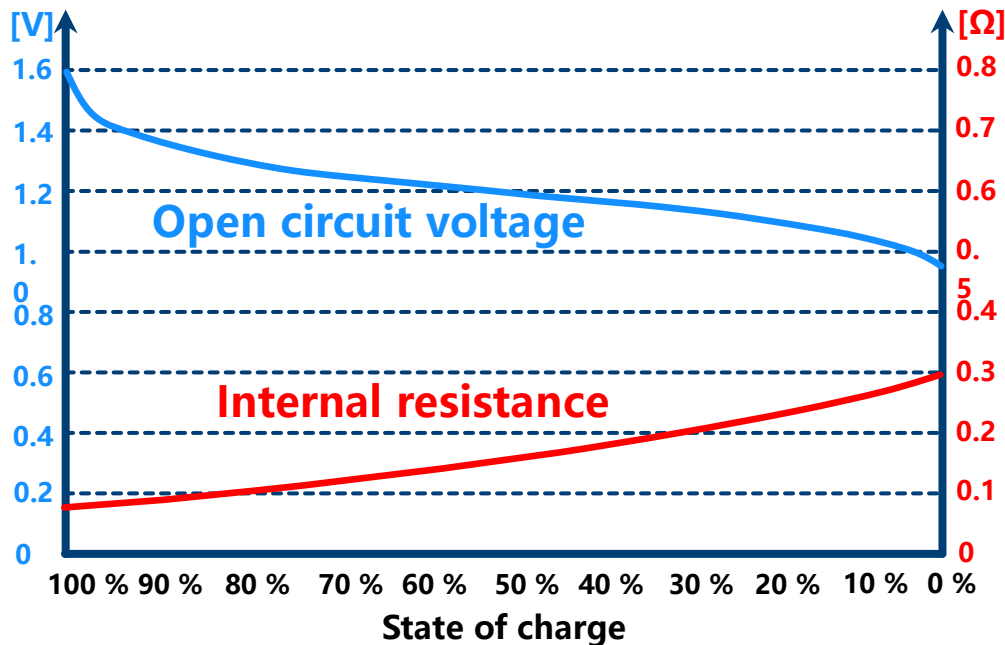
电池的生命周期



电池基础

电池建模

- ▶ 真正的电池根据电池的类型和充电条件表现出不同的特性。
- ▶ 容量、开路电压 (Voc) 和等效串联电阻 (ESR) 是取决于充电状态 (SoC) 的重要电池特性。
- ▶ 示例显示了 AA 型电池的典型特性



电池来料检测

电池容量测试及放电曲线

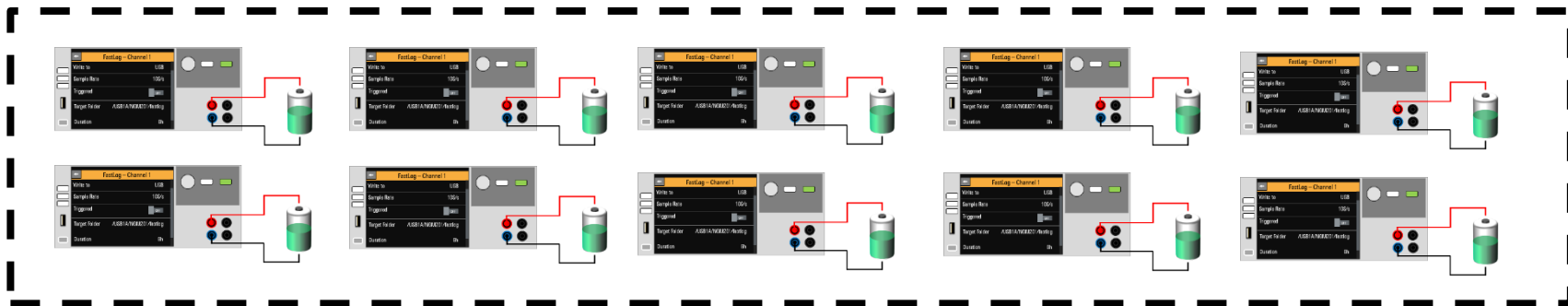
- ▶ 对于电池容量测试，R&S®NGM 电源作为负载连接到被测手机的充电电池。
- ▶ 应用程序可用于自动执行测量
- ▶ 使用充满电的电池开始测量
- ▶ 应用软件将电池放电并显示容量
- ▶ 放电曲线可与参考曲线进行比较



老化试验 充放电周期

- ▶ 1000 – 2000 次充电/放电循环
- ▶ 查看电池的老化效果

Climate chamber



电池的生命周期



每个开发人员在设计电源管理时必须问的问题

哪种电池类型最适合我的应用

我的电池是否以最有效的方式使用？



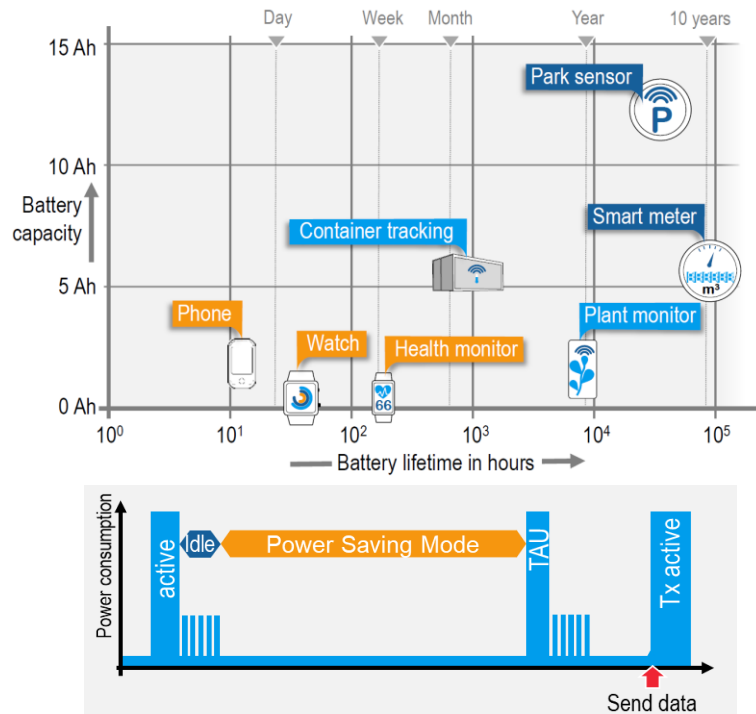
我的电池是否符合制造商的规格？

我的电池能用多久？
我的设备是否消耗了不必要的电量？

这都是关于电池化的

电池续航时间 (BLT) 作为制胜因素

- ▶ 为什么 BLT 如此重要？
 - 使用寿命长
 - 更换成本高
 - 难以更换电池（例如医疗设备）
 - 环境问题
- ▶ 分析和优化 BLT 需要什么？
 - 高动态范围 (nA 至 A)
 - 时间分辨率 (状态切换)
 - 不同电池的模拟
 - 数字 I/O 等接口



功耗测试

IoT Technology	Sleep Current	Peak Current
NFC	5 uA	100 mA
Bluetooth Low Energy	100 nA	26 mA
ANT	500 nA	34 mA
MiWi	100 nA	30 mA
ZigBee	700 nA	14.4 mA
6LoWPAN	400 nA	40 mA
WirelessHart	426 uA	19 mA
802.11n	30 mA	636 mA
LoRa	100 nA	10.5 mA
Cellular	100 uA	2.5 A

Recommended instrument: NGM200

IOT设备功耗测试的挑战

- ▶ 休眠电流从低至 100 nA 到几毫安不等
- ▶ 峰值电流从几毫安到 2.5 A 不等
- ▶ 唤醒时间通常很短
- ▶ 电流尖峰可能非常快

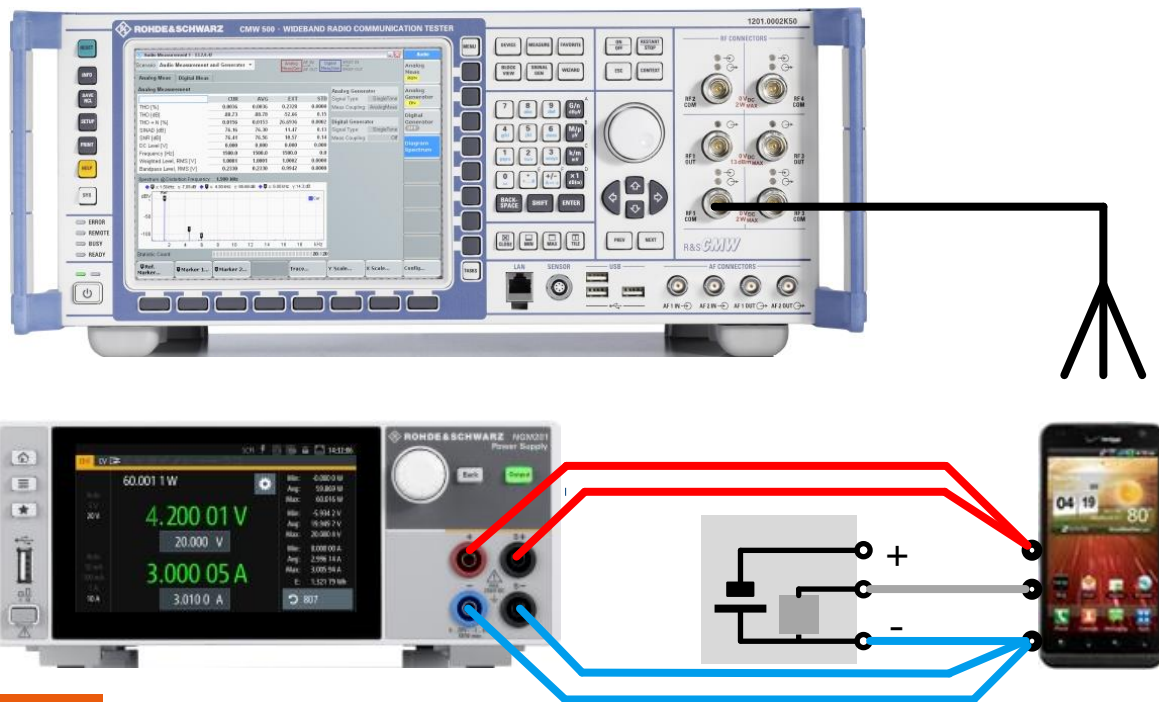
→ **NGM200 以其高动态范围、快速的负载恢复时间和 500ksample/s 的采集速率而获胜**

Pack integration: R&D

功耗测试

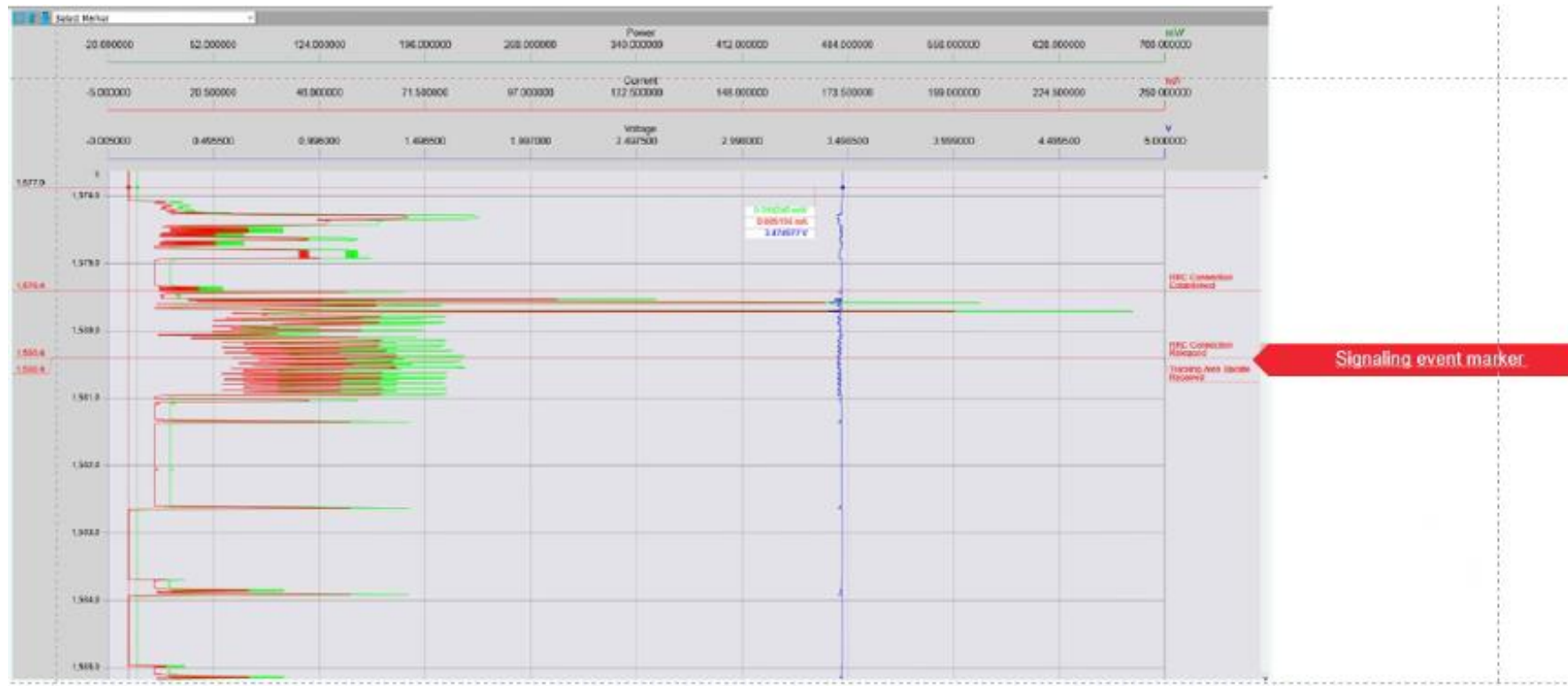
手机耗电测试

- ▶ 手机原装电池更换为 R&S®NGM 电源
- ▶ R&S®CMW500 无线电通信测试仪用作网络模拟器



Recommended instrument: NGM200

Pack integration: Qualification 与CMWrun配合进行功耗测试



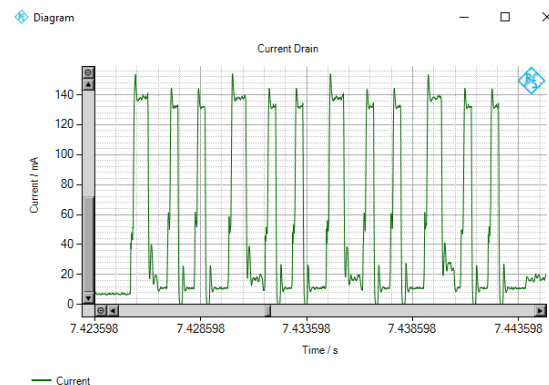
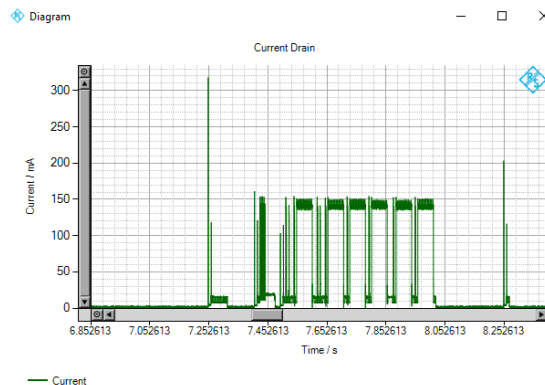
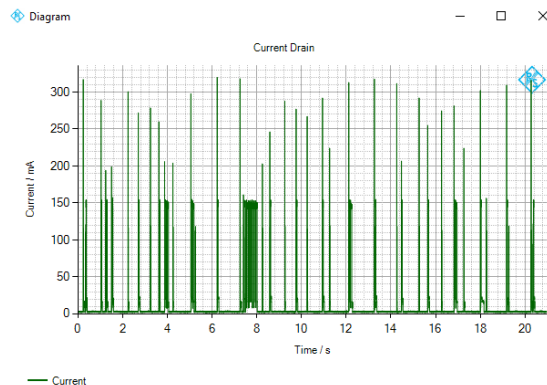
Recommended instrument: NGM200

Rohde & Schwarz

功耗测试

手机功耗测试

- ▶ 软件应用于自动执行测量 (1GP122)
- ▶ 测量是使用 R&S®NGM 电源的 FastLog 功能完成的
- ▶ 缩放功能允许以概览或细节的形式查看结果



Recommended instrument: NGM200

Rohde & Schwarz

电池单元集成到电池组中

在大多数应用/产品中，低压电池单元被组合成电池组或模块

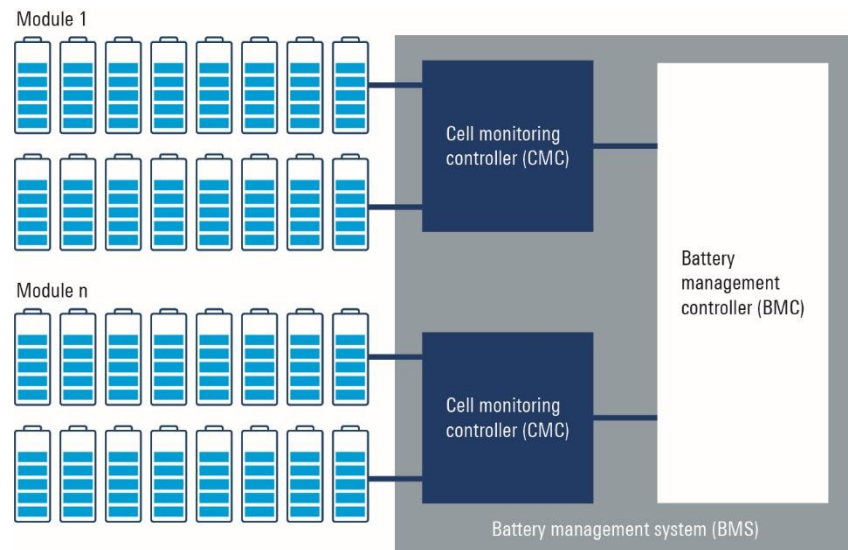
- ▶ 特斯拉 Model S 有 7104 个单独的电池单元，分为 16 个块
- ▶ 为了优化这些电池组的性能，需要积极确保对各种电池参数的监测、控制和管理，例如
 - 电压、电流、热和能量管理、电池平衡
 - 电池的荷电状态 (SOC) 和健康状态 (SOH)



电池管理系统(BMS)

为了优化这些电池组的性能，需要智能电池管理系统 (BMS) 来积极确保对单个电池的监控、控制和管理

- ▶ 所有锂离子电池都需要 BMS。这是因为所有锂离子电池如果过度充电、完全放电或在其安全温度范围之外运行，都会发生故障。每种锂离子电池类型都有自己的安全工作区，因此有必要对 BMS 进行相应的编程。
- ▶ 一个典型的 BMS 由一个或多个电池监控控制器 (CMC) 和一个电池管理控制器 (BMC) 组成。

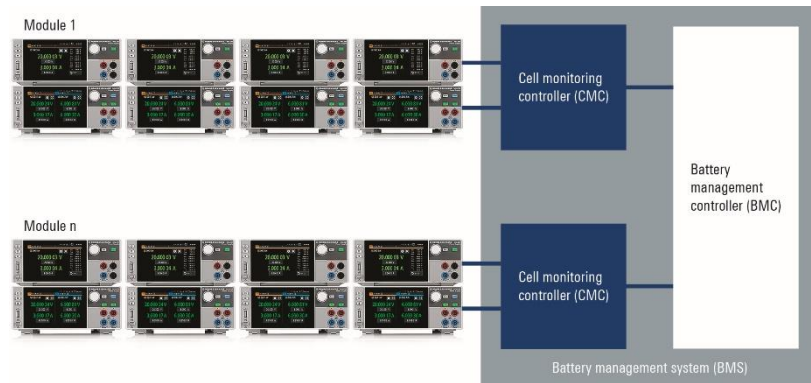


BMS测试的挑战

监测、控制和管理电池是 BMS 开发和验证中的最大挑战

BMS 供应商负责完整的系统验证

- 电池平衡测试：模拟每个单电池的预定义电压水平
- 老化：每节电池的电压电平不断变化
- 任务配置文件：模拟不同场景的自定义配置文件
- 误差模拟：过压/欠压测试，单节电池快速设置 ($<10\text{ms}$)，所有电池同步设置



在此测试设置中，使用多个 NGM202 电源来模拟每个单独的电池。一路输出等于一个电池

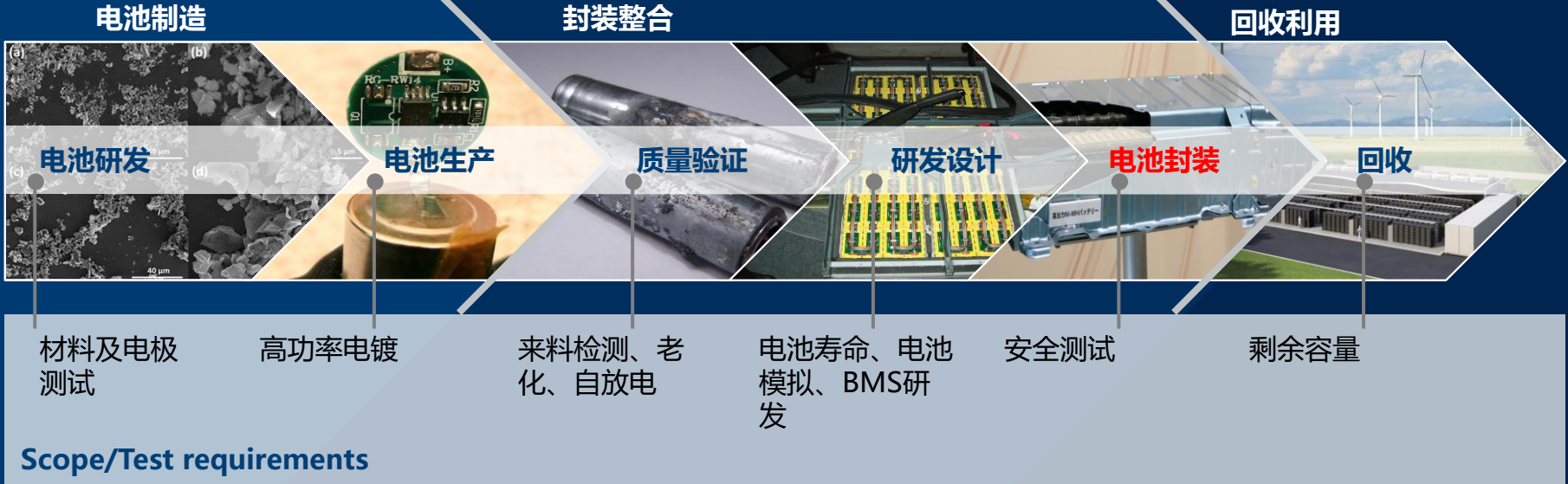
BMS 测试：我们的解决方案



- ▶ 支持BMS开发的每一步
- ▶ 高度灵活，可扩展到所需的单元数量
- ▶ 多电源单节电池仿真与控制：
 - 设置预定义和可编程的电池模型（例如锂离子电池）
 - 电芯参数实时监控：
 - 端子和开路电压
 - 充放电电流
 - 荷电状态 (SOC)内阻
- ▶ 输出阻抗的快速调节（从 -50 mOhm 到 100 Ohm 可调）
- ▶ 以 500 ksamples/s 的速度采集数据，用于深入分析和记录数字
- ▶ I/O 接口确保同步和快速控制所有电池
- ▶ 可重复的测试环境，可实现高效、自信的测试

Recommended instrument: NGM200

电池的生命周期

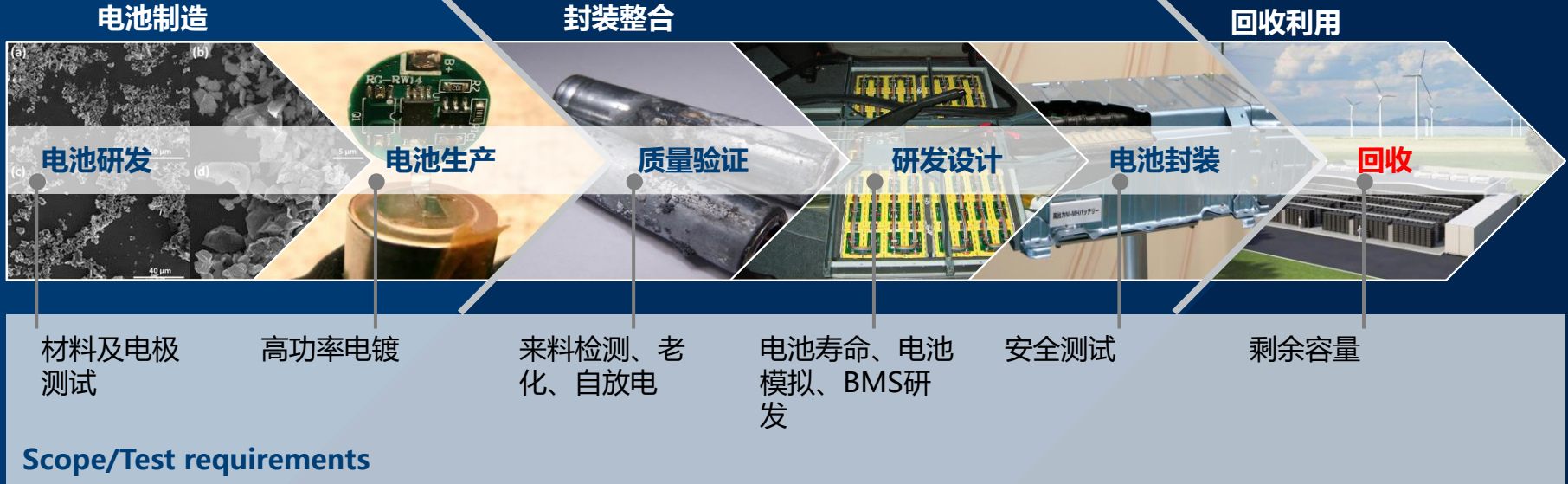


NGL200
NGM200
NGU201
NGP800
HMP

安全测试、 电池滥用测试

Addressed by EA (third party instruments)

电池的生命周期



NGL200
NGM200
NGU201
NGP800
HMP

剩余电池容量

电池容量测试及放电曲线

- ▶ 对于电池容量测试，R&S®NGL200 电源作为负载连接到被测手机的充电电池。
- ▶ 软件应用于自动执行测量
- ▶ 使用充满电的电池开始测量
- ▶ 应用软件将电池放电并显示容量
- ▶ 放电曲线可与参考曲线进行比较



Recommended instrument: NGL200



New Class of Rohde & Schwarz Power Products

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

COMPANY CONFIDENTIAL

R&S®RT06示波器助力电源测试

蔡恺波
罗德与施瓦茨（中国）科技有限公司 示波器产品经理

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real

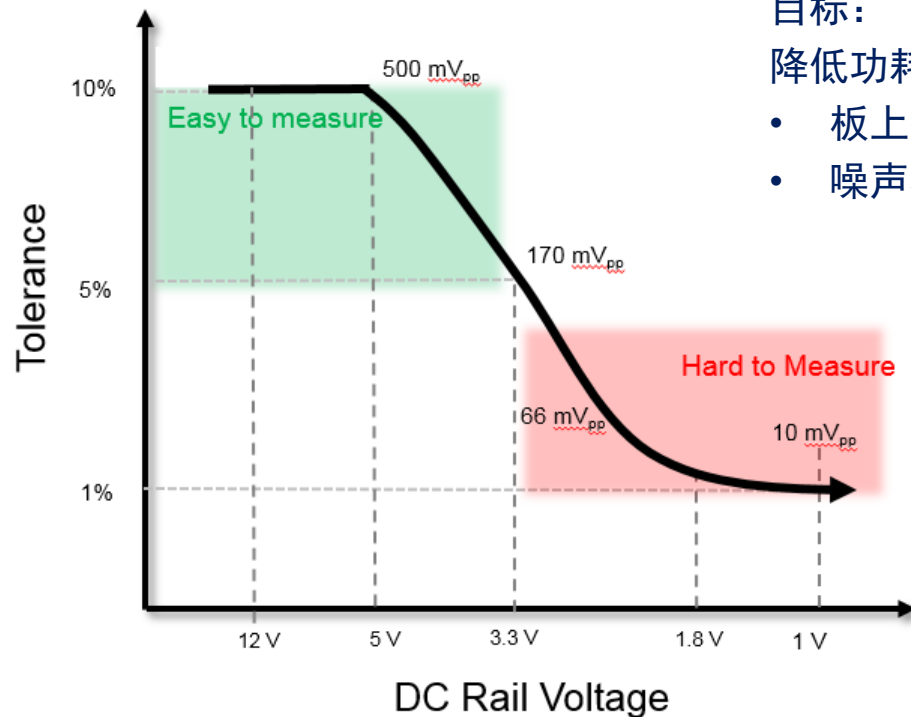


COMPANY CONFIDENTIAL

- 电源测试应用及挑战
- R&S示波器助力电源测试
- R&S®RT06示波器-您可信赖的示波器

内容安排

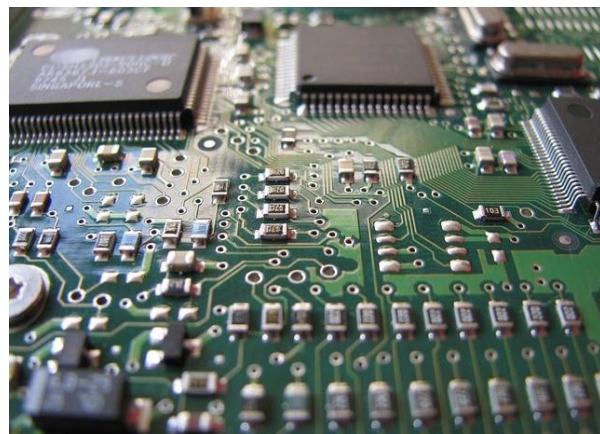
电源完整性问题 (POWER INTEGRITY)



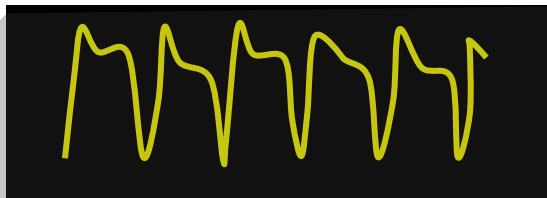
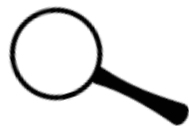
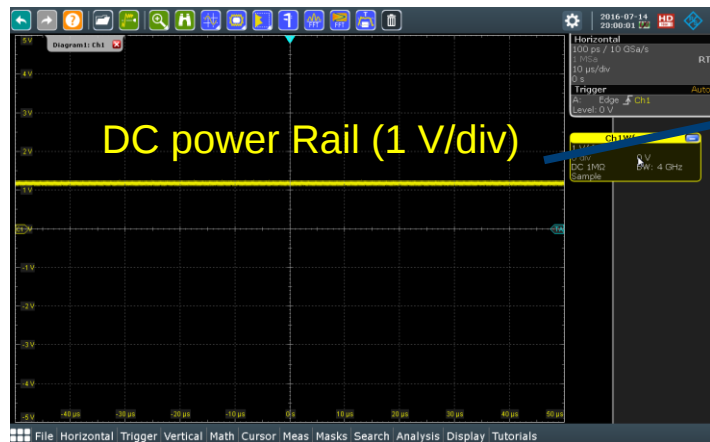
目标:

降低功耗, 减少对敏感RF或高速数字电路性能的影响

- 板上器件供电电压摆幅降低
- 噪声容限百分比降低



真实的直流电压信号



直流电压信号上，各种噪声的扰动

PI测试与传统电源输出特性测试的主要区别

项目	传统SMPS电源输出特性测试	电源完整性测试
测试带宽	20 MHz	高达 GHz
PARD范围	几十至上百 mV	低至 mV
Worst Case敏感度	中	高
高频EMI诊断要求	中	高

不同电路器件对供电电源的要求

	数字电路				模拟电路			嵌入式系统			
器件类型	低端FPGA	高端FPGA	DSP	存储器件	运放	混频器	RF功放	ADC	DAC	PLL/VCO/CLK	Tx/Rx
电源精度要求	5%	5%	5%	1-2%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	2%
负载瞬态响应	5%	5%	3%	2%	取决于负载	无严格要求	取决于工作模式	无严格要求	无严格要求	无严格要求	取决于工作模式
噪声敏感度	低	中	低	中	高 >10KHz	高 DC-GHz	极高 DC-GHz	高 >100KHz	高 >100KHz	高 DC-GHz	高 DC-GHz
噪声/纹波量级	100mV左右	20-50mV	50mV左右	20-50mV	100uV	100uV	10uV	100uV-1mV 取决于分辨率	100uV-1mV 取决于分辨率	10uV-100uV 取决于性能等级	10uV-100uV 取决于性能等级
典型供电方案	Switcher	Switcher	Switcher	Switcher	Switcher+LDO or Filter Switcher	Switcher+LDO or Filter Switcher	Low noise high speed LDO	Switcher+LDO or Filter Switcher	Switcher+LDO or Filter Switcher	ultra-low noise LDO	Filter Switcher+ Low noise LDO+high BW LDO

噪声敏感等级

低

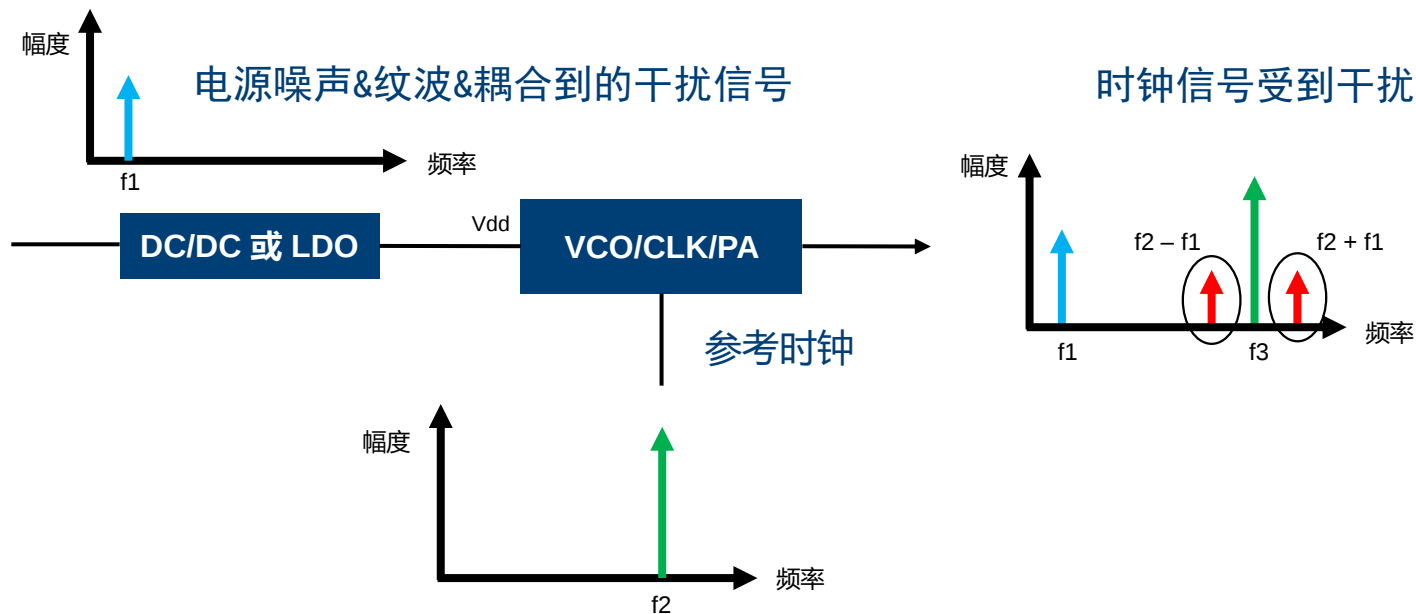
中

高

极高

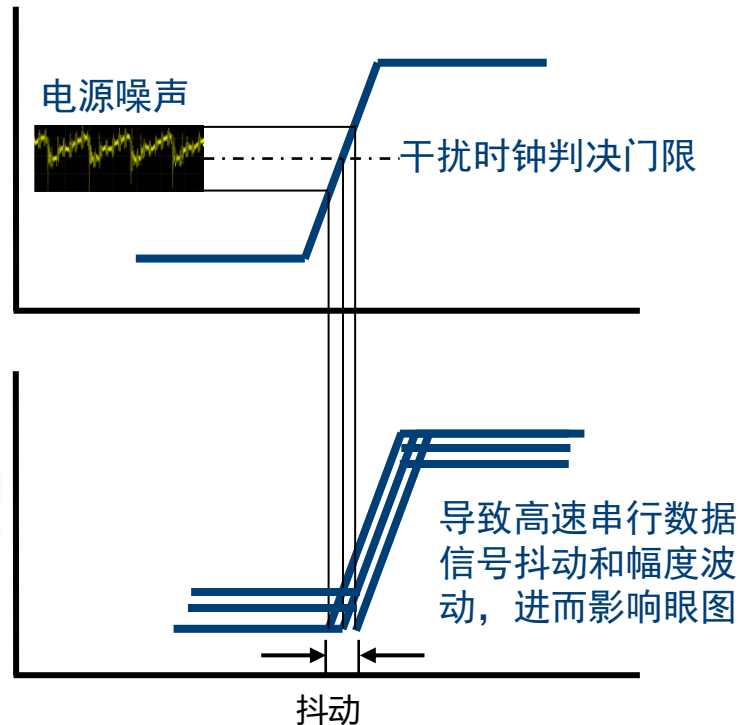
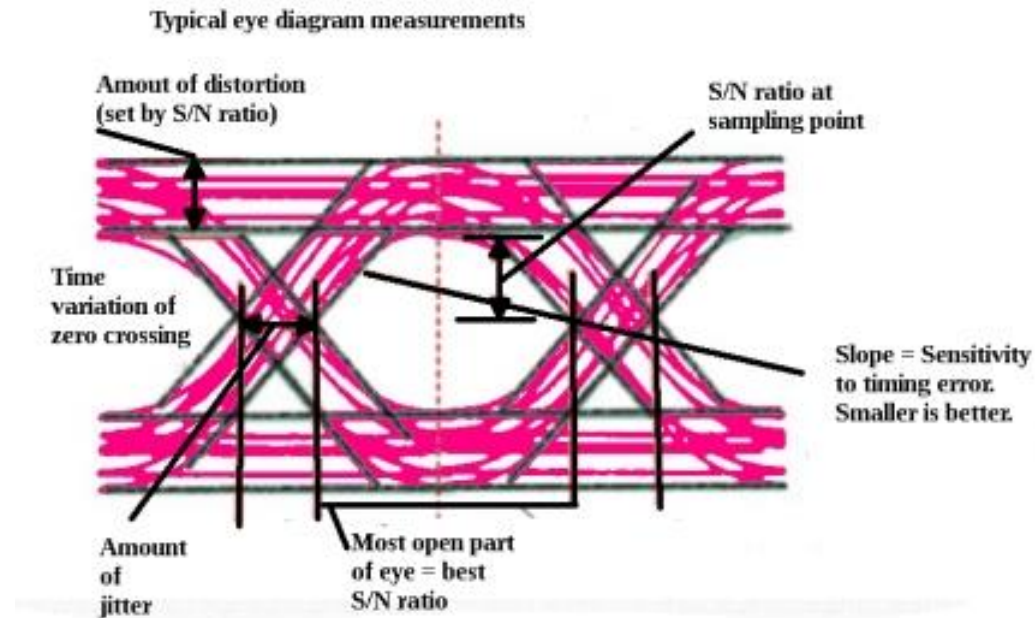
电源完整性问题的影响

---影响RF系统相噪



电源完整性问题的影响

---影响高速串行信号的眼图



电源完整性的测试内容

---时域

- I Tolerance容限分析 (最坏情况分析)
- I PARD (周期和随机扰动-噪声, 纹波和瞬态响应)
- I 电源低频漂移
- I 静态和动态负载响应

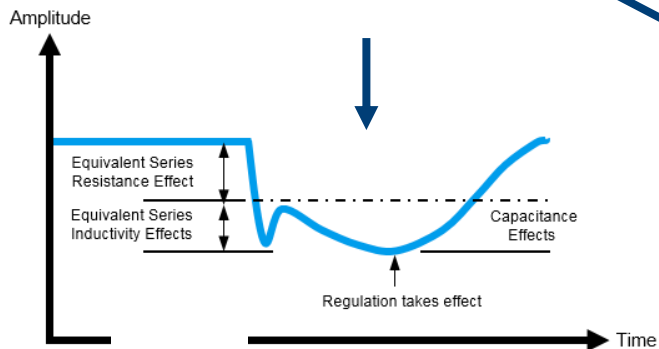
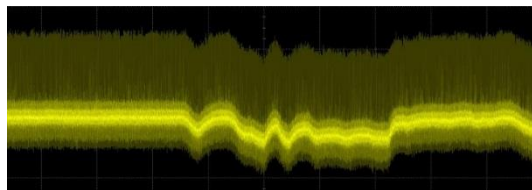
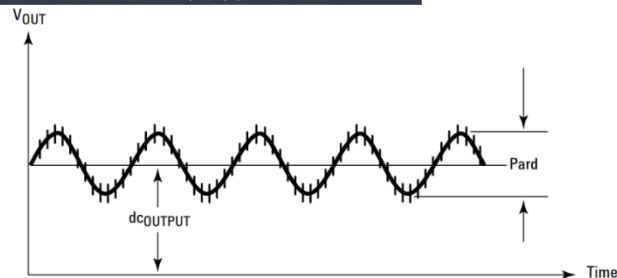
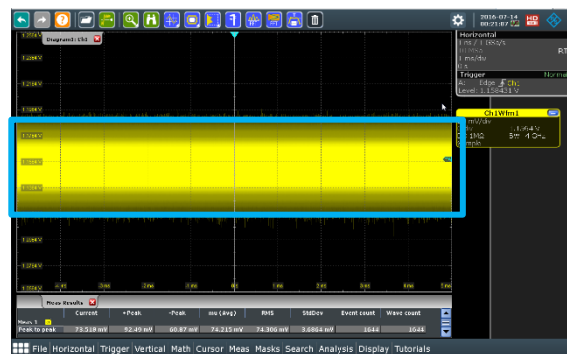


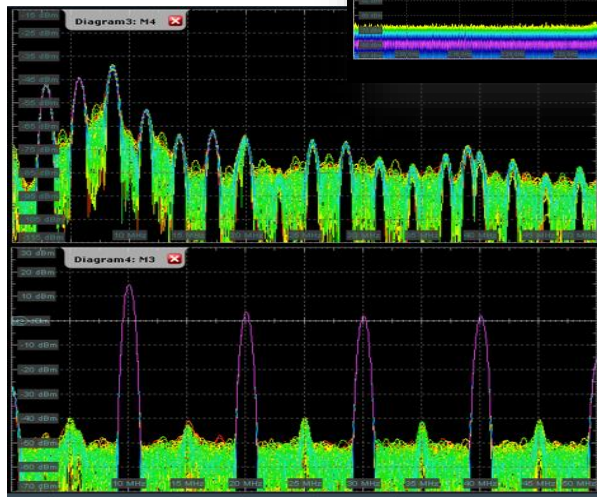
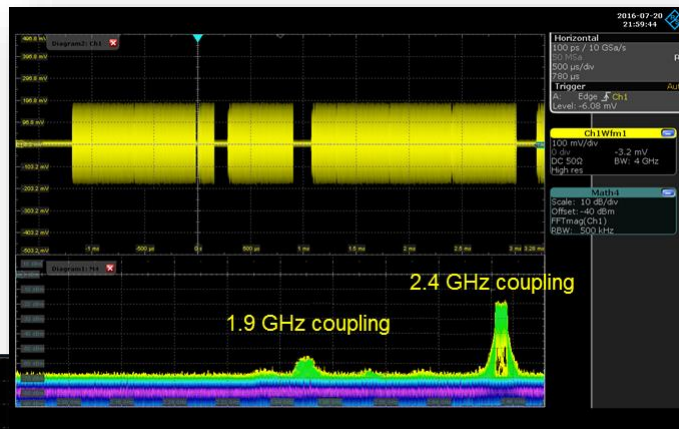
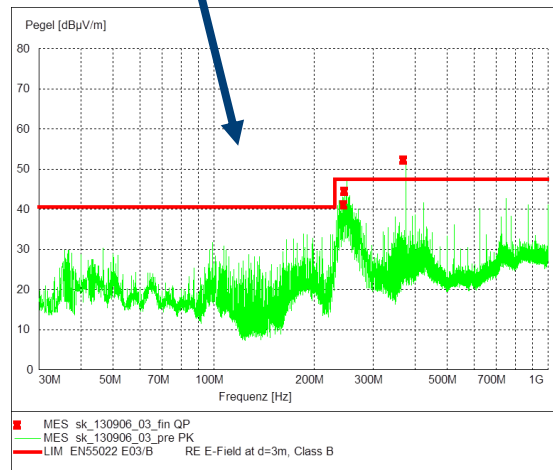
Figure 1: Load Step Response



电源完整性的测试内容

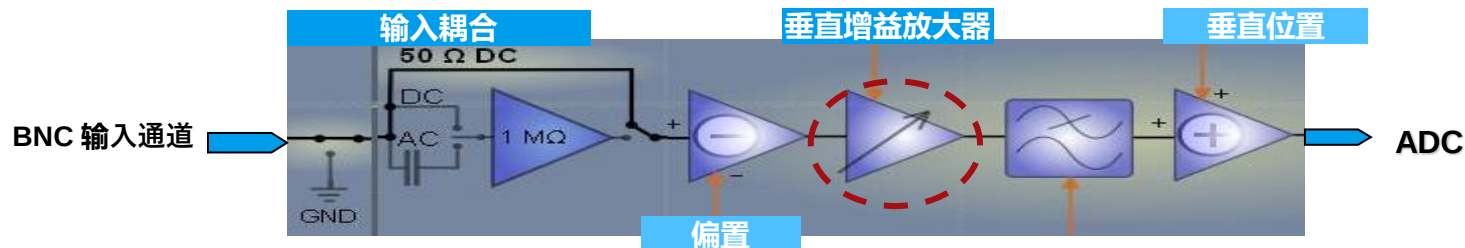
---频域

- 射频模块/组件引起的干扰
(例如: WiFi模块)
- 高速数字线路串入的干扰
(例如: 10MHz晶振PCB走线)
- EMI



电源完整性测试的主要挑战——输入灵敏度带宽

► 要求高带宽高灵敏度



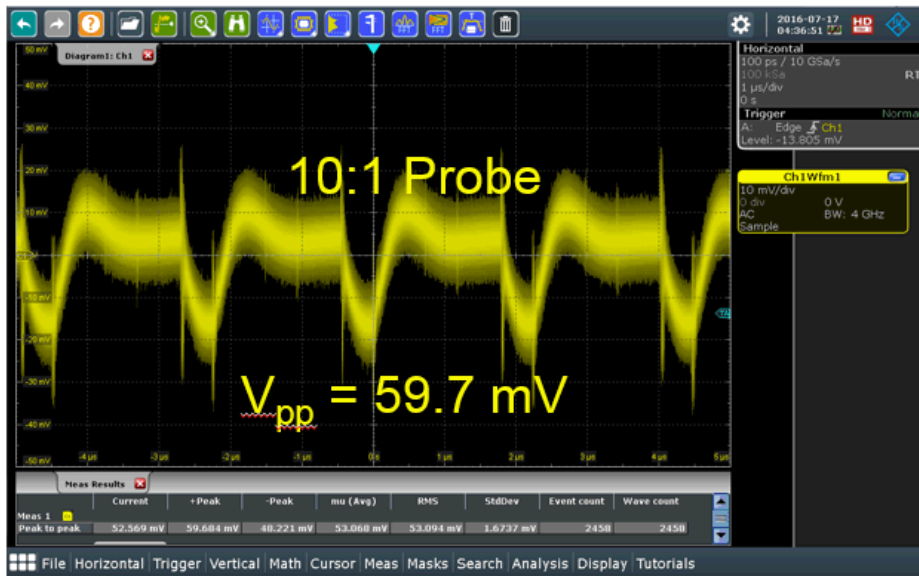
垂直输入灵敏度范围	使用X10探头灵敏度范围	R&S RTO6系列	
		50 Ω	1M Ω
≥ 10 mV/div	≥ 100 mV/div	Full BW	500MHz
5 mV/div ... 9.9 mV/div	50 mV/div ... 99.9 mV/div	Full BW	500MHz
2 mV/div ... 4.99 mV/div	20 mV/div ... 49.8 mV/div	Full BW	500MHz
1 mV/div ... 1.99 mV/div	10 mV/div ... 19.9 mV/div	Full BW	500MHz

Industry offer			
50 Ω	1M Ω	50 Ω	1M Ω
Full BW	500MHz	Full BW	500MHz
2 GHz	500MHz	Via Magnification	
500 MHz	350MHz		
200 MHz	175MHz		

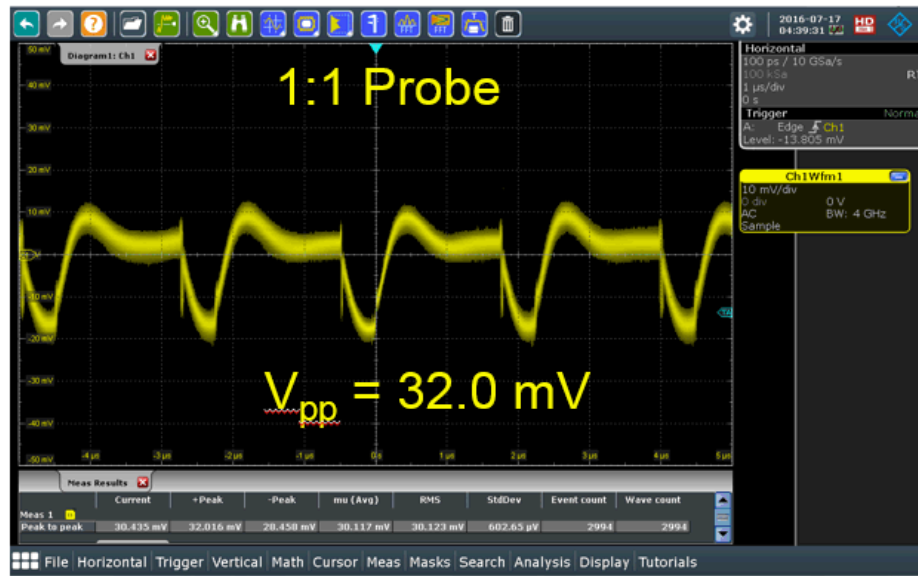
电源完整性测试的主要挑战——1:1探头

- ▶ mV级宽带信号测试对高频1:1探头的要求

传统无源1:1探头带宽较低，需要高带宽有源1:1探头



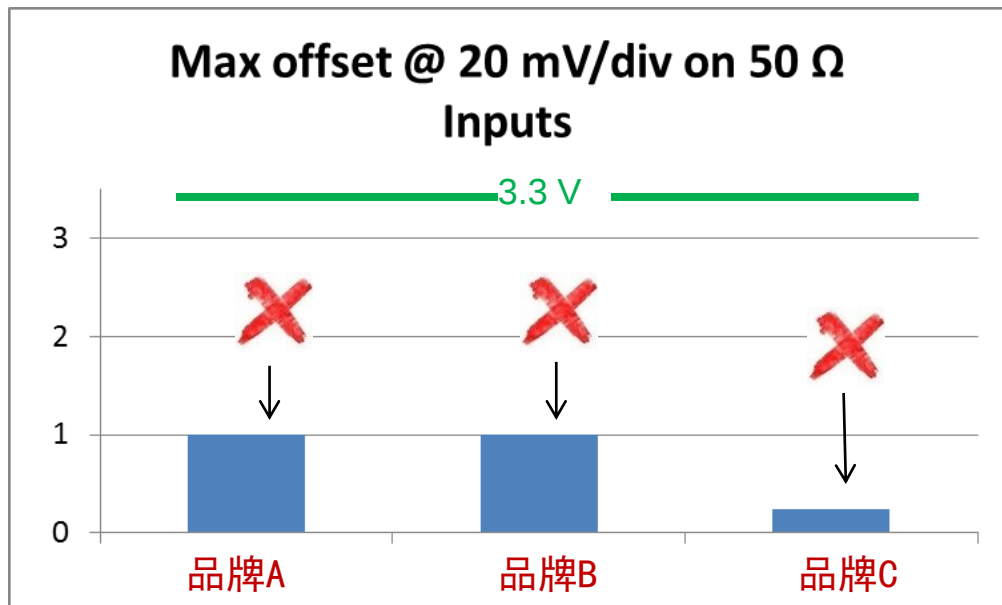
10:1探头



1:1探头（即便设置到相同输入灵敏度）

电源完整性测试的主要挑战——偏置补偿能力

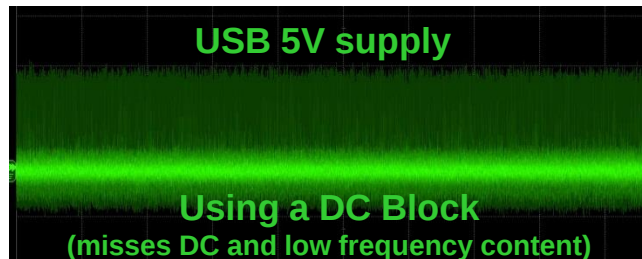
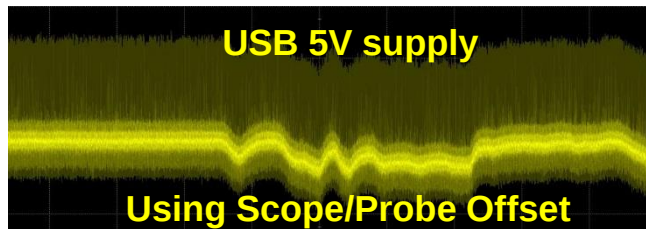
► 偏置补偿能力的挑战



示波器自身的偏置补偿能力无法满足测试要求

电源完整性测试的主要挑战——偏置补偿能力

► 偏置补偿能力的挑战——DC Block的局限性



- 电容值选取对带宽和频响的影响
- DC Block将电源上的低频漂移一起阻隔，无法测试。

R&S电源完整性测试方案特点及优势

► R&S RTO6系列示波器(Windows平台)

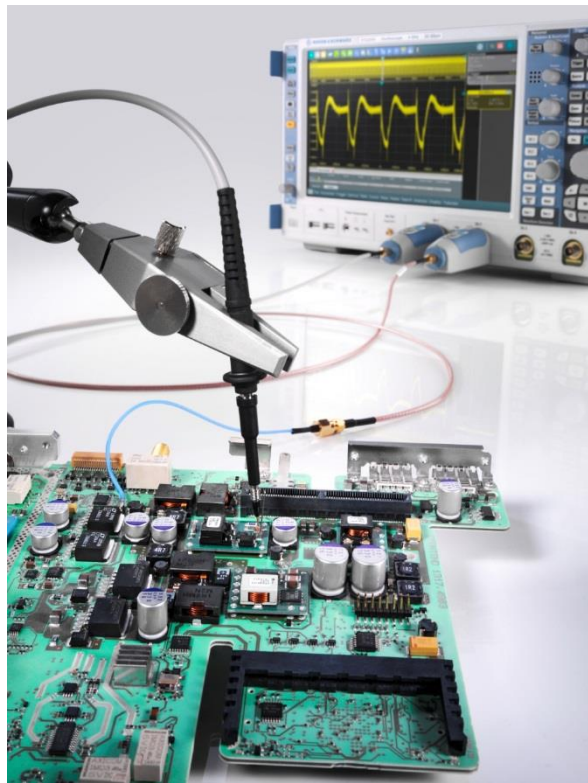
- 全带宽1 mV/div输入灵敏度
- 创新16 bit HD触发和采集系统
- 基于DDC的准实时频谱分析能力
- 频域模板触发及自动Peak List显示

► R&S RTM3000/RTA4000系列示波器(嵌入式平台)

- 全带宽500 uV/div输入灵敏度
- 10 bit ADC, 优异的系统底噪
- 专用频谱分析模式

► R&S RT-ZPR40/20专用电源测试探头

- 4 GHz/2 GHz 有源1:1衰减比
- **业内最大 $\pm 60V$ 偏置补偿能力**
- $\pm 850mV$ 测试动态范围
- 完备的探接前端



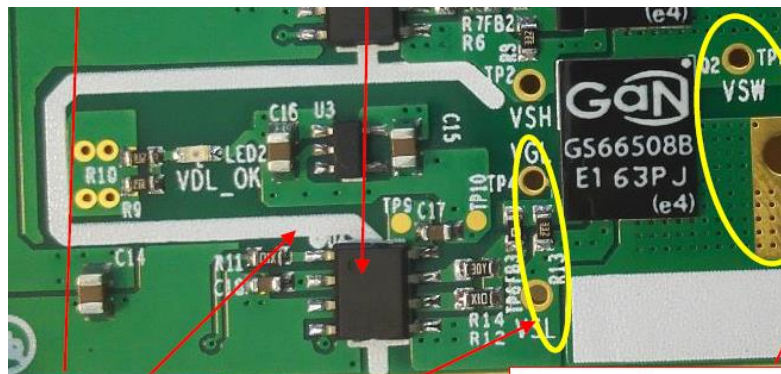
R&S高压差分/隔离测试方案特点及优势

► R&S RTO6 + RT-ZHD高压差分探头

高垂直分辨率示波器RTO6 – 16 bit

高带宽高压差分探头RT-ZHD

- 高达200 MHz带宽
- 2000 V偏置补偿
- 差分电压测试范围最大6000 V



Isolation Barrier

VGS probe

Optional current sl
Use common fail to



R&S®RTO6

您可信赖的示波器



项目	指标
通道数	4
带宽 (GHz)	0.6, 1, 2, 3, 4, 6
采样率	10 GSa/s 每通道 20 GSa/s on 2 通道 (4 & 6 GHz 型号)
记录长度	200 Mpts / 通道 (可选 400 Mpts, 1 Gpts, 最大: 2 Gpts on 2 ch)
垂直分辨率	8 bit ADC, up to 16 bit
有效位(ENOB)	Up to 9.4
波形捕获率	1,000,000 wfms/s
时基精度	10 ppb (标配OXCO)
硬件选件	• MSO 16 ch • 双通道100 MHz任意波形发生器 • 脉冲源 • RT-ZVC
屏幕	15.6" (1920*1080)
尺寸	450 × 315 × 204 mm
操作系统	Win10, 中文菜单

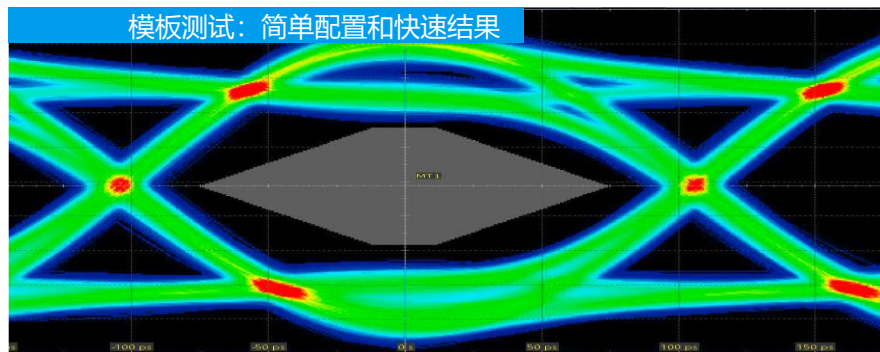
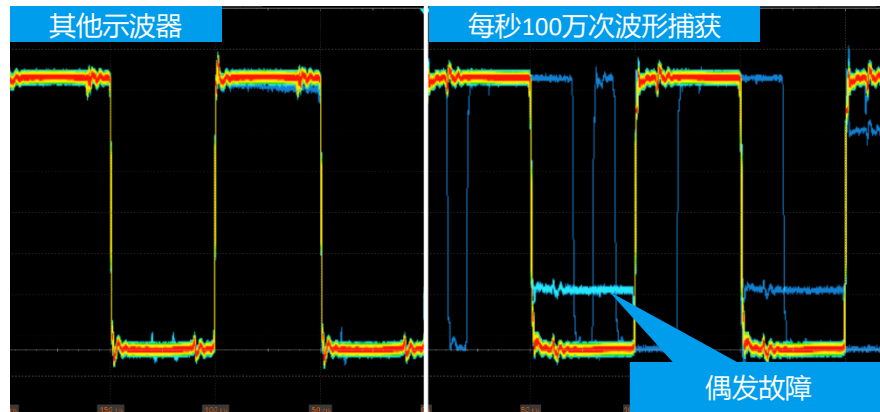
快速发现信号异常 具有无与伦比的波形捕获率

R&S®RTO6 特点

- ▶ 优化的信号处理和专用 ASIC
- ▶ 每秒100万次波形捕获
- ▶ 流畅的工作流程——即使是激活直方图、模板、光标测量或长时间采集

从中获益

- ▶ 极度快速获取、处理和显示信号
- ▶ 快速检测信号故障和异常
- ▶ 增强您的测试信心



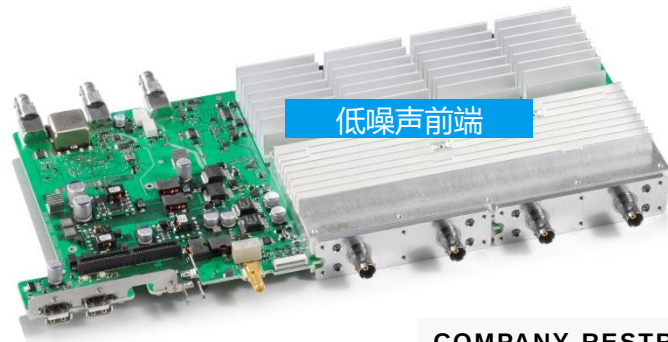
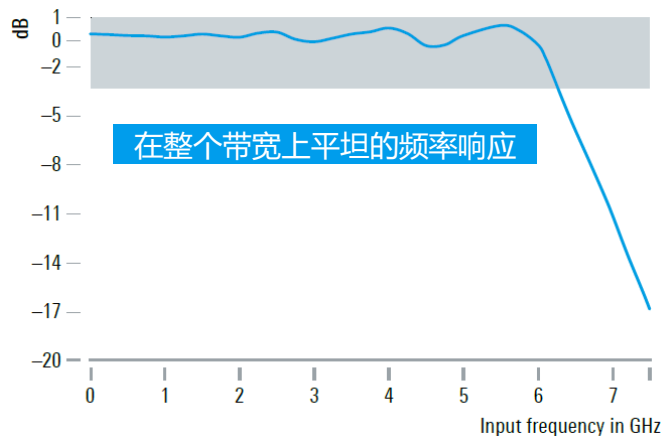
捕获所有信号细节 具有出色的信号完整性

R&S®RTO6 特点

- ▶ 低噪声前端和最小化串扰
- ▶ 平坦的频率响应
- ▶ 具有超宽 SFDR 的出色 A/D 转换器
- ▶ 优异的长期稳定性

从中获益

- ▶ 执行低噪声测量
- ▶ ENOB高达9.4位
- ▶ 准确而精确地测量



查看更多 高达 16 位分辨率

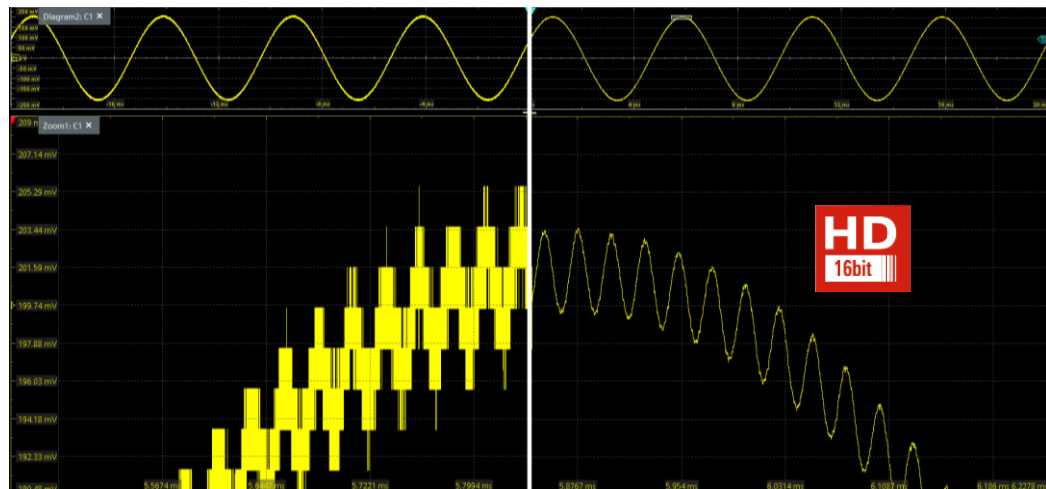
R&S®RTO6 特点

- ▶ HD模式：数字低通滤波器
- ▶ 垂直分辨率高达16-bit
- ▶ 极低的噪声水平: 10 μ V*
- ▶ 不降低采样率 $\rightarrow$ 波形无混叠

从中获益

- ▶ 获取更平滑的波形
- ▶ 查看更多信号细节

*@ 50 Ω , 1 mV/div, 10 MHz 滤波带宽



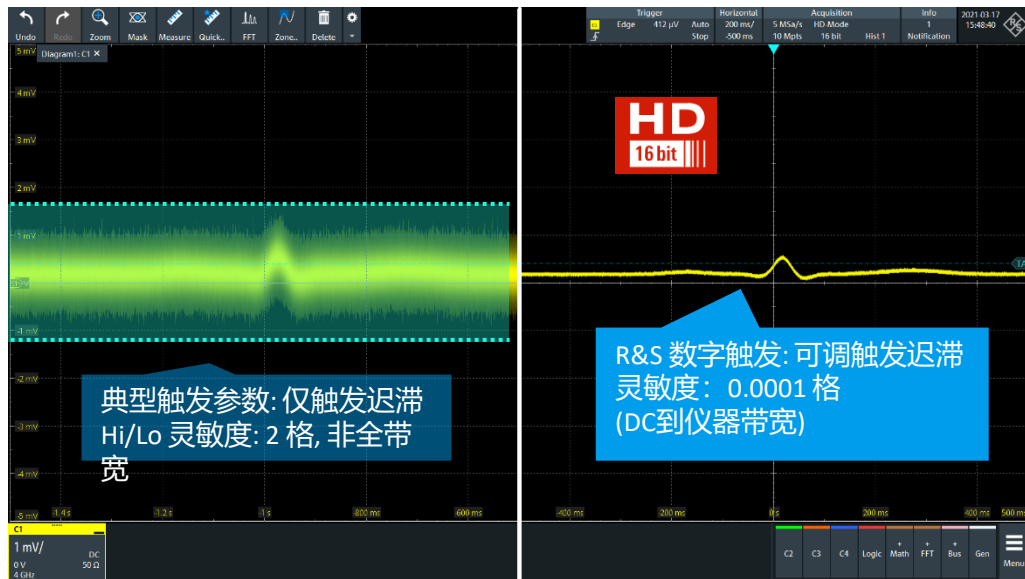
查找复杂的信号细节 具有高级触发功能

R&S®RTO6 特点

- ▶ 独特的数字触发架构
- ▶ 更多触发功能
- ▶ 触发灵敏度可调: 0.0001 div 在所有带
- ▶ 触发抖动: < 1 ps rms

从中获益

- ▶ 在微小信号幅度上实现触发
- ▶ 隔离相关事件
- ▶ 利用高级触发方案, 例如区域触发



测量更多 具有快响应深存储

R&S®RTO6 特点

- ▶ 标配: 200 Mpts 每通道, 800 Mpts 单通道
- ▶ 最大: 2 Gpts
- ▶ 分段存储 & 历史回放
- ▶ ASIC信号处理

从中获益

- ▶ 以高采样率测量更多
- ▶ 捕获相隔较远的触发事件
- ▶ 分析之前的捕获波形

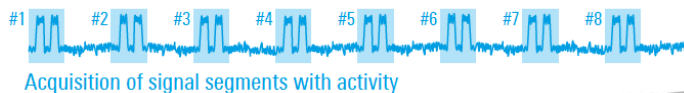
Signal with communications pauses



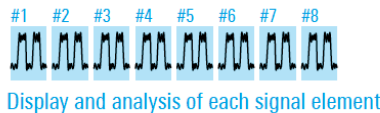
Single-shot acquisition



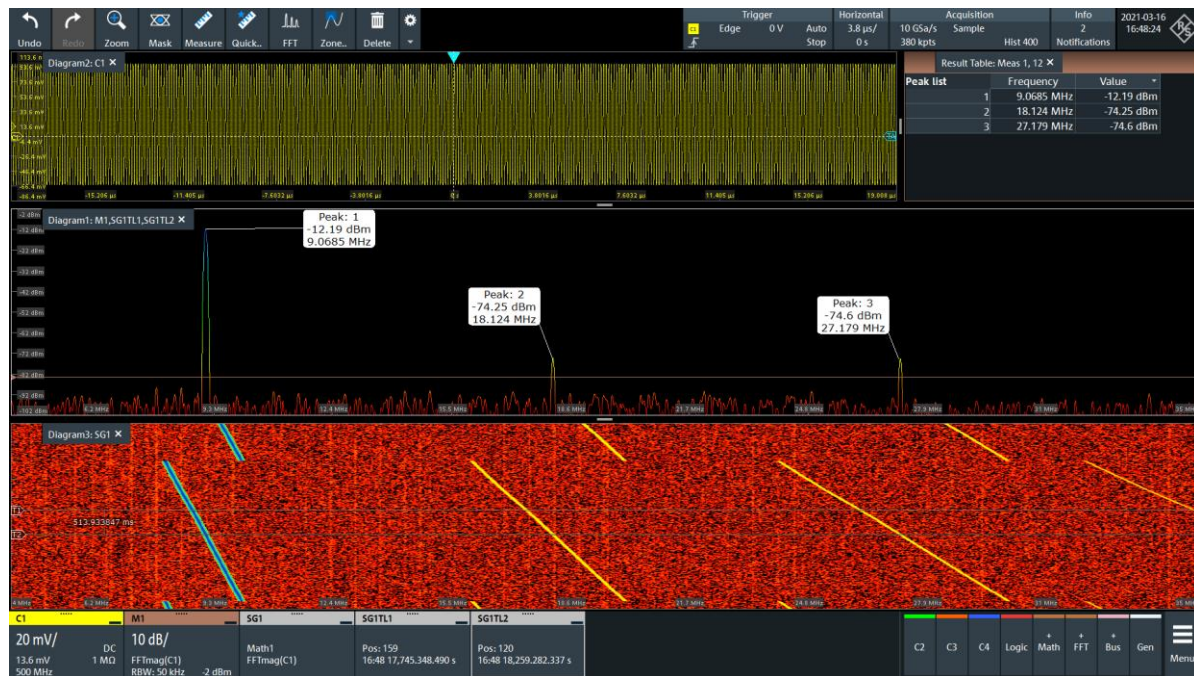
Acquisition using segmented memory



Analysis of each segment using the history function

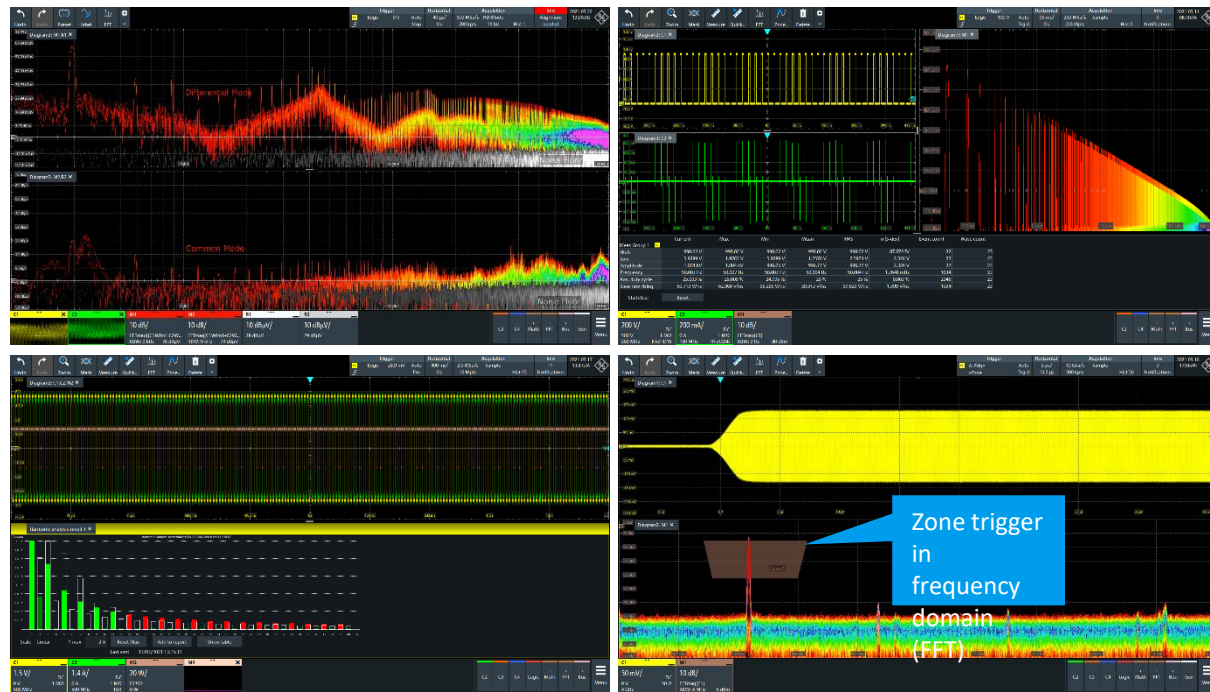


频谱分析 示波器内置射频硬件



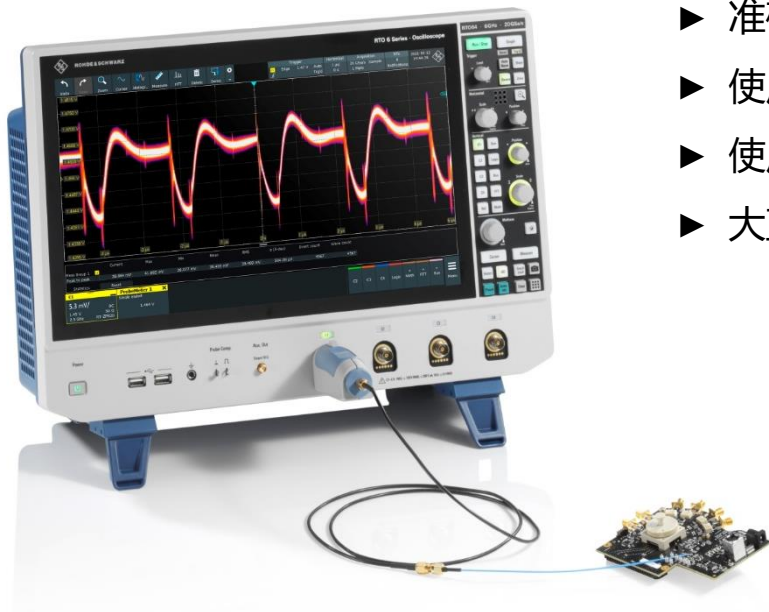
- ▶ 多通道频谱分析
多达 8 个并行 FFT
- ▶ 区域触发
时域和频域
- ▶ 门控 FFT
关联频率和时间
- ▶ 频谱瀑布图
显示频谱随时间的变化
- ▶ 对数显示
- ▶ 峰值列表

功率分析和 EMI 调试 专为功率和 EMI 测量而设计

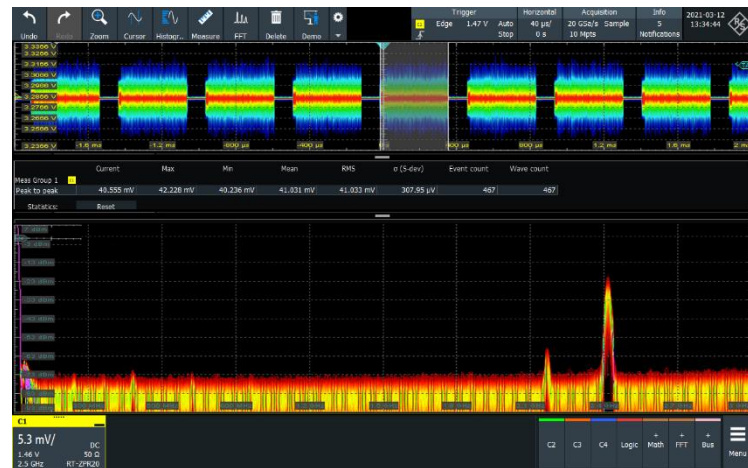


- ▶ 查看电源信号细节
高达 16 位分辨率
- ▶ 保持快速采样率
在长存储下
- ▶ 可视化EMI诊断
- ▶ 专业测量功能
快速准确的结果
- ▶ 广泛的探头产品组合
高压和电流探头

电源完整性 电源轨的调试和验证



- ▶ 准确测量电源纹波和 PARD
- ▶ 使用快速 FFT 查找耦合源
- ▶ 使用高保真探头进行电源轨表征
- ▶ 大直流偏置和集成高精度直流电压表



串行总线分析

轻松触发、解码和协议分析



- ▶ 基于硬件的触发和解码的快速分析
- ▶ 同时解码多达四路串行总线
- ▶ 用于深入分析的高级总线测试
- ▶ 搜索功能可更轻松的分析长时间而复杂的信号

远程访问和控制

- ▶ 通过浏览器或远程桌面轻松访问
- ▶ 控制仪器的所有功能
- ▶ 接口: Ethernet, USB, GPIB



罗德与施瓦茨示波器探头



高压探头



单端探头



模块化探头



EMI近场探头



电源完整性探头



无源电压探头



宽带探头



高压差分探头



差分探头



多通道功率探头



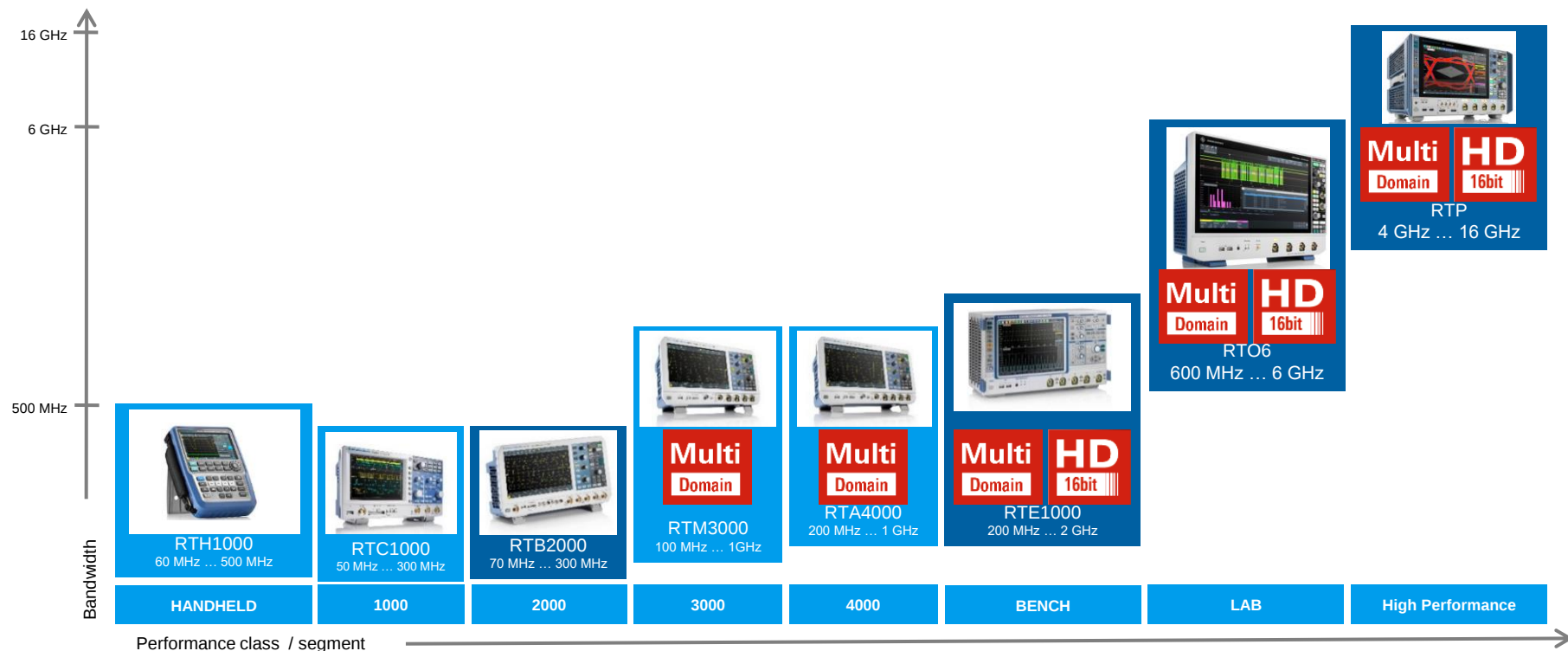
电流探头

无源

有源

专用

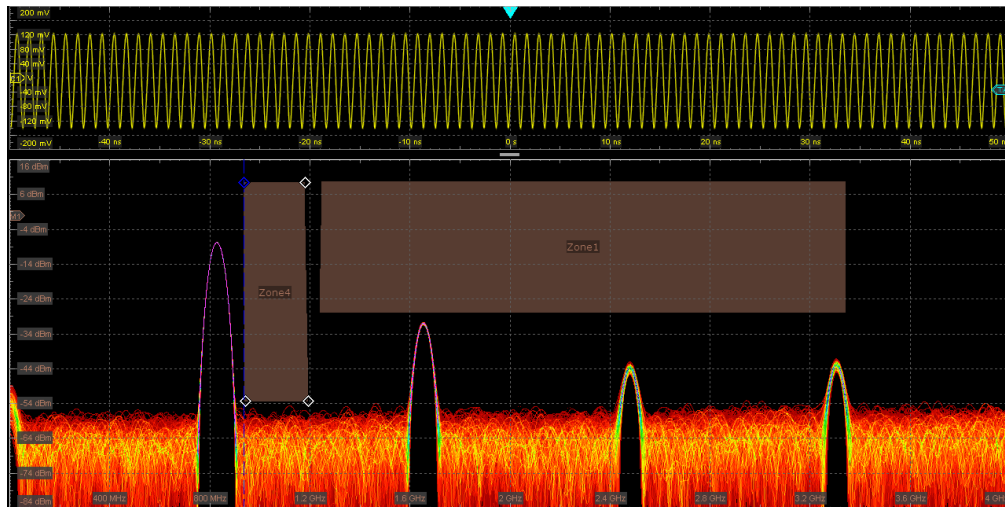
罗德与施瓦茨示波器家族



区域触发功能

R&S®RTO6 的新功能

- 时域和频域区域触发
- R&S®RTO6标配



	R&S®RTO2000	R&S®RTO6
时域 - 触发显示的波形	区域触发功能 选配	区域触发功能 标配
频域 - 触发显示的频谱 (FFT)		

时基精度

R&S®RTO6 的新功能

► 包括 OCXO, 包括 Ref-In

- 恒温晶体振荡器
- RTO2000需要 RTO-B4 选项

► 时基精度: ± 10 ppb (after delivery/calibration)

Timebase accuracy	after delivery/calibration, at +23 °C	± 10 ppb
	during calibration interval	± 100 ppb
	long-term stability (more than one year since calibration)	$\pm(50 + 50 \times \text{years since calibration})$ ppb

	R&S®RTO2000 (without RTO-B4)	R&S®RTO6
时基精度	5000 ppb	10 ppb

更多记录长度 行业领先的2G深存储

R&S®RTO6 的新功能

- ▶ 标配每通道200 Mpts记录长度，单通道使用可达800 Mpts

	R&S®RTO2000	R&S®RTO6
标配每通道记录长度	50 Mpts	200 Mpts
选配每通道记录长度	100/200/400 Mpts 1 Gpts	400 Mpts 1 Gpts
最大记录长度	2 Gpts on 2 通道	2 Gpts on 2 通道

ASIC信号处理能力确保即使使用深存储器也能快速响应



当即时洞察遇到 深入信息

获得最适合您应用的最佳示波器，频率高达 6 GHz

R&S®RTO6:
让R&S®RTO系列
更上一层楼