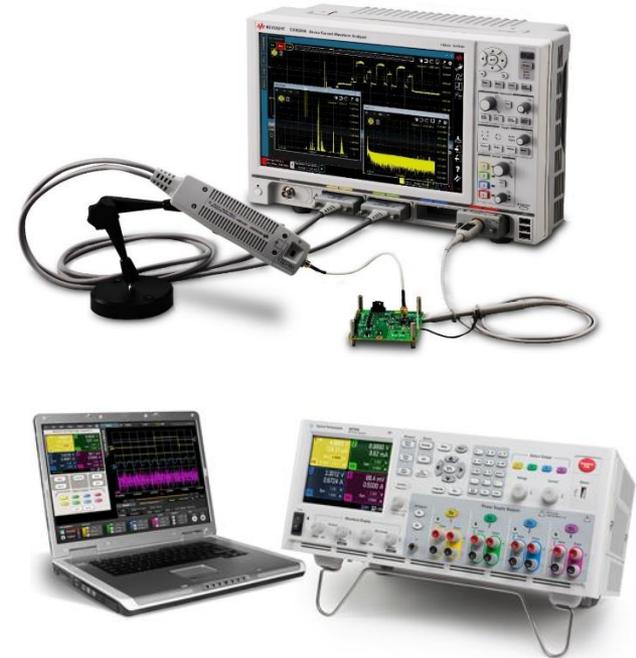
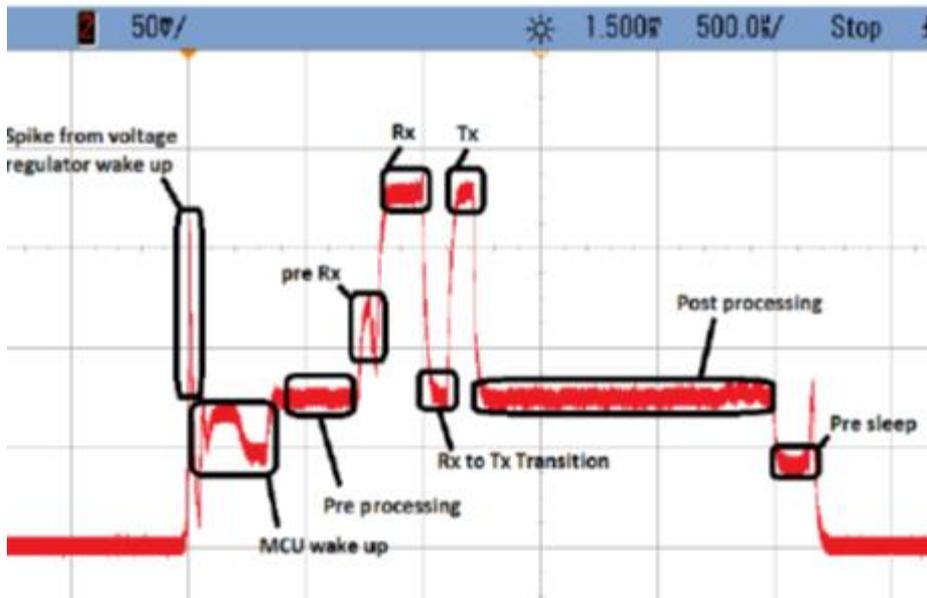


智能/IOT设备从整机、子电路、芯片到材料的精密电流及功耗分析

Page



物联网 (IoT) 市场趋势及前景



Billions of devices on the internet



IoT 设备年增长率16.7%，预计 2017年达到\$800B

-IDC

预计到2020年，IoT设备数量将达到50B

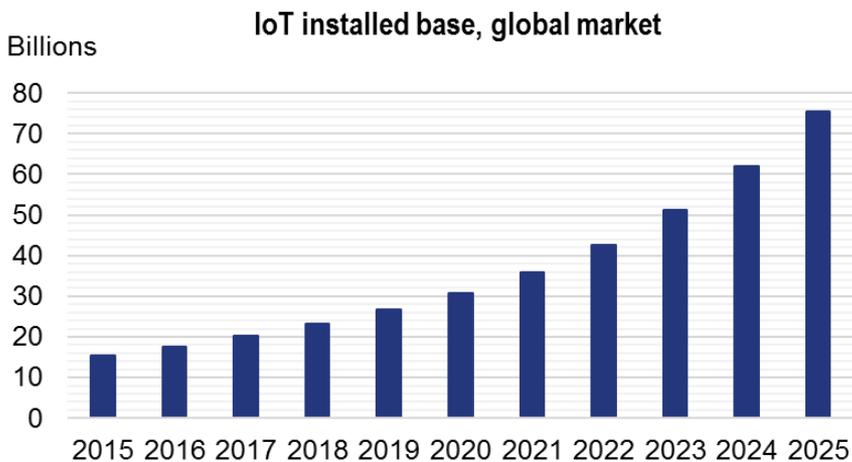
-Cisco

预计到2025年，IoT设备数量将达到95.5B

-IHS Technology

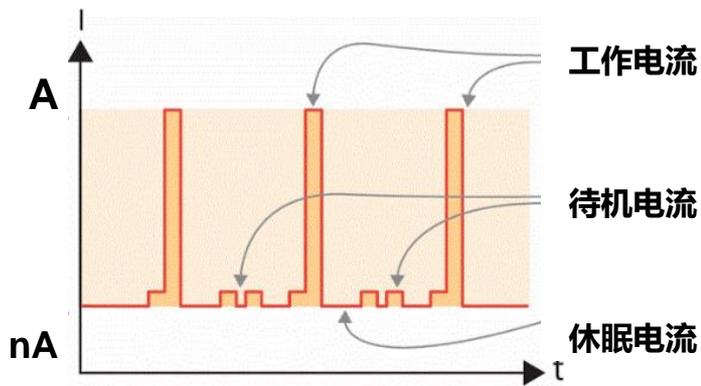
“90% of all Samsung’s products will be IoT devices by 2017, and 100% by 2020”

-- BK Yoon Samsung Electronics President and CEO



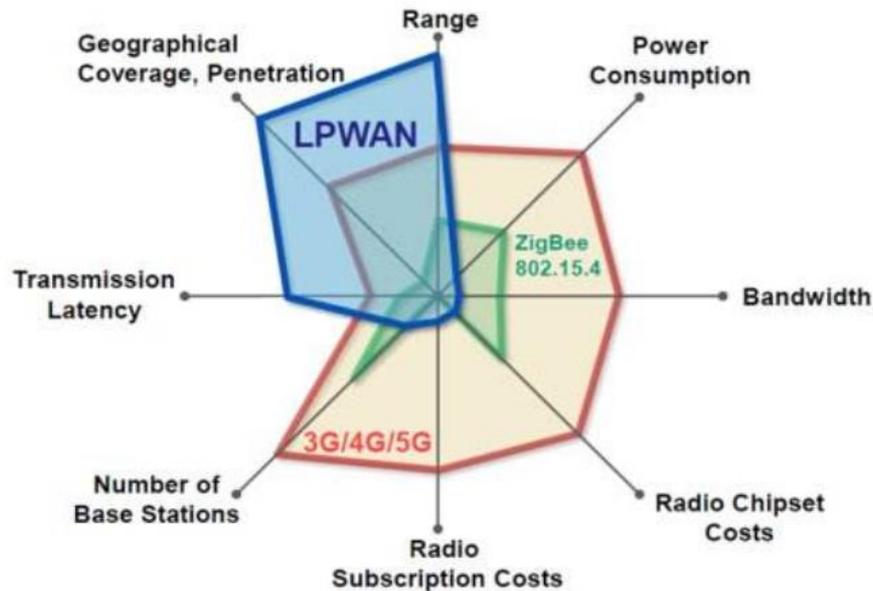
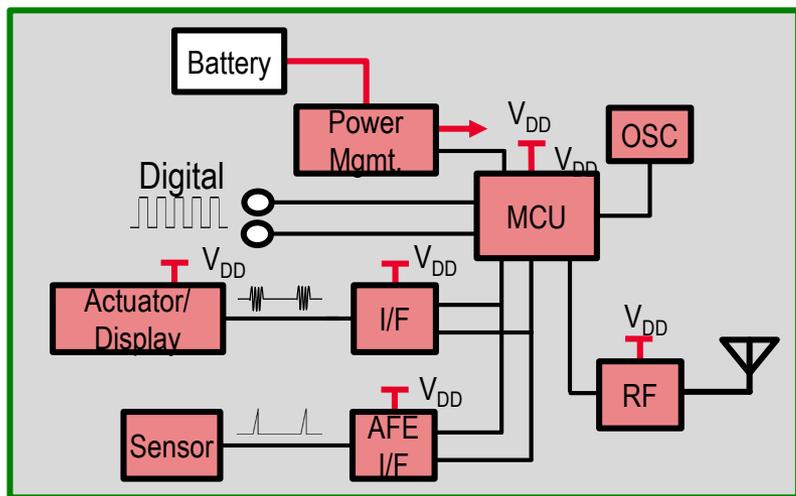
Source: IHS 2016

低功耗—物联网 (IoT) 终端及模块的至关重要



- ✓ 实现性能和功耗之间更好的平衡
- ✓ 快速、精准功耗测量和优化, 确保更快上市
- ✓ 避免因功耗 (续航时间) 缺陷引起的巨量召回

低功耗、工作寿命长



内容安排

- 整机功耗分析方案
- 子电路、芯片、器件的功耗分析方案
- 新型材料漏电流或绝缘阻抗方案



N6705B 直流电源分析仪

单台仪器中整合多种测试仪器的功能



- 1 至 4 路高性能电源/负载
- 数字电压表和电流表 (8A-nA动态)
- 带功率输出的任意波形发生器
- 示波器 (20万数据/秒)
- 数据采集 (1000小时)

14585A 功耗分析软件

N6705功耗测试四个独特优点：

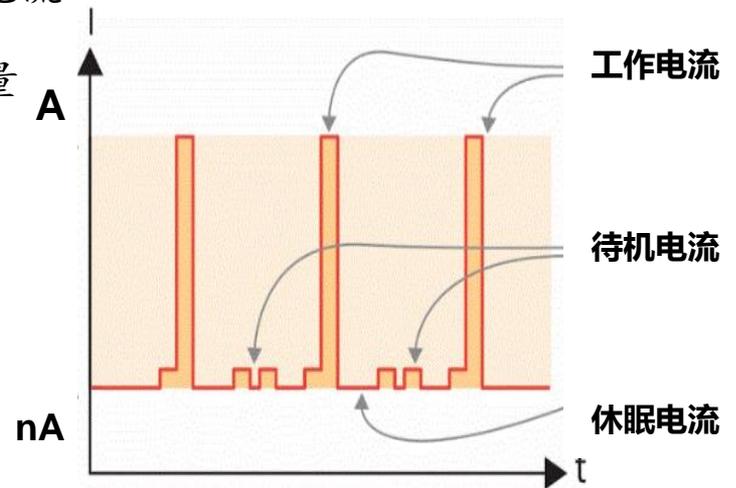
1. 无缝量程切换技术，实现28比特动态，可以轻松测量大范围 (8A-80nA) 快速变化的耗电电流波形；
2. 高达200 KHz (5us)电流采样率，精确测量脉冲电流；
3. 长达1000小时连续数据记录；
4. 可视化电流测试软件，电流测试与操作同步测量。



智能终端、IoT(物联网)、AI(人工智能)、VR(虚拟现实) ——耗电测量的挑战

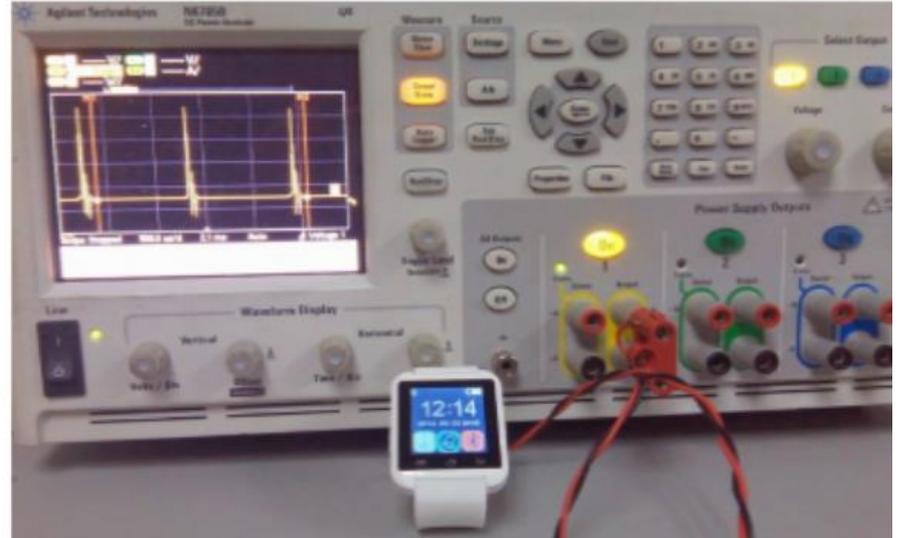
设备耗电特性：大范围变化的动态电流，频率在 KHz甚至更高

- 更高的电流测量精度
 - 微安 (uA) 级休眠电流，甚至纳安 (nA) 级漏电流
- 动态电流变化范围大：
 - 从微安级休眠电流到百毫安甚至安培级发射电流
 - 针对不同范围电流都能提供连续，准确的测量
 - 脉冲宽度窄，一般在几百微秒至毫秒级
- 高采样速率和长时间的连续测量
 - 更快的采样速率，更长的存储深度

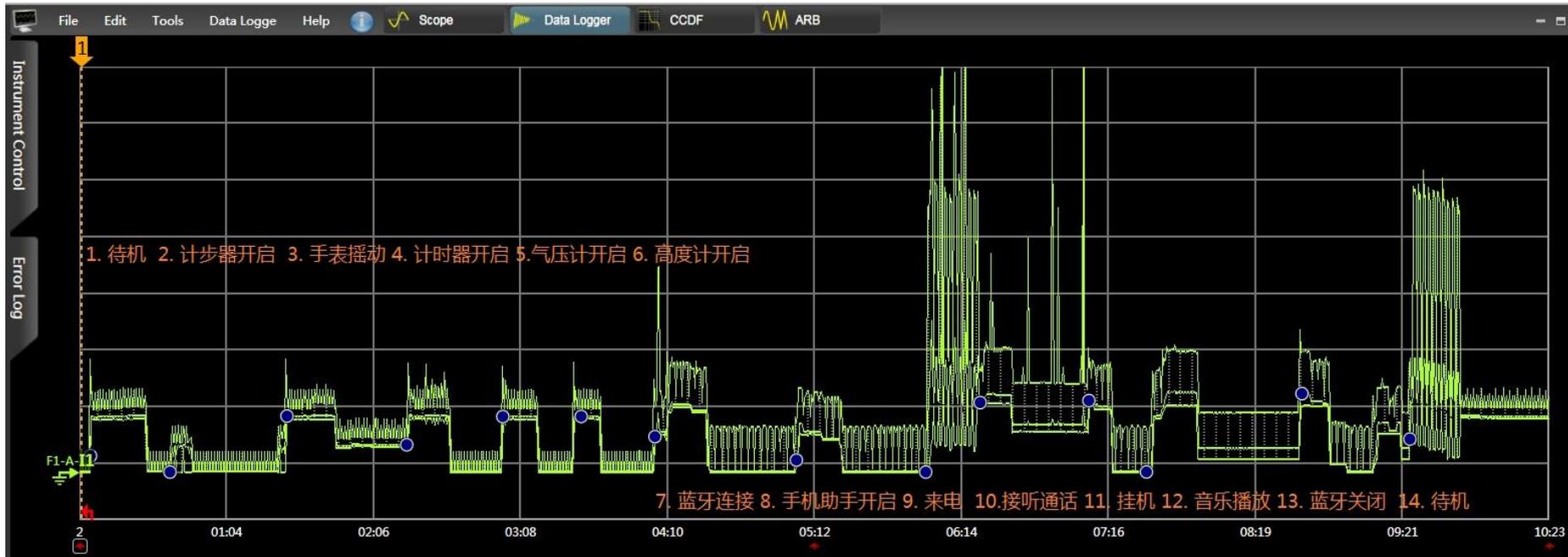


某“智能手表”功耗测试拆装过程

穿戴产品



“智能手表”功耗实测——各种模式及状态（10分钟）

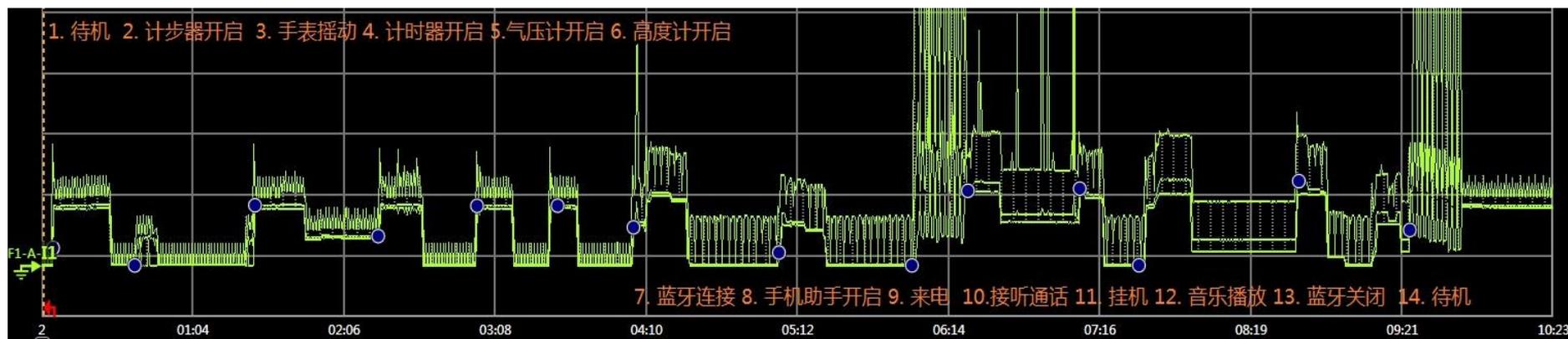


✓ 14585A启动数据记录仪 Data Logger (持续10分钟)

✓ “智能手表”从待机开始，依次操作“手表”启动计步器→计时器→气压计→高度计→蓝牙→手机助手→来电→通话→音乐播放→断开蓝牙→待机

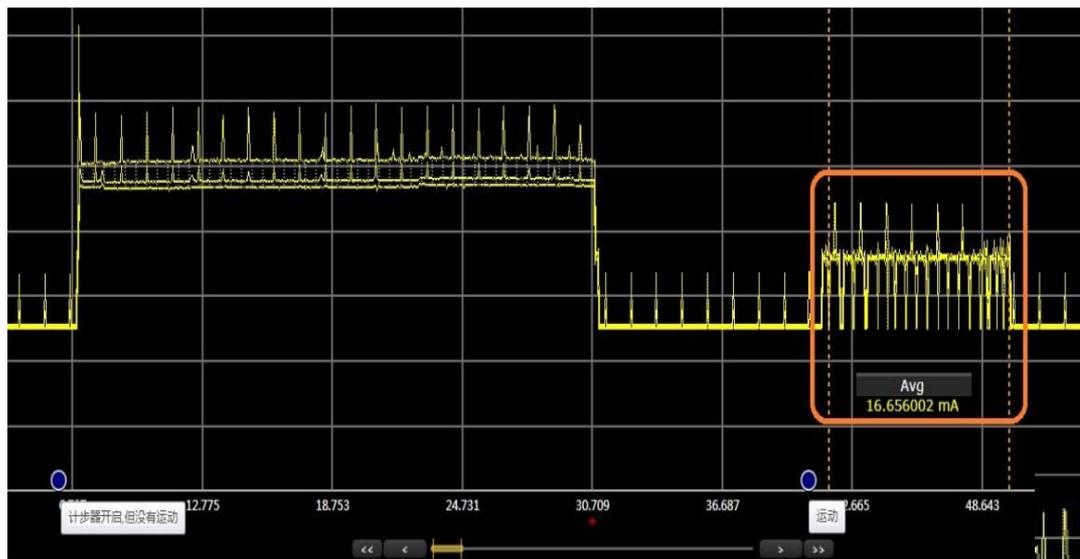
✓ 软件时，在各操作处设定“事件标签”

“智能手表” 功耗实测——数据分析（可离线）

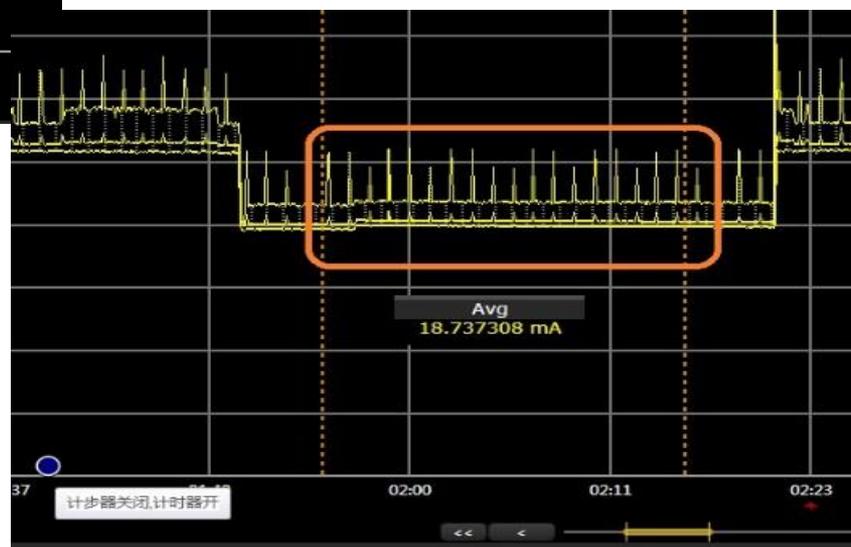


	待机	计步器	计时器	气压启	高度计	蓝牙连接	手机助手开启	来电	接通	挂机	音乐播放	蓝牙退出
手表状态	待机	A 屏幕亮	来电	A 屏幕亮	A 屏幕亮	A 屏幕亮	蓝牙退出					
起始时间	0:00	0:08	1:32	2:23	3:04	4:14	5:10	6:01	6:24	7:12	7:41	9:11
截至时间	0:06	0:28	1:49	2:36	3:14	4:26	5:23	6:20	6:35	7:17	7:55	9:46
平均电流 (mA)	0.3706	38.0202	38.1429	38.2273	37.8934	44.1605	24.6711	65.9413	52.4654	44.3494	54.0867	46.046
最大电流 (mA)	14.1589	57.466	60.1557	73.402	56.425	75.708	55.1805	319.6208	148.721	74.8239	87.0712	205.49
最小电流 (mA)	0.0482	35.0162	35.6246	31.905	35.7823	40.3939	21.9707	14.2373	46.0426	42.2576	27.0969	8.739
手表状态		B 屏幕灭		B 屏幕灭	B 屏幕灭	B 屏幕灭	待机					
起始时间		0:33	1:53	2:42	3:18	4:33	5:30		6:36	7:19	7:56	9:47
截至时间		0:38	2:15	2:58	3:28	4:57	5:56		7:06	7:34	8:36	-
平均电流 (mA)		0.4759	18.6953	0.4644	0.3794	0.3366	0.3674		32.525	0.3707	16.3356	38.0221
最大电流 (mA)		0.1405	37.1117	15.0608	14.1623	31.367	31.8705		518.69	31.8619	40.7279	57.511
最小电流 (mA)		14.2798	16.4621	0.0075	0.04861	0.04791	0.04946		26.9036	0.04724	8.718	36.0628
手表状态		C 手表摆动										
起始时间		0:42										
截至时间		0:49										
平均电流 (mA)		16.6543										
最大电流 (mA)		32.0728										
最小电流 (mA)		0.0094										

“智能手表” 功耗实测——这个功能的功耗也很大？



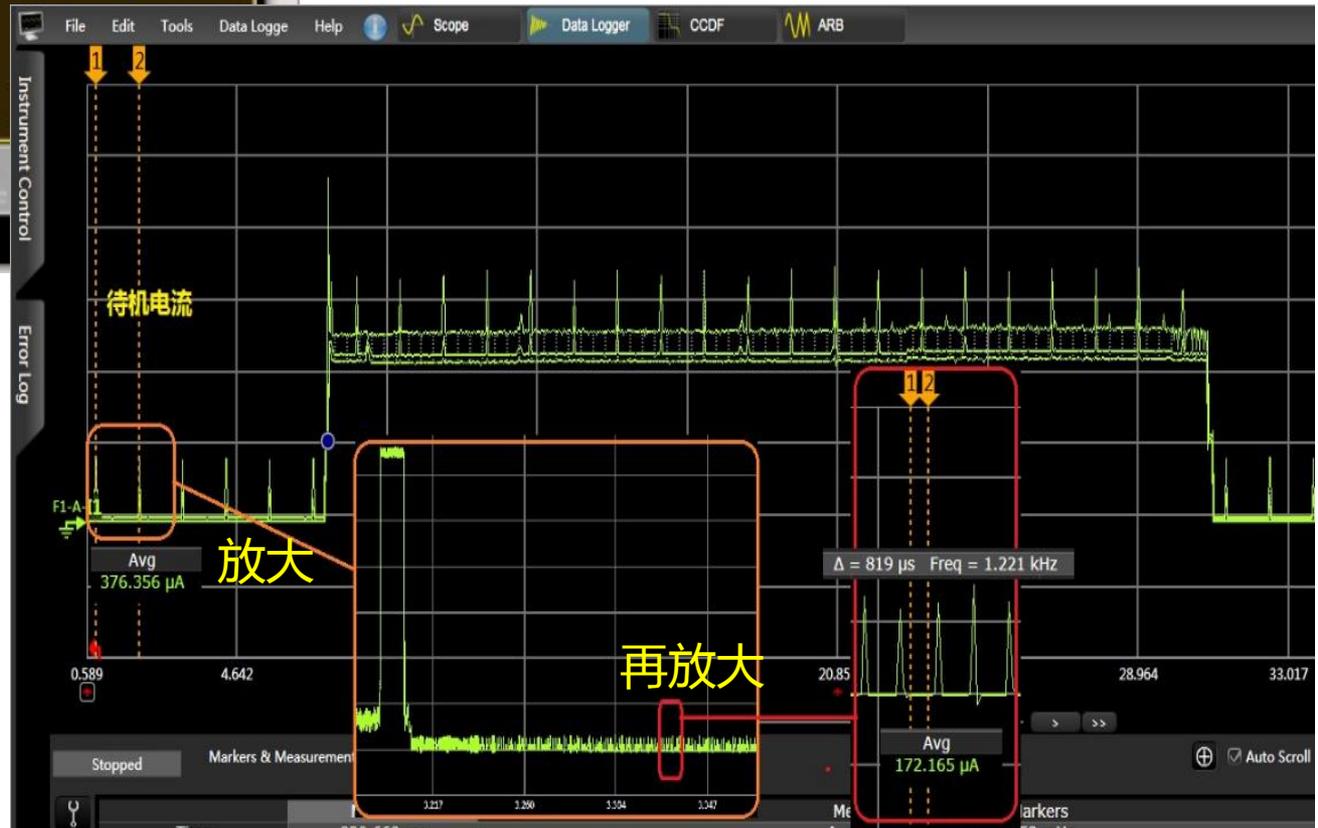
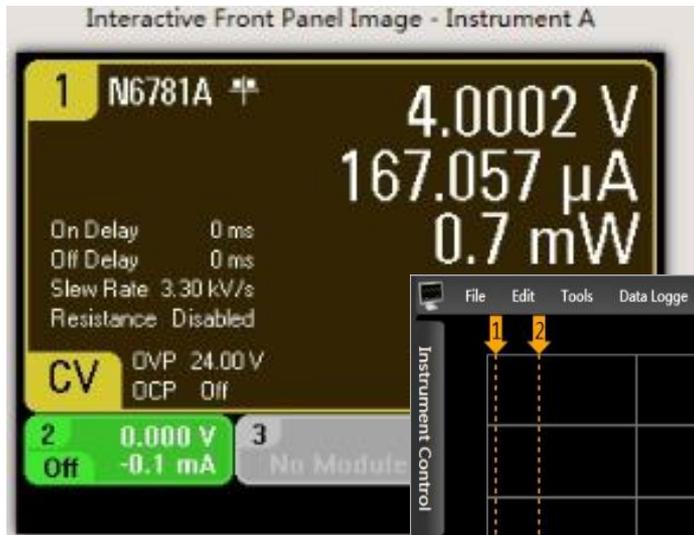
计步器功能开启，“手表”摆动时功耗16.6mA



秒表后台运行，功耗18.7mA



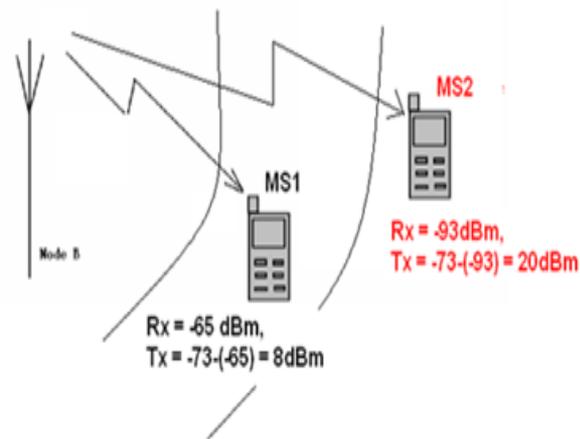
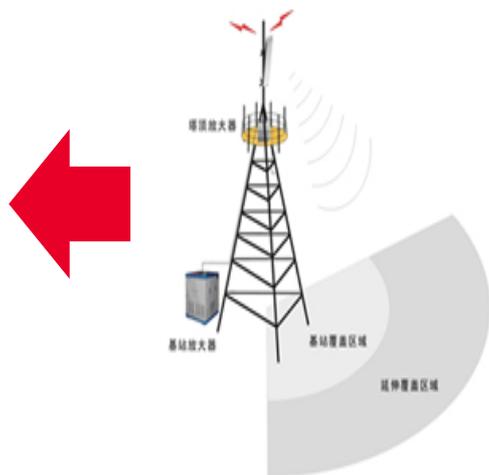
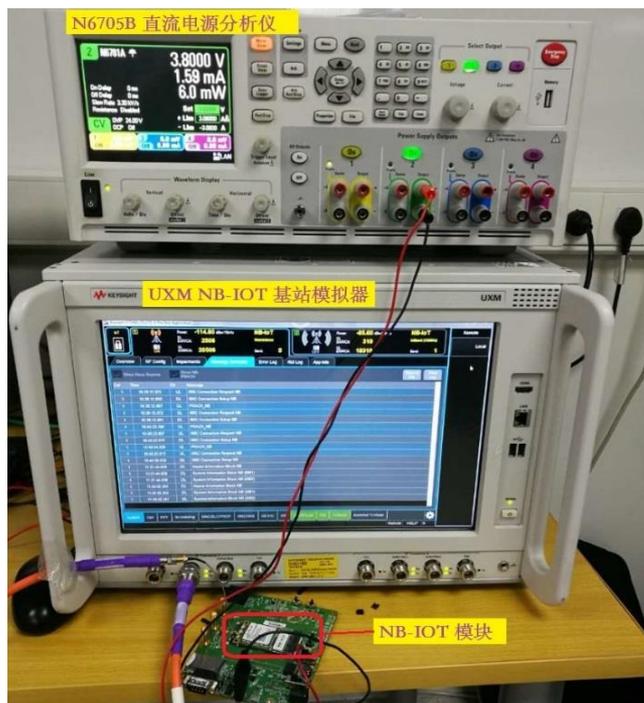
“智能手表” 功耗实测——不一样的待机功耗？



NB-IoT模块功耗测试环境及平台

物联网

- 物联网终端或模块，可以说低功耗是最基础、也是最重要的指标；
- 工作寿命长是物联网模块推广的关键，某些场合需要10年以上；
- 同样需要保证各种模式下的功耗都比较低，包括降低发射及接受时的功耗，并能够及时进入超级省电模式。



就功耗而言，接收到的信号小，发射的功率大都消耗更多的电量

在进行模块的功耗测试时，需要一个完全可控，替代实际网络的设备，UXM NB-IoT基站模拟器就是这样的设备。

NB-IoT模块的PSM模式进驻和功耗测试

PSM 模式进驻和功耗测试（测试条件及步骤如下）：

TC-NB-IoT-POWER PSM 寻呼测试

预置条件	<ol style="list-style-type: none">1) 使用 N6705B 电源分析仪 对模块供电，电压设置为模块使用的电压；2) UXM NB-IoT 基站模拟器 发射功率为-114.8dBm，无噪声，无衰落，室内常温状态；3) 设置 RRC RELEASE 超时定时器为 10 秒；4) 不限制上行子载波个数（single-tone 或 multi-tone），不限制上行子载波间隔；5) RRC_IDLE 态 DRX 周期为 1.28 秒，T3324 定时器为 10 秒，不使用 eDRX；6) TAU 周期为 10 分钟。
测试步骤	<ol style="list-style-type: none">1) 测试模块成功附着网络；2) 模块不收发数据，进入 IDLE 态，并等待 T3324 超时，进入 PSM 模式；3) II 向模块发送寻呼，检查模块是否收到寻呼？

PSM (Power Saving Mode) : 即低功耗模式，其原理是允许UE在进入空闲态一段时间后，关闭信号的收发和AS（接入层）相关功能，相当于部分关机，从而减少天线、射频、信令处理等的功耗消耗。



N6705直流电源分析仪的Data Logger上观察的该测试过程，NB-IoT模块开机，通过发送和接收消息与UXM NB-IoT基站模拟器通信，完成上网注册，接收系统消息T3412(TAU =10 Min)和T3324(Active Timer=10 Sec)，DRX(1.28 Sec)。

右图，光标Marker 1至Marker2间隔为10秒，在此期间每1.28秒（约8个接收寻呼的电流脉冲）。

最后正常进入PSM省电模式，电流仅仅1.167uA，顺利完成PSM模式进驻。

虽然PSM模式耗电仅仅1.67uA，但模块在进行系统注册时，最大电流为61.89mA，为PSM模式的6.2万倍

NB-IoT模块发射状态功耗测试

模块发射状态功耗要求

TC-NB-IoT-POWER

上行功耗

预置条件	<ol style="list-style-type: none">1) 使用 N6705B直流源分析仪 对模块供电，电压设置为模块使用的电压；2) UXM NB-IoT 基站模拟器 发射功率为-124.8dBm，无噪声，无衰落，室内常温状态；3) UXM NB-IoT 基站模拟器 设置 RRC RELEASE 超时定时器为 10 秒；4) 不限制上行子载波个数 (single-tone 或 multi-tone)，不限制上行子载波间隔，根据模组自身支持情况选择；5) RRC_IDLE 态 DRX 周期为 1.28 秒，T3324 定时器为 10 秒，不使用 eDRX；6) 延长版的 TAU 周期 (即 T3412 extended) 设置为 2 分钟。
------	--

UE接收到的基站信号为-124.8dBm；



按照协议T3324 (TAU为2 Min) 时间, 模块从PSM低功耗模式唤醒, 重新与网络进行系统更新, 获取网络的寻呼消息。

但由于网络信号强度由 -114.8dBm 下降为 -124.8dBm, 同理, UE的发送功率也相应的增大 10dB, 所以最大电流增大到 **206mA**, 是刚才62mA的 3 倍多。

你了解产品的功耗吗？



数码



海洋监测



智能家居



智能穿戴



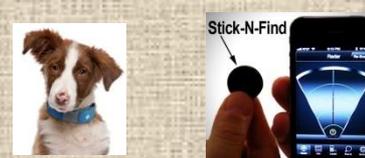
移动支付



智慧医疗



网联汽车



宠物跟踪

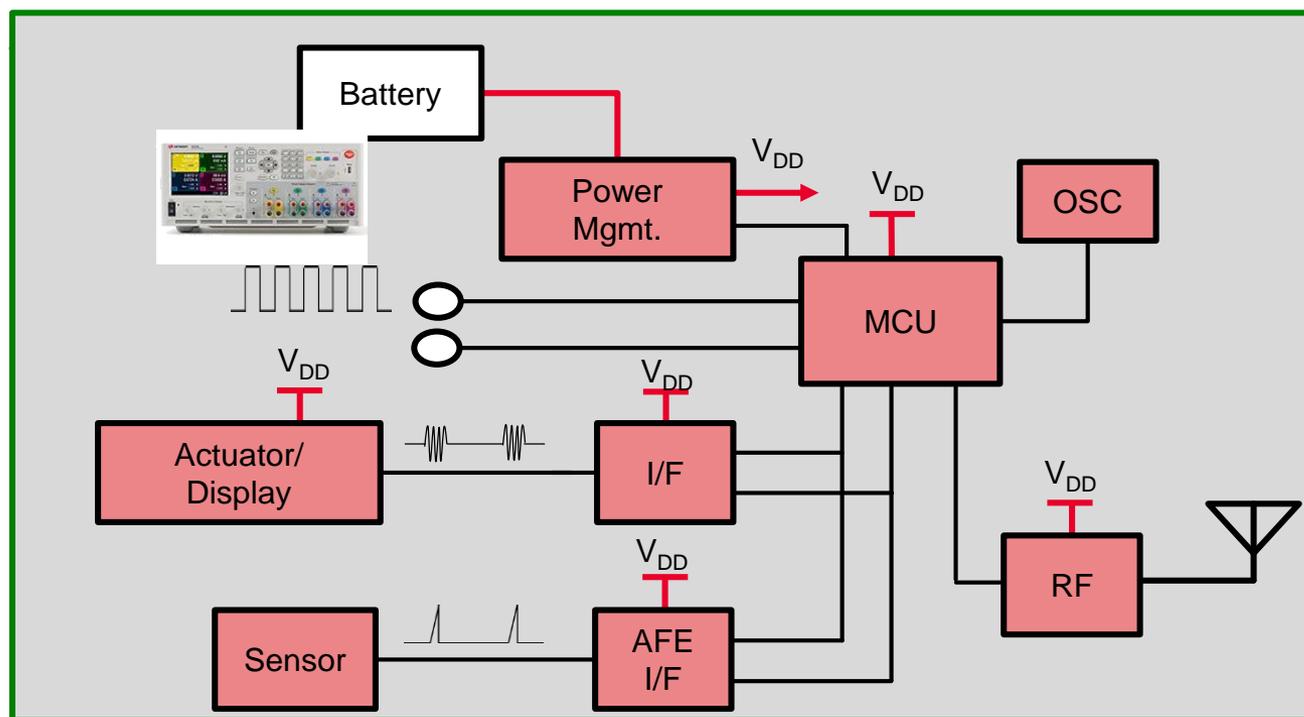
这样的N6705是否你正在寻找的功耗分析手段？



1. 无缝量程切换技术，28 比特动态，可以轻松测量大范围（8A-80nA）快速变化的耗电电流波形；
2. 高达200 KHz（5us）电流采样率，精确测量脉冲电流；
3. 长达1000小时连续数据记录；
4. 可视化电流测试软件，电流测试与操作同步测量（电流优化必备）。

内容安排

- 整机功耗分析方案
- 子电路、芯片、器件的功耗分析方案



CX3300 电流波形分析仪

新品种

主要指标

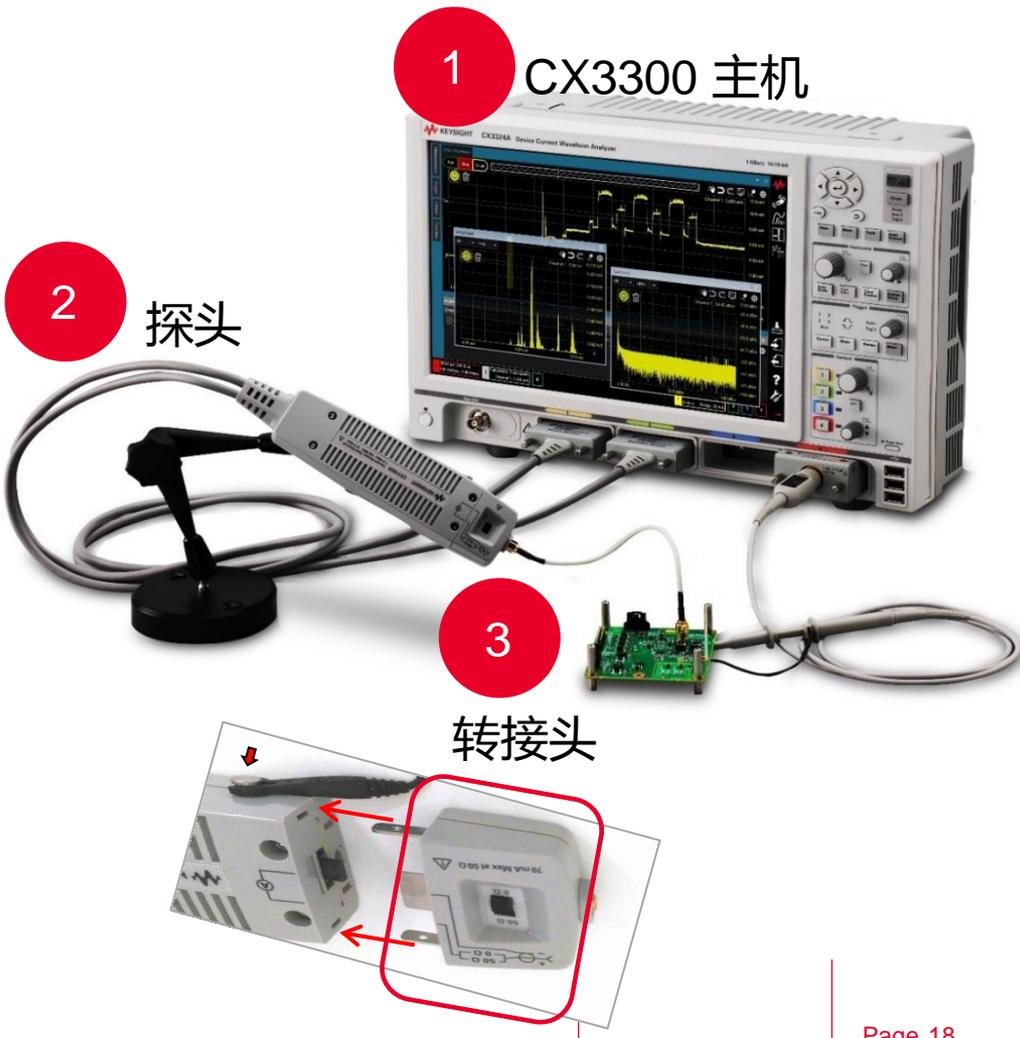
- 测试电流范围：10A 至150pA
- 采样速率：1GSa/s
- 测量带宽：200MHz
- 测量动态：14比特（高速模式）
16比特（高分辨率模式）
- 存储深度：256M pts/通道
- 通道数：2或4通道
- 电压测量：噪声(RMS) < 90uV

1 CX3300 主机

2 探头

3

转接头

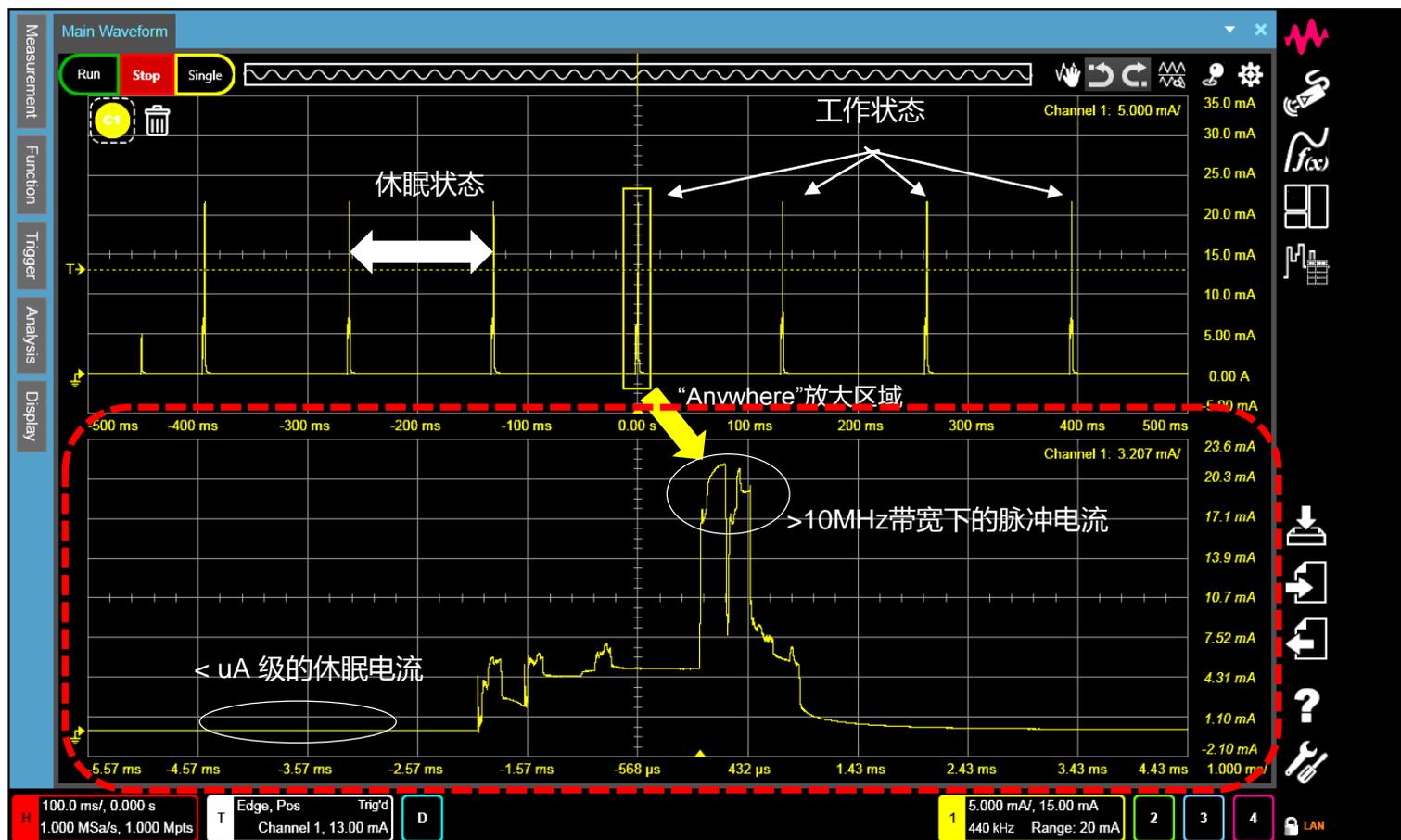


CX3300曝光的低功耗IC芯片的电流波形

低功耗测量时，休眠模式及工作模式下都需要精确的电流测量！

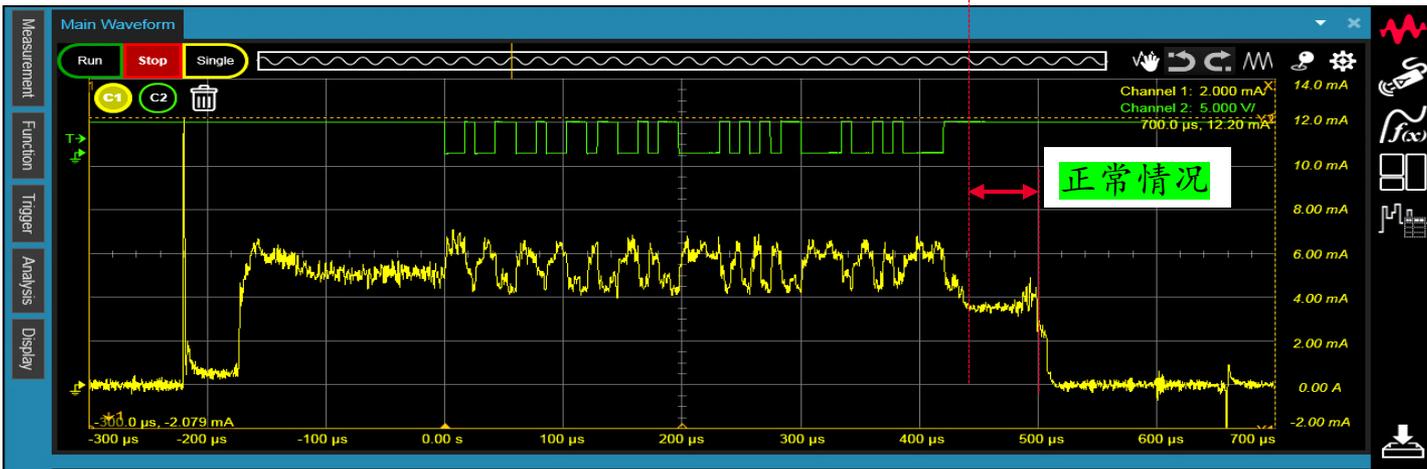
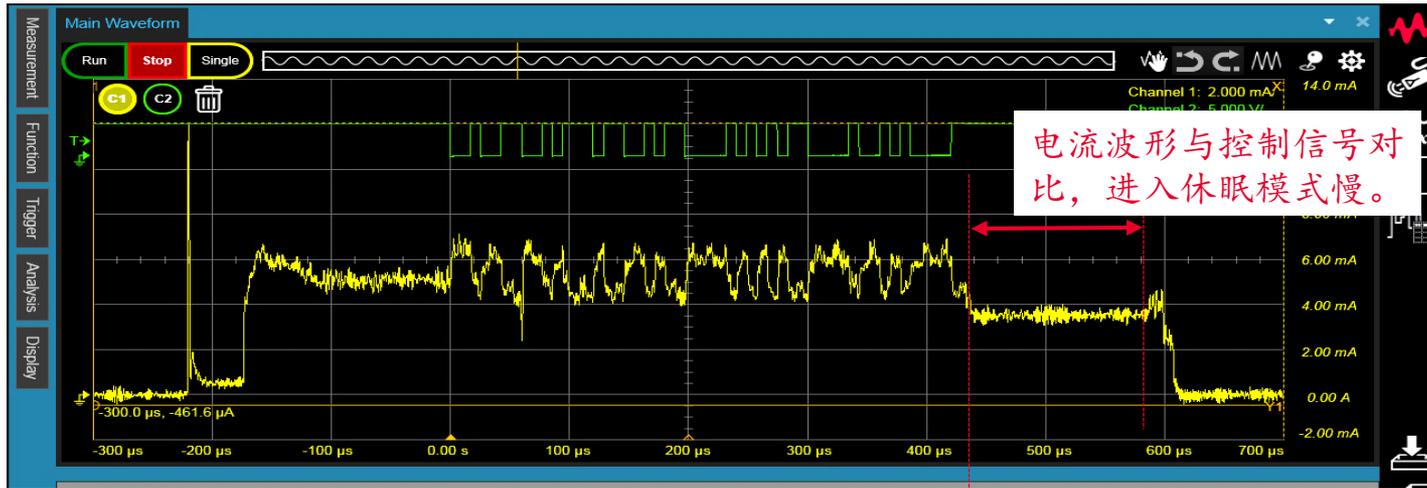


BLE SoC 子模块功耗实测



软件问题查找—控制信号与电流波形比较

通过对比数字信号与电流波形，查找分析软件控制缺陷！



动态电流时VDD供电稳定度

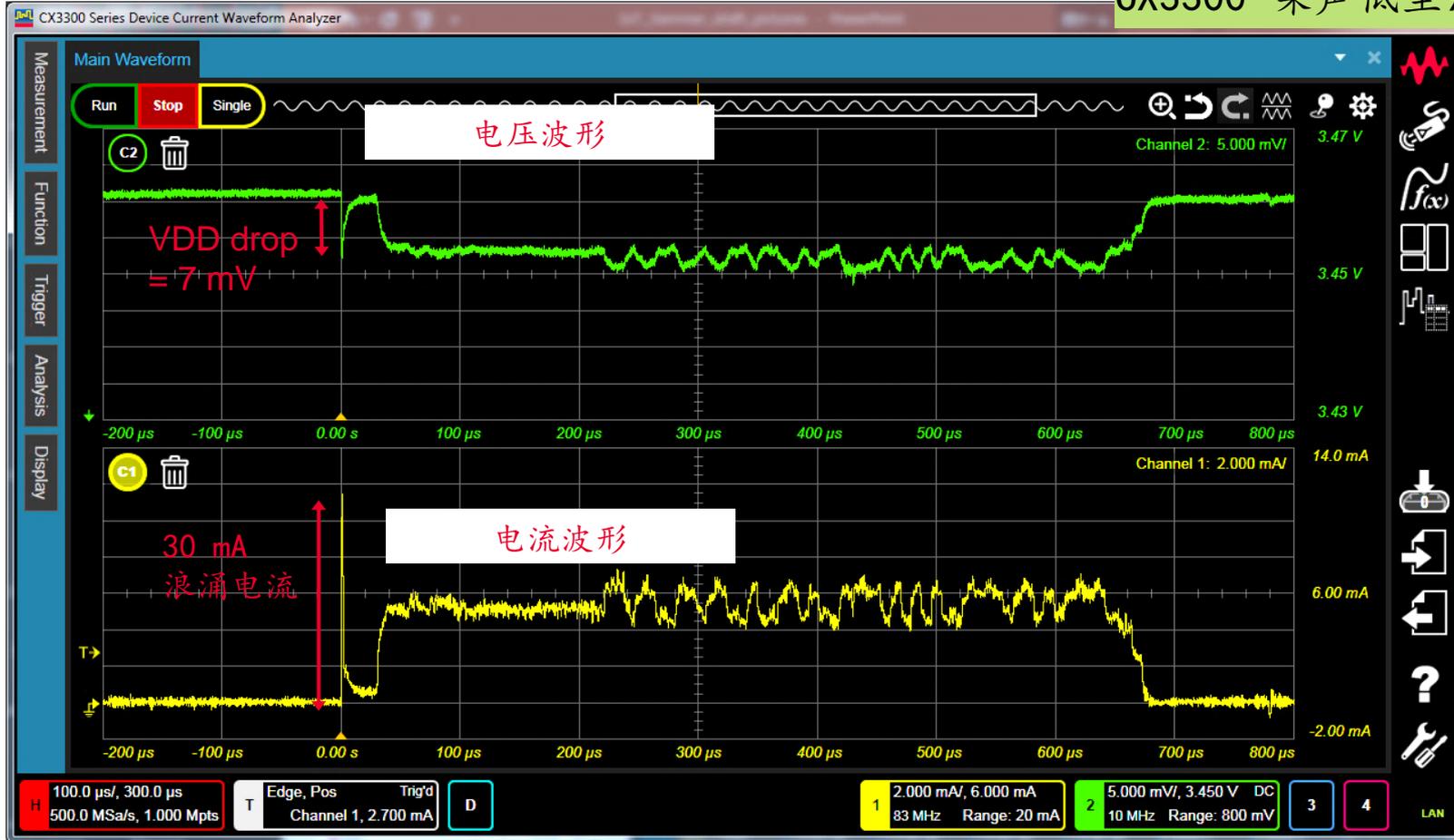
通过精密电压和电流波形对比，分析电源完整性！

Table 31. CX1151A characteristics overview

	Range	Noise (rms) ¹	Maximum bandwidth (-3 dB) ²	DC offset range and resolution
Voltage measurement	8 V	5.0 mV	300 MHz	±16 V, 16-bit resolution
	4 V	2.8 mV		
	1.6 V	1.8 mV		
	0.4 V	250 μ V		
	0.2 V	140 μ V		
	0.08 V	90 μ V		±0.8 V, 16-bit resolution

1. Full bandwidth measured with mainfr...

CX3300 噪声低至90 μ V



一键式功耗特征自动创建功能

1. 选择Analysis > Profiler

2. 拖拽该图标至波形上

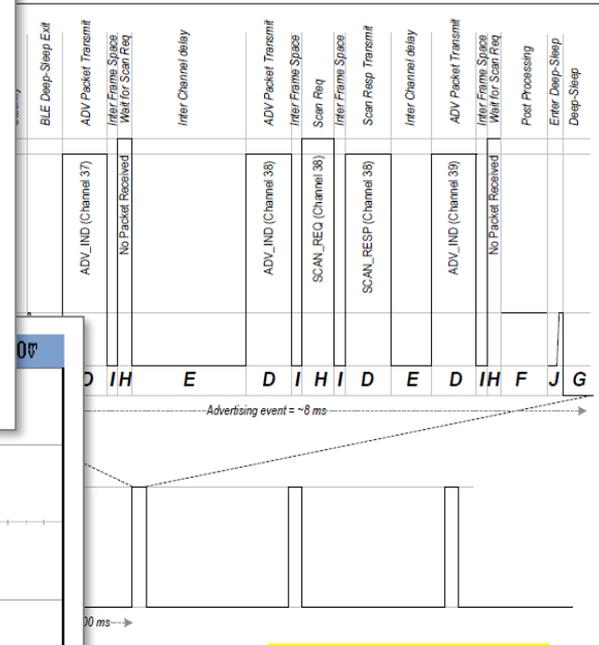
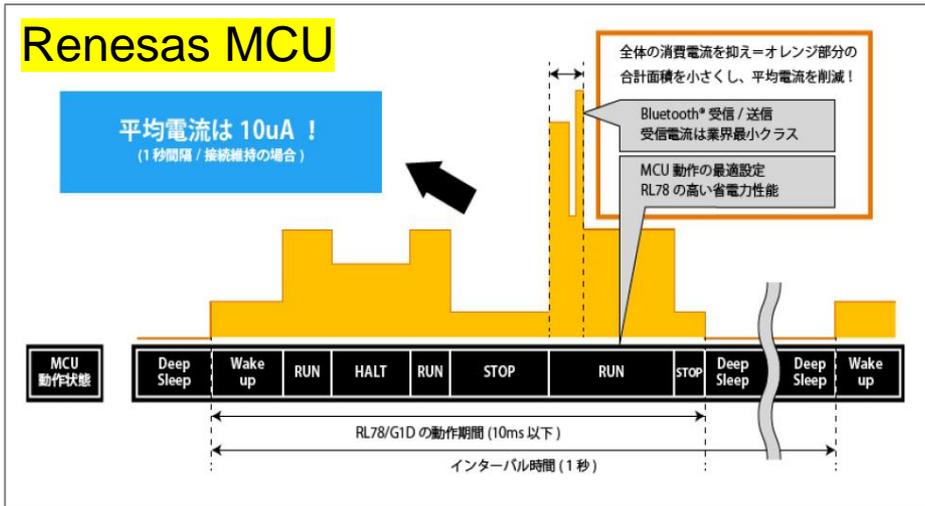
14585A生成功耗列表

待机	计步器	计时器	气压启	高度计	蓝牙连接	手机助手开启	来电	接通	挂机	音乐播放	蓝牙退出	
待机 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	屏亮 A	
0:00	0:00	1:22	2:22	3:04	4:14	5:10	6:03	6:24	7:12	7:41	9:11	
0:00	0:28	1:49	2:36	3:14	4:06	5:23	6:20	6:55	7:17	7:55	9:46	
平均电流 (mA)	0.9706	35.0002	35.1426	35.2075	57.8004	44.1605	24.6711	33.3416	34.8224	44.3164	16.0507	43.0412
最大电流 (mA)	14.1889	97.4466	60.1657	73.4052	56.4405	75.708	55.1805	64.4559	148.721	74.8209	87.0712	66.4412
最小电流 (mA)	0.0482	35.0162	35.6246	31.9055	35.7223	40.3933	21.9707	14.2272	46.0428	42.2078	27.0969	8.739

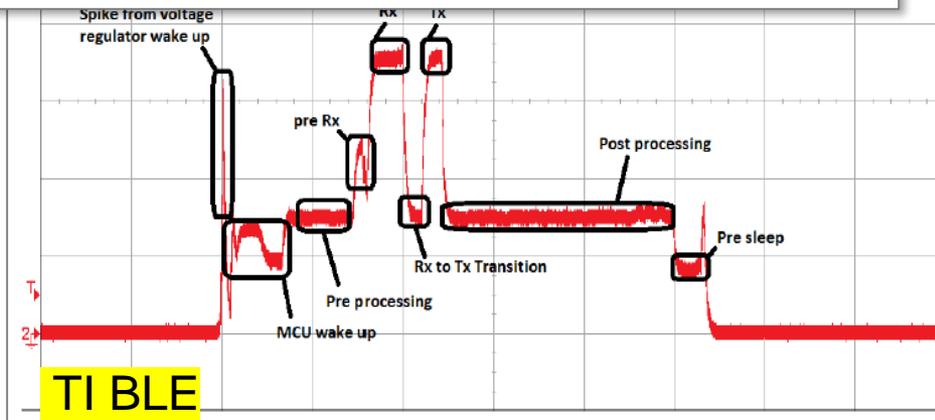
Num.	Label	Time	Duration	Mean	Max	Min	Integral	Ratio
1		-5.000 ms	3.603 ms	11.94 μ A	801.3 μ A	-722.0 μ A	42.64 nC	0.07%
2		-1.397 ms	100.5 μ s	2.611 mA	5.603 mA	-1.074 mA	262.5 nC	0.44%
3		-1.297 ms	117.1 μ s	5.040 mA	6.359 mA	2.041 mA	590.2 nC	0.99%
4		-1.180 ms	209.2 μ s	2.155 mA	2.954 mA	1.320 mA	450.7 nC	0.75%
5		-970.5 μ s	643.5 μ s	4.473 mA	6.529 mA	869.8 μ A	2.878 μ C	4.82%
6		-327.0 μ s	799.1 μ s	13.22 mA	20.81 mA	4.164 mA	10.56 μ C	17.69%
7		472.0 μ s	136.0 μ s	13.09 mA	21.27 mA	5.482 mA	1.780 μ C	2.98%
8		608.0 μ s	149.8 μ s	21.98 mA	22.86 mA	20.72 mA	3.293 μ C	5.52%
9		757.8 μ s	379.3 μ s	6.273 mA	22.43 mA	5.149 mA	2.379 μ C	3.98%
10		1.137 ms	585.4 μ s	16.65 mA	21.78 mA	4.973 mA	9.748 μ C	16.33%
11		1.722 ms	134.1 μ s	13.38 mA	21.36 mA	5.639 mA	1.794 μ C	3.01%
12		1.857 ms	152.1 μ s	22.59 mA	23.43 mA	20.73 mA	3.436 μ C	5.76%
13		2.009 ms	483.0 μ s	6.295 mA	22.55 mA	5.205 mA	3.041 μ C	5.09%
14		2.492 ms	480.9 μ s	19.17 mA	21.96 mA	6.105 mA	9.221 μ C	15.45%
15		2.973 ms	133.6 μ s	13.47 mA	21.22 mA	5.798 mA	1.800 μ C	3.02%

小提示：依照DUT的工作状态来创建

- 功耗测试通常需要多次测试，并进行功耗调试和优化
- 可以依照已知的电流变化特征，或时间特征来调整功耗特性列表

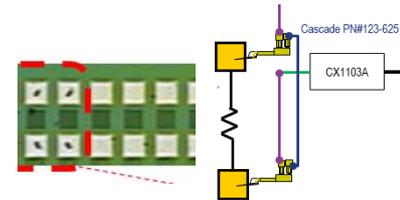
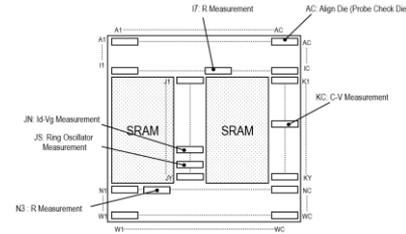
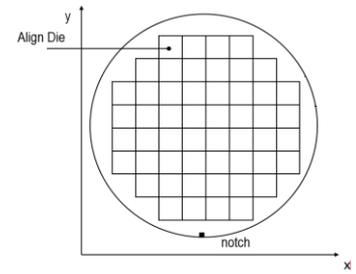
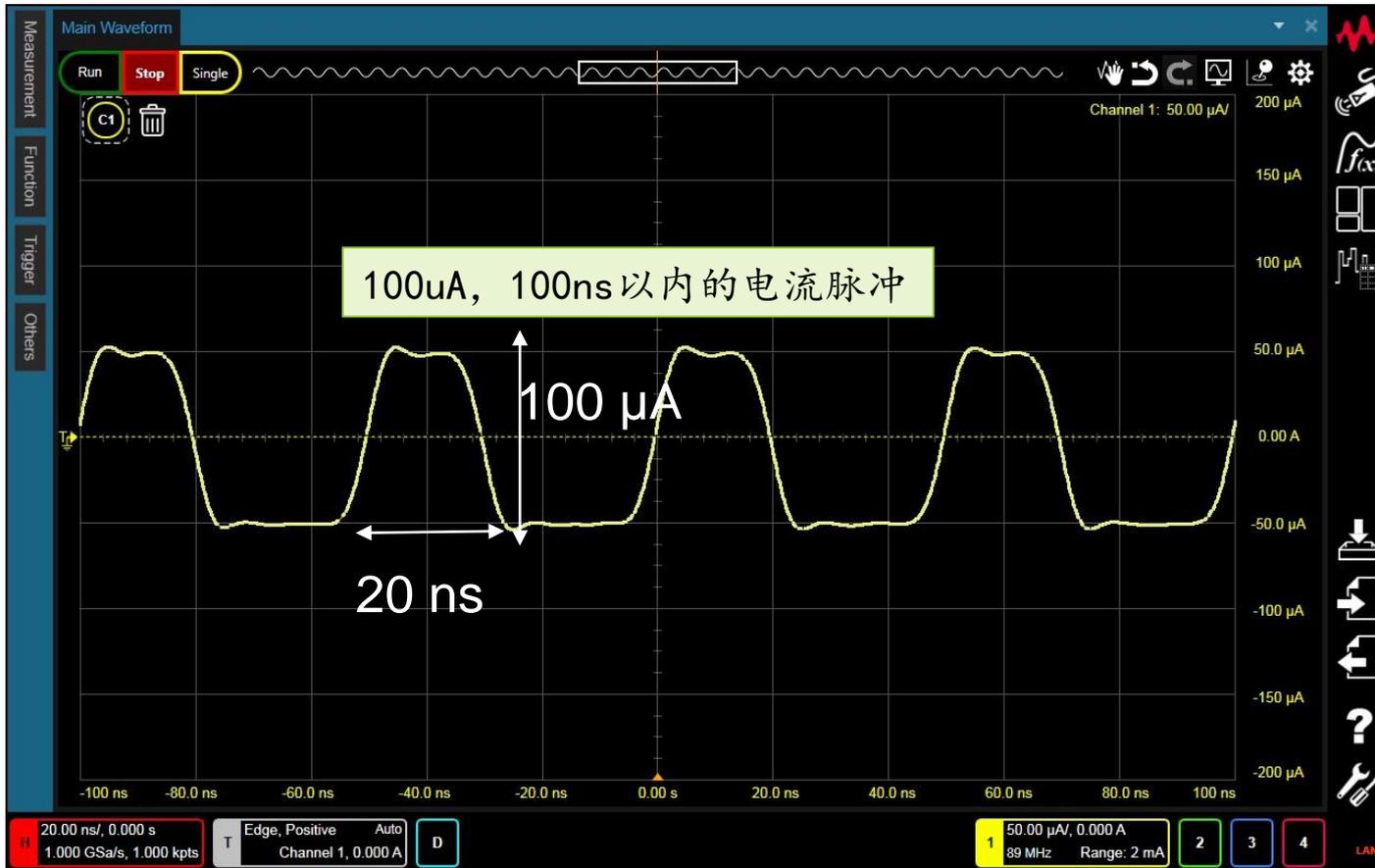


Cypress BLE



CX3300用于测量NVM的电流脉冲

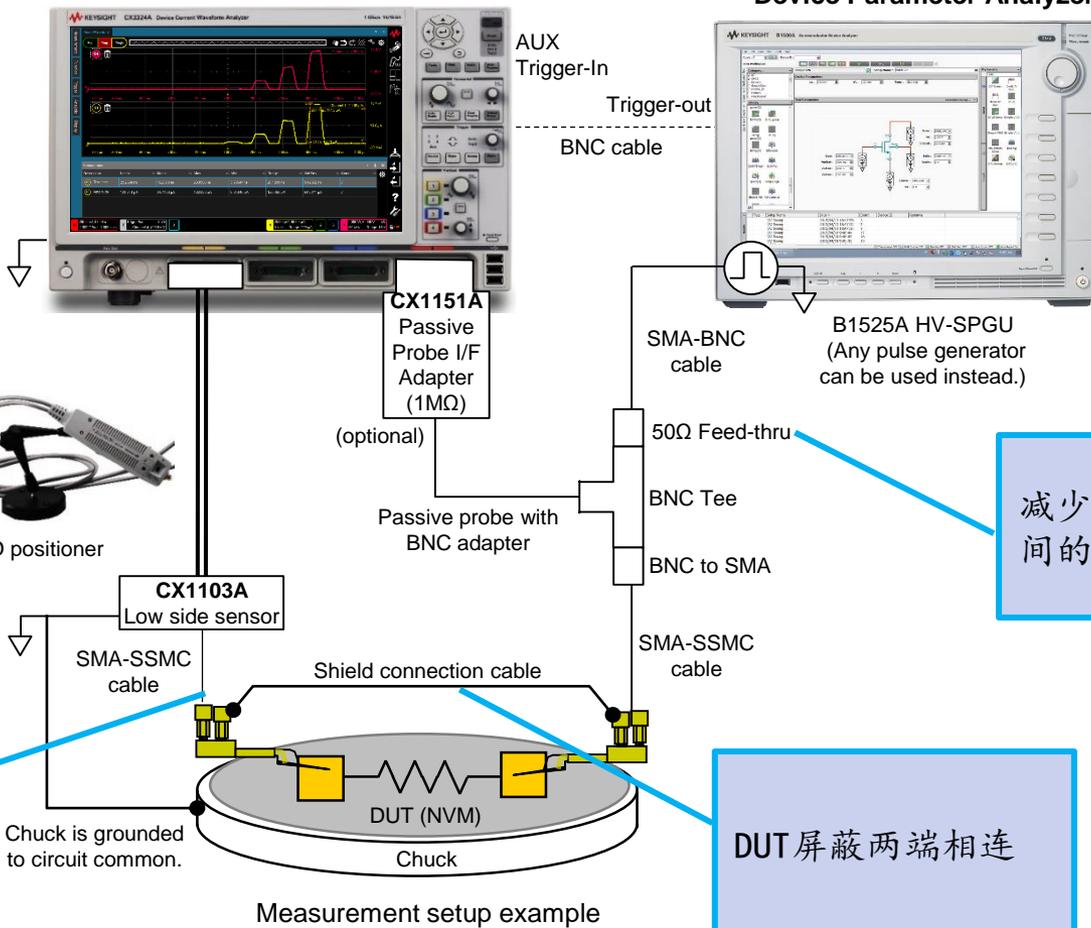
100uA, 100ns脉冲电流实测波形
新型NVM (ReRAM, PRAM等) 特性分析, 需要测量上图的电流脉冲。



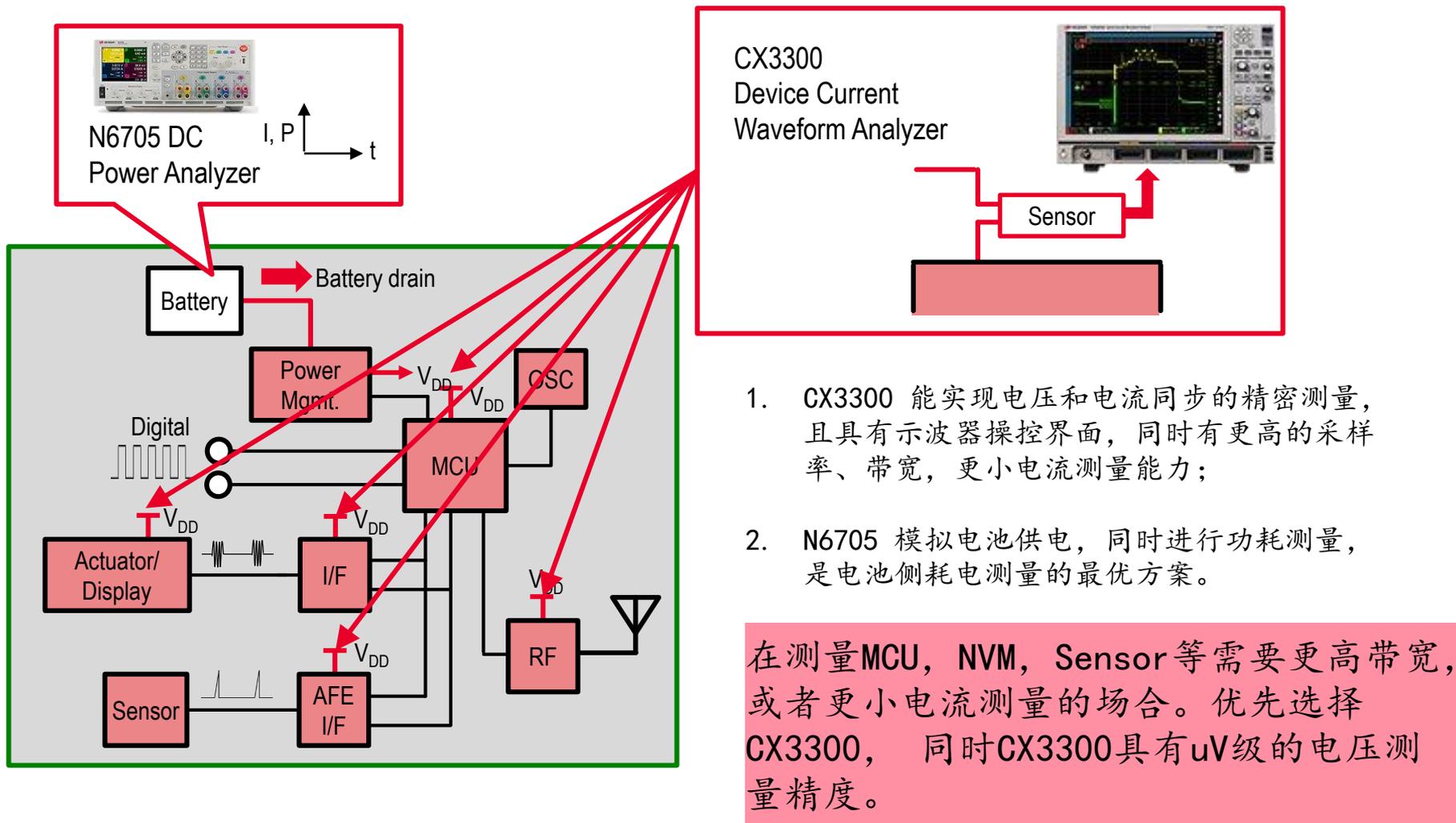
CX3300实测NVM连接框图及注意事项

CX3300 Device Current Waveform Analyzer

B1500A Semiconductor Device Parameter Analyzer

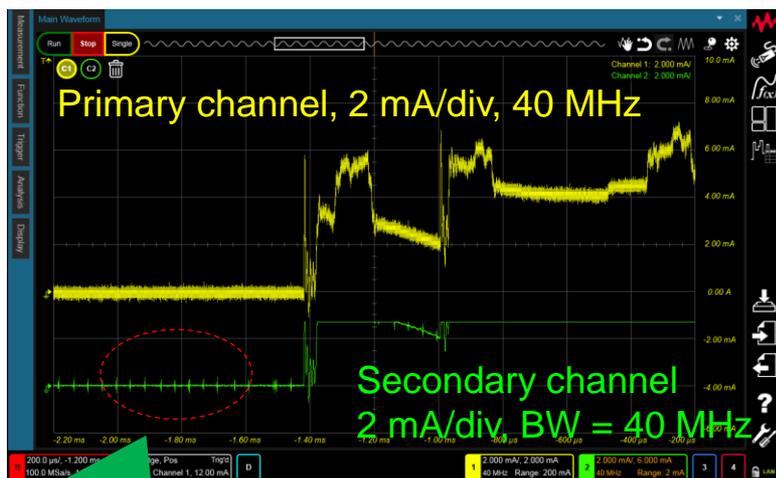


CX3300 与 N6705 两者的异同



CX3300A 实测LDO动态电流

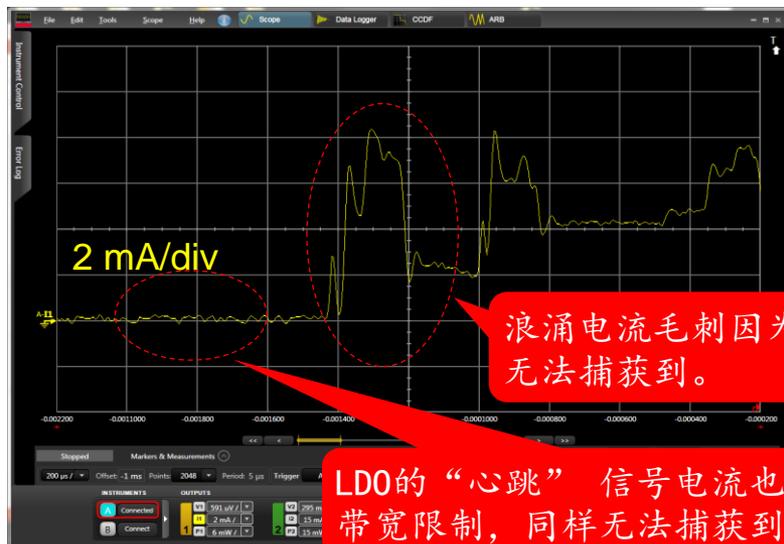
CX3300A (使用 CX1102A, 主通道 量程200 mA /次通道 2mA, 100MSa/s)



LDO 的休眠时“心跳”频率约~20 MHz, 只有 CX3300 同时兼备带宽和低噪声的方案才能准确测量。

LDO的“心跳”信号电流被示波器本身的噪声所掩盖。

N6705B (N6781A 自动量程)



N2820A (使用N2824A 100 mΩ, 高分辨模式, 100 MSa/s)



CX3300 低至90uV的电压纹波测量

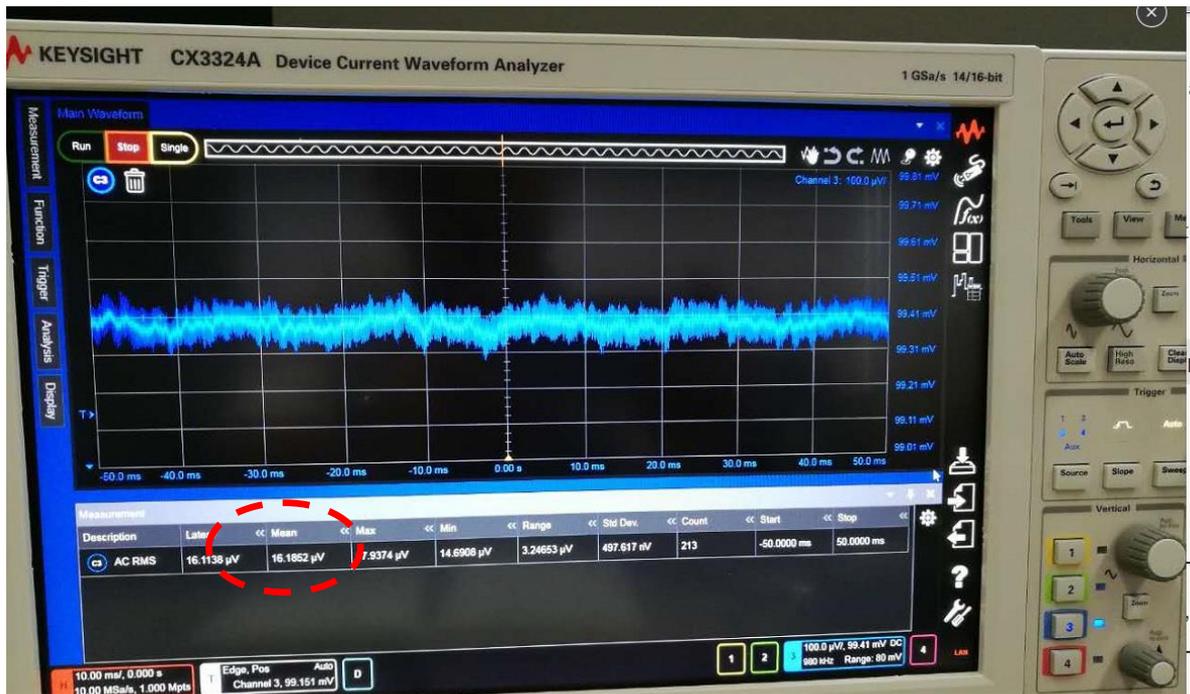


Table 31. CX1151A characteristics overview

	Range	Noise (rms) ¹	Maximum bandwidth (-3 dB) ²	DC offset range and resolution
Voltage measurement	8 V	5.0 mV	300 MHz	± 16 V, 16-bit resolution
	4 V	2.8 mV		
	1.6 V	1.8 mV		
	0.4 V	250 μ V		
	0.2 V	140 μ V		
	0.08 V	90 μ V		± 0.8 V, 16-bit resolution

1. Full bandwidth measured with mainframe (Option B20; 200 MHz bandwidth).

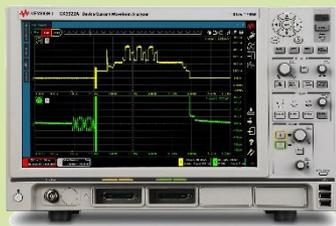
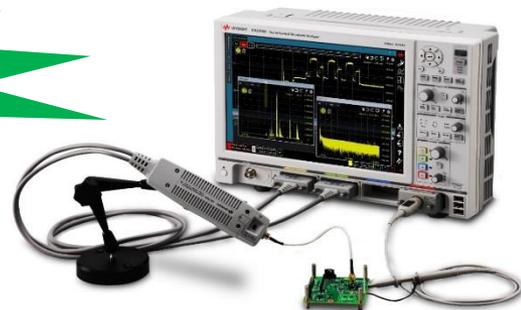


B2962A 超低噪声源, 10uVrms

		B2961A/B2962A with Ultra Low Noise Filter	
Number of channels			1 or 2
Output	DC or arbitrary waveform output	Maximum voltage	± 42 V
		Maximum current	± 105 mA
Output	Pulsed	Maximum voltage	± 42 V
		Maximum current	± 105 mA
	Maximum Power		4.4 W
Source	Digit	Output Polarity	Bipolar (4-quadrant operation)
Resolution	Minimum resolution		6.5 digit 100 nV/10 pA
Noise ¹	0.1 to 10 Hz		< 5 μ Vpp < 1 pApp 10 μ Vrms
	10 to 20 M Hz		(1nVrms/√Hz @ 10 kHz)

CX3300 构成及配置

新品种



CX3322A (2 Ch)



CX3324A (4 Ch)

主机

+



CX1101A



CX1102A



CX1103A

探头

+



转接头

10 A 转接头

+



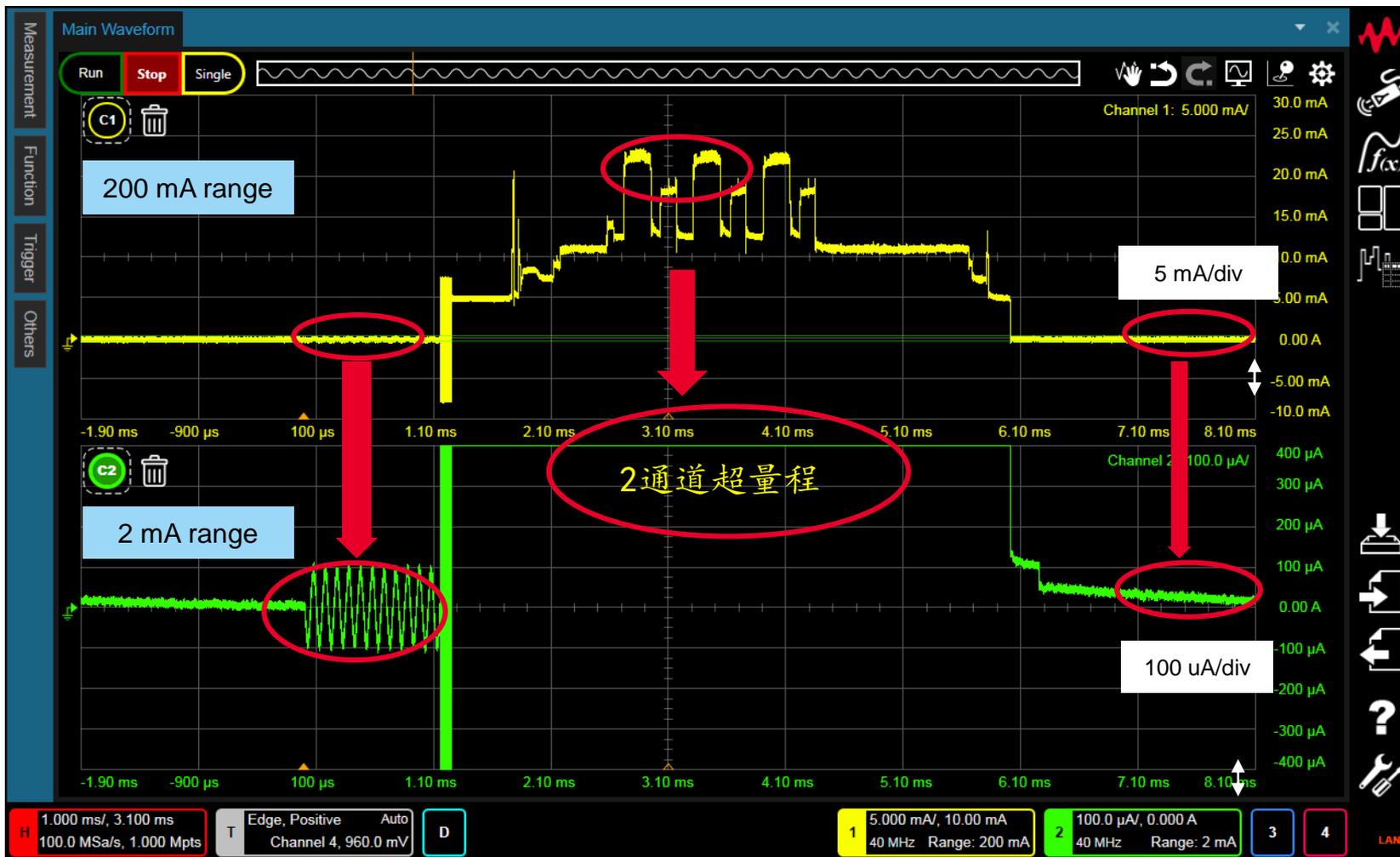
Digital Channel
(CX3324A only)



CX1151A
Passive Probe
Interface Adapter

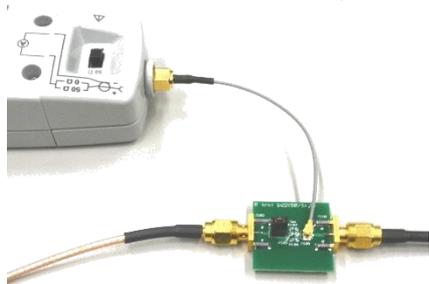
数字通道
电压适配器

CX1102A 双量程探头



CX1200 转接头方便DUT的连接

CX1203A SMA同轴



CX1204A 双绞线



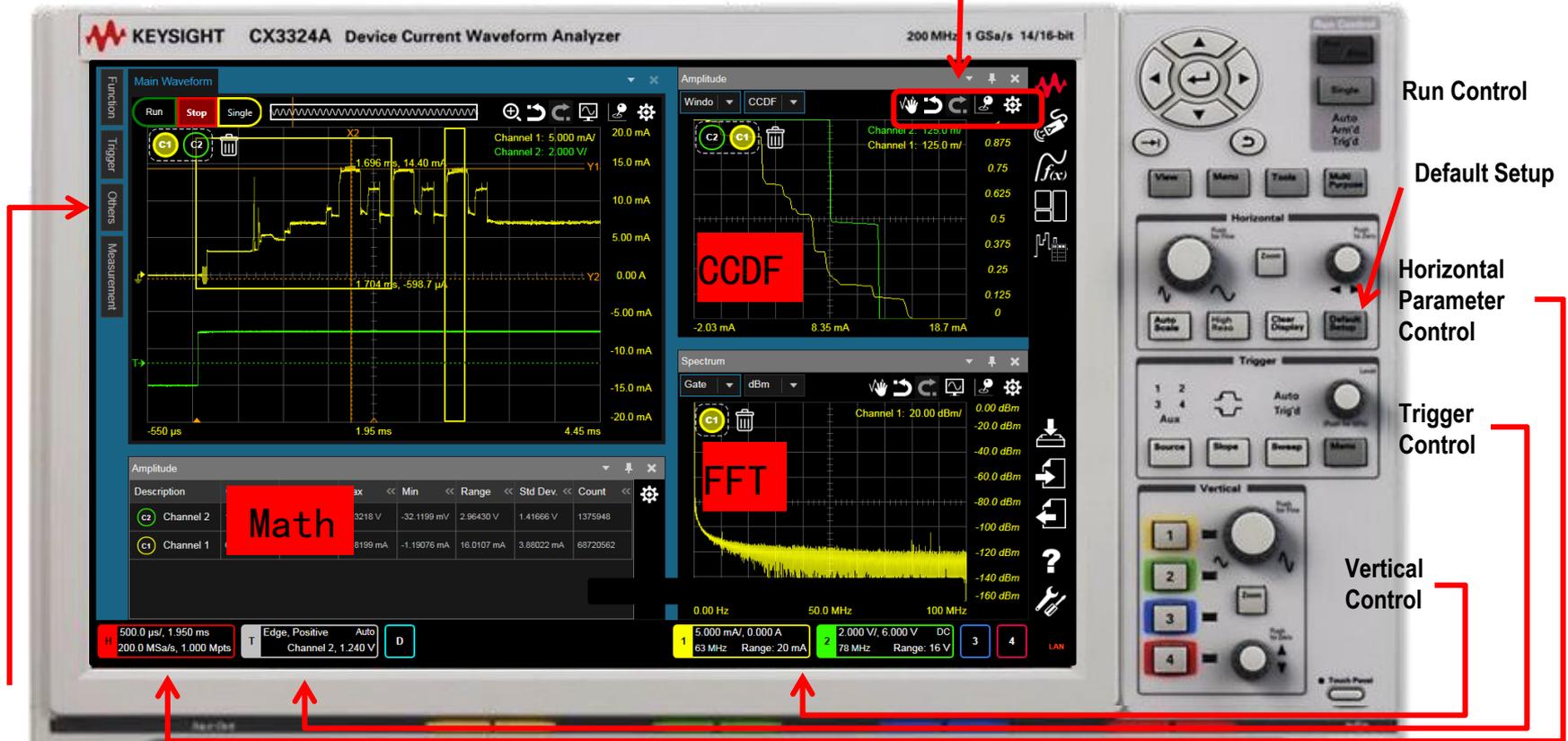
CX1205A 引线



转接头型号	接口	有效带宽 BW [MHz]
CX1201A Coaxial Through	Coaxial (SMA)	≤ 100
CX1202A Coaxial Through with V Monitor		
CX1203A Coaxial Termination		
CX1204A Twisted Pair Adapter	Twisted pair	$\ll 10$
CX1205A Test Lead Adapter	Test lead	$\ll 10$
CX1206A High Current Adapter with Expander, 10 A (仅支持CX1101A)	Banana plug	≤ 3

CX3300 主机操控及其他功能

Zoom, Move, Undo/Redo of Display, Display, Marker



Measurement:

Vertical (Peak-to-Peak, Max. etc.),
Time (Frequency, Width etc.),

Function:

Math Function (Add, Absolute,
Average, Integrate etc.), Filter.

Trigger:

Edge/Edge transition/Glitch/Pulse
width/Runt/Timeout/Pattern/State/Window

Analysis:

Histogram, CCDF, FFT, Current Profiler

Display:

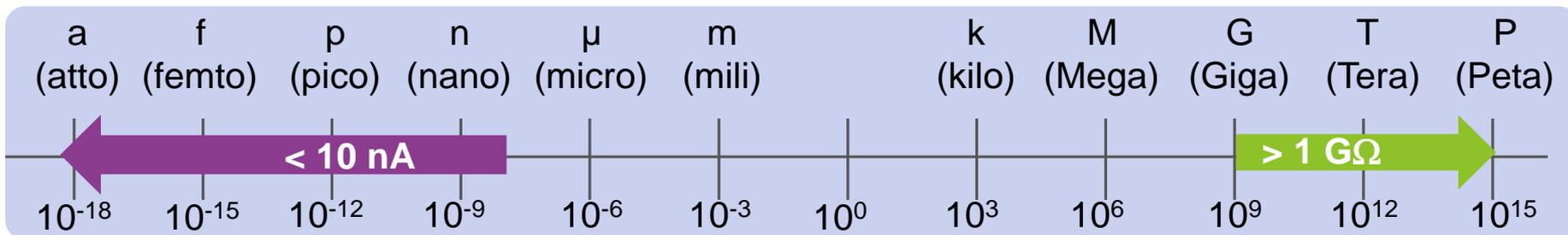
Marker etc.

内容安排

- 整机功耗分析方案
- 子电路、芯片、器件功耗分析方案
- 新型材料漏电流或绝缘阻抗方案



B2980系列皮安 (pA) 计及静电计

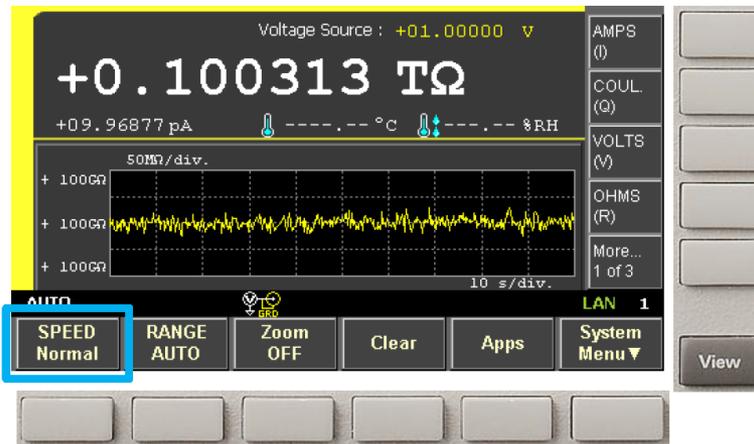
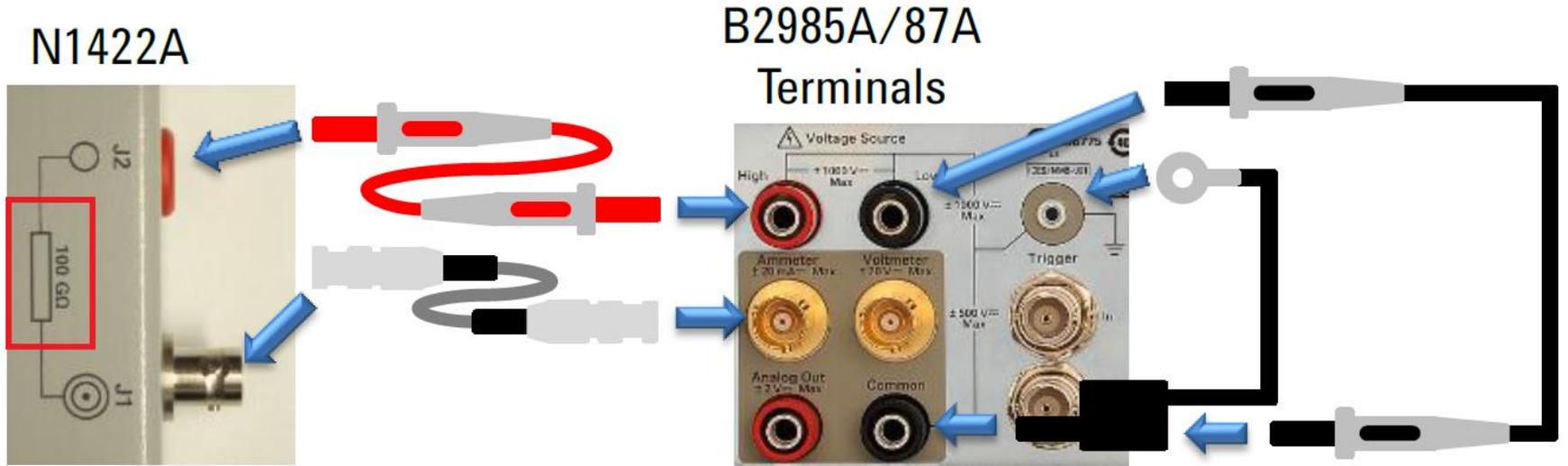


Products	Product type	Current measurement resolution	Resistance measurement	Voltage sourcing	Charge measurement resolution
B2981A/83A	Picoammeter	0.01 fA	No	No	NA
B2985A/87A	Electrometer	0.01 fA	Up to 10 PΩ	Up to 1,000 V	1 fC



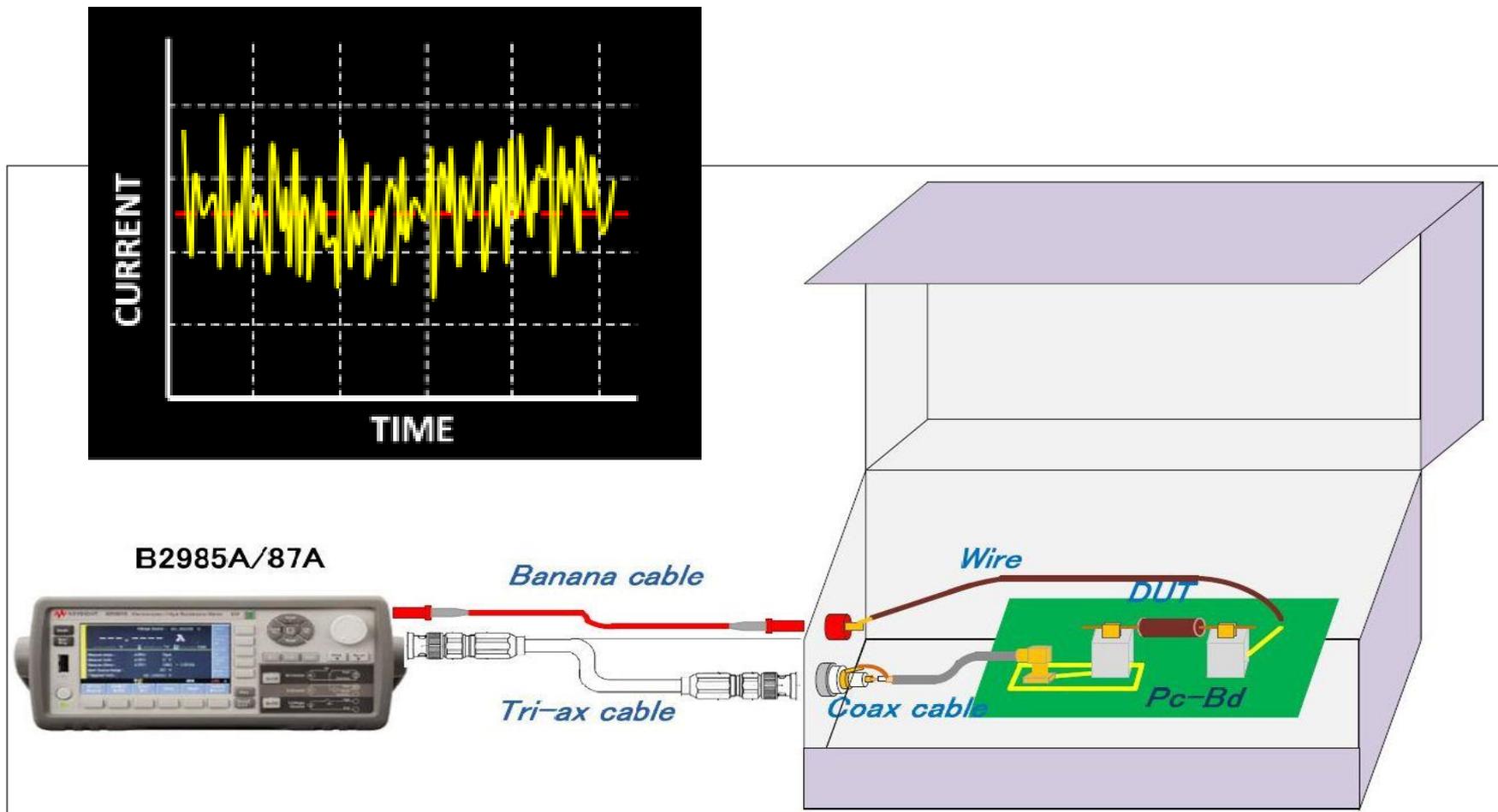
B2985/7A 的输入阻抗 $> 200 \text{ T}\Omega$

B2987A精确测量高阻值电阻

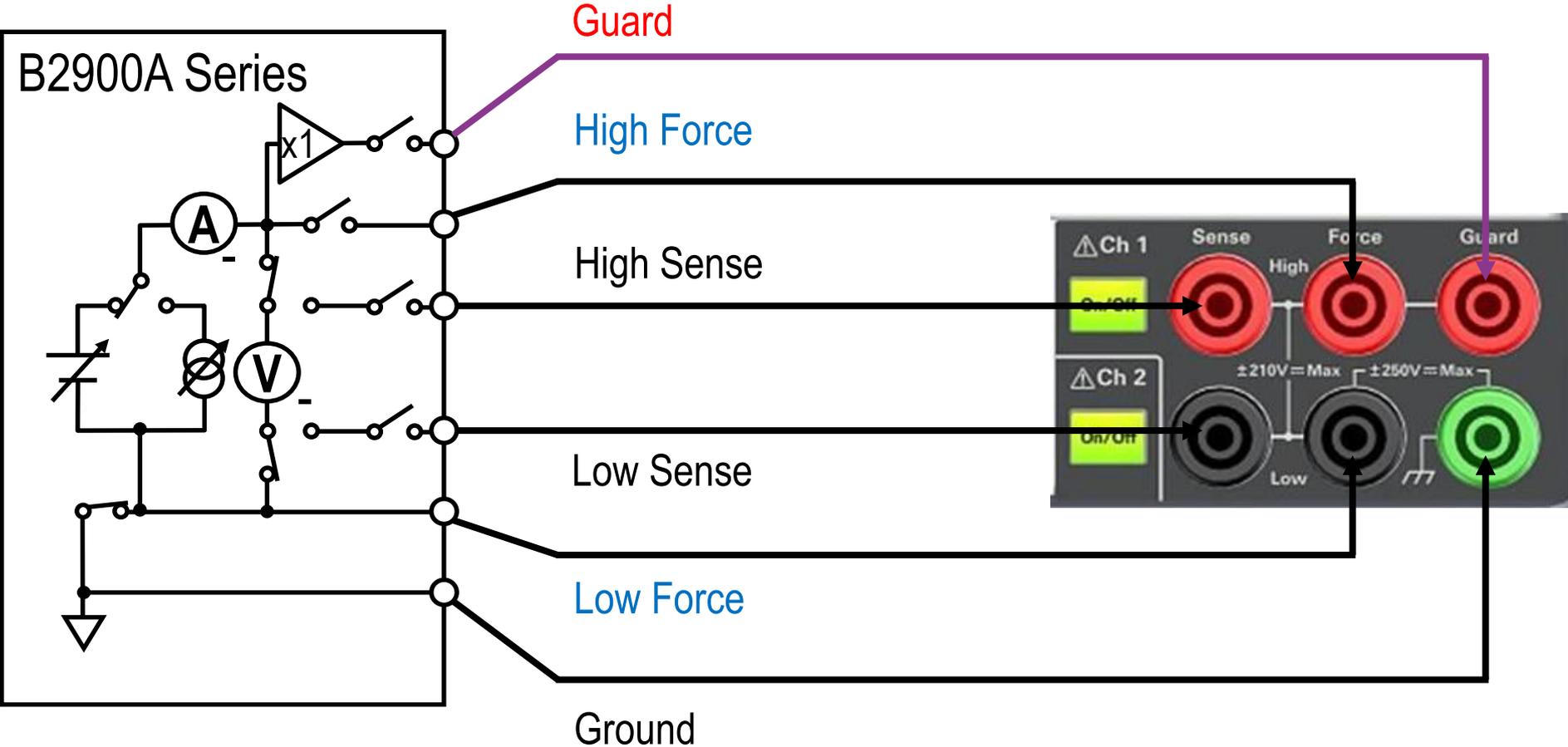


如左图所示：
电流仅仅10pA

微弱电流或超高阻抗测量注意事项？



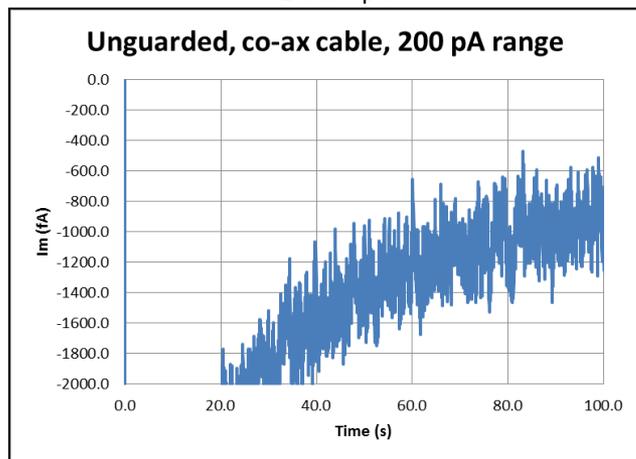
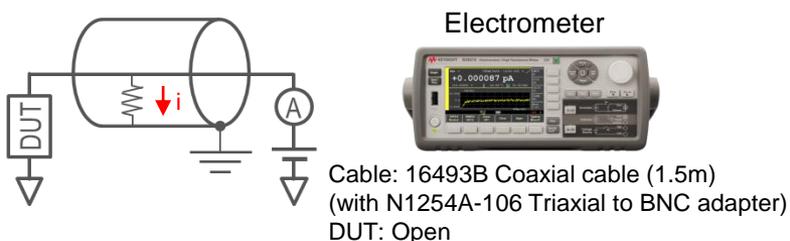
B2900小电流测量时与DUT的连接 (1)



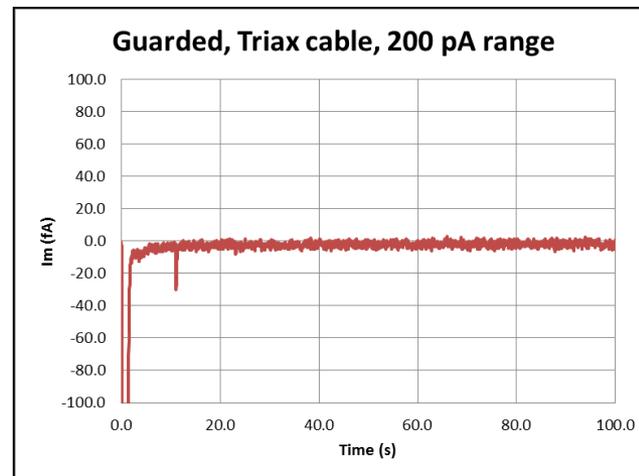
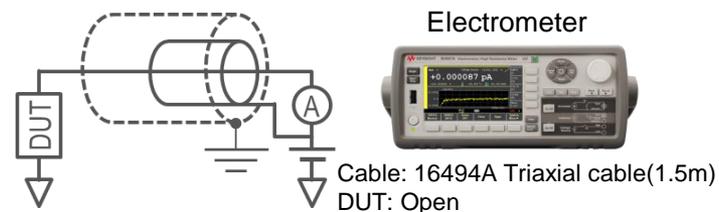
SMU接线端子Guard

漏电流实测——采用Guard 与 未采用Guard对比

Unguarded measurement with coaxial cable



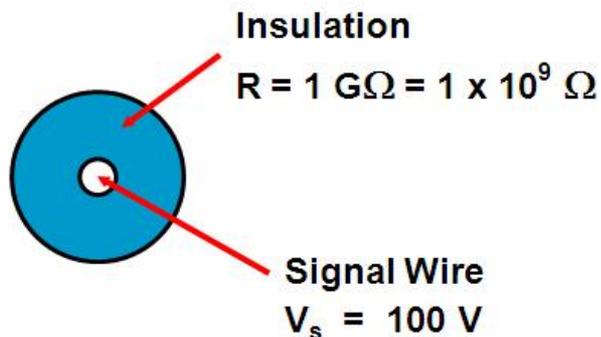
Guarded measurement with triaxial cable



SMU接线端子Guard

Guarded 必须采用三同轴 (Triaxial) 接线环境

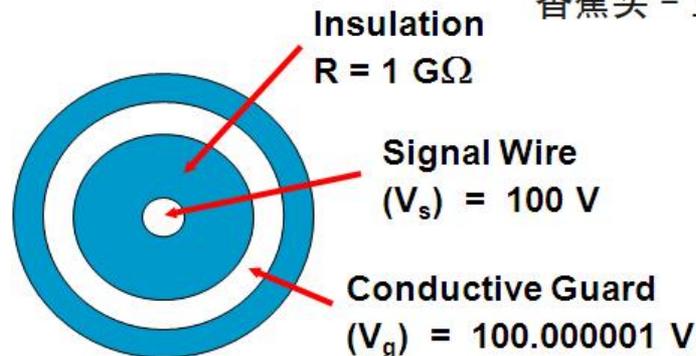
BNC (Coaxial) Cable:



同轴接线时漏电流为:

$$\frac{100 \text{ V}}{1 \times 10^9 \Omega} = 100 \text{ nA}$$

Triaxial Cable:



三同轴接线时漏电流为:

$$\frac{(100.000001 \text{ V} - 100 \text{ V})}{1 \times 10^9 \Omega} = 1 \text{ fA}$$

采用三同轴接线将漏电流减小100,000,000倍。

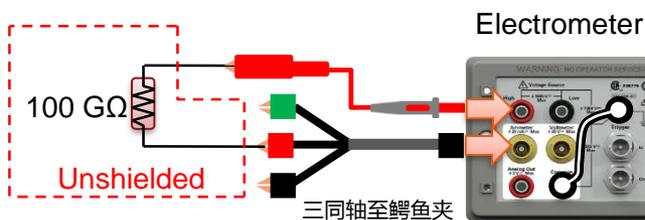


N1294A-001
香蕉头 - 三同轴适配器

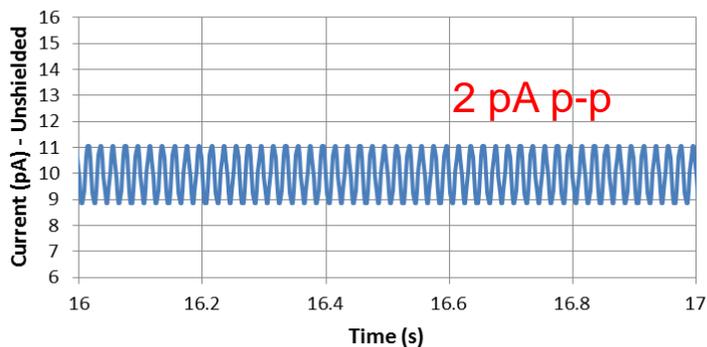
B2900小电流测量时与DUT的连接 (2)

屏蔽对小电流测试的影响

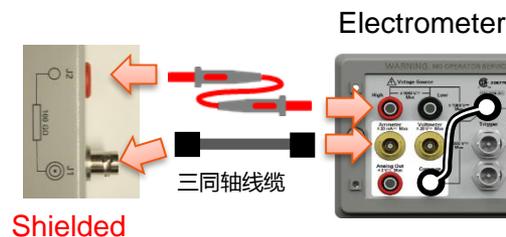
100 GΩ 待测DUT未屏蔽



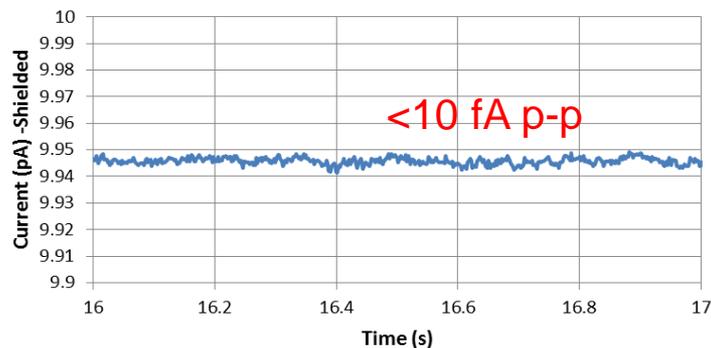
200 pA, 0.1 PLC, 1V source



屏蔽的100 GΩ 待测DUT



200 pA, 0.1 PLC, 1V source



B2900小电流测量时与DUT的连接 (3)

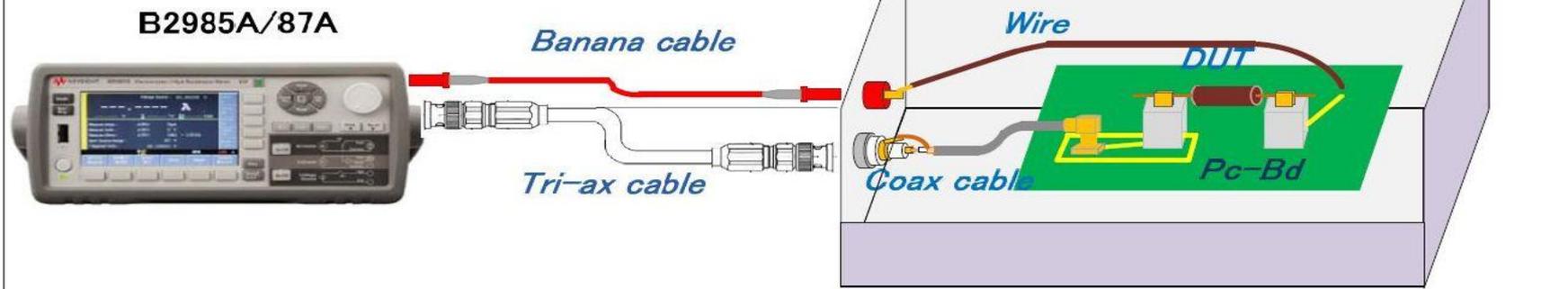
导线及治具的绝缘特性对测试的影响

使用前需要对测试系统的绝缘特性

高阻值电阻R测试系统及连接

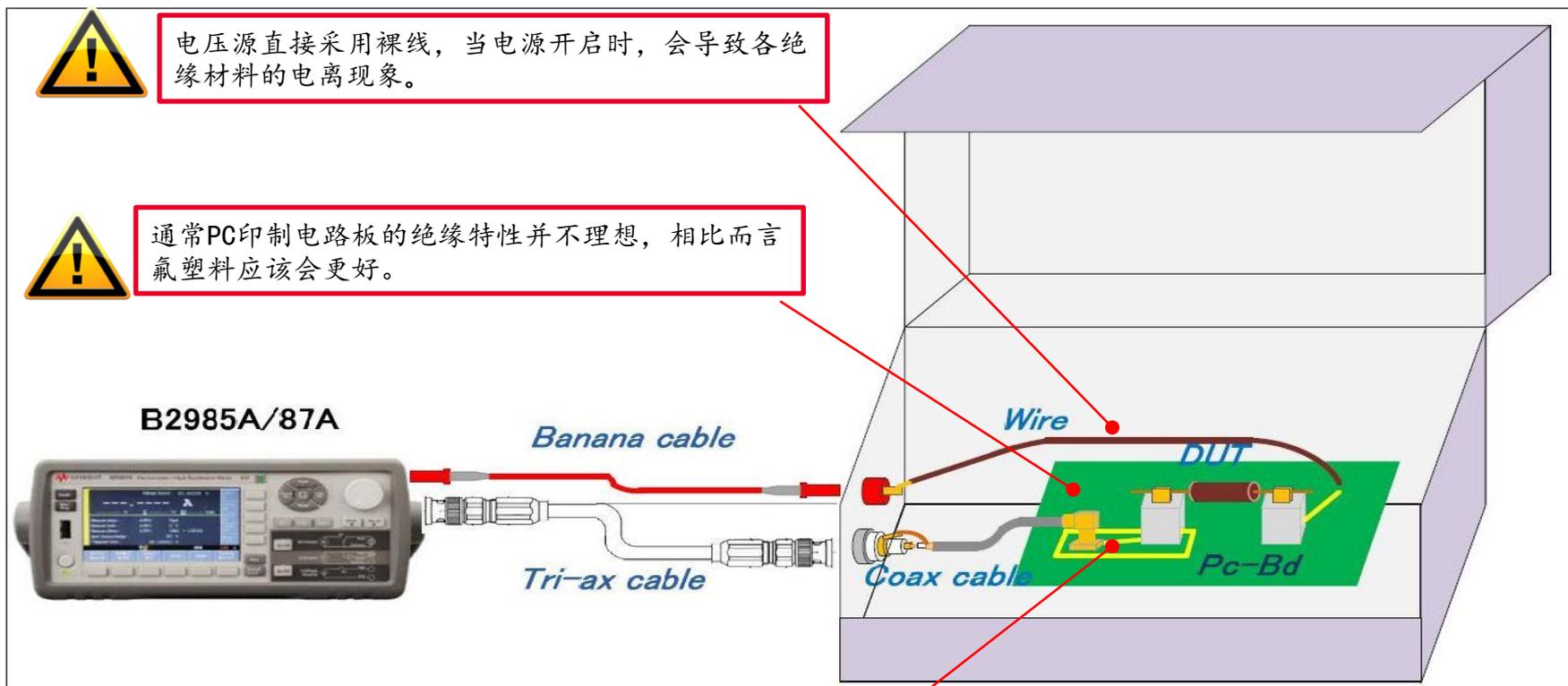
常用的绝缘材料

- ✓ Fluoroplastic (氟塑料) or PVC (聚氯乙烯)
(导线和连接线)
- ✓ PC Board 印制电路板 (DUT 连接)
- ✓ Plastic 塑料接头 (DUT 连接)



B2900小电流测量时与DUT的连接

系统潜在的测量误差分析



电压源直接采用裸线，当电源开启时，会导致各绝缘材料的电离现象。



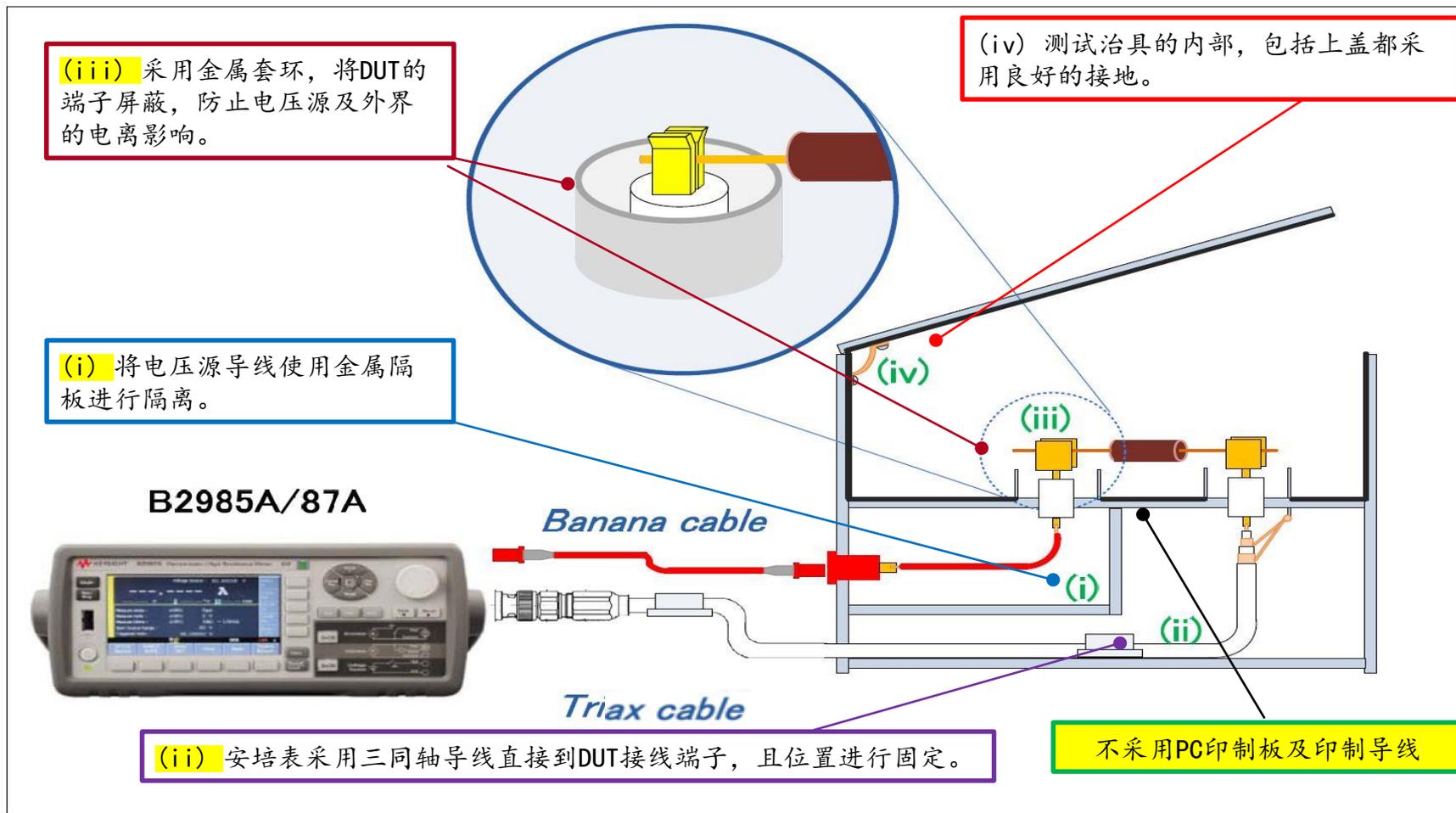
通常PC印制电路板的绝缘特性并不理想，相比而言氟塑料应该会更好。



短印制导线可以减小表面漏电流，但潜在与印制板绝缘材料的漏电流。

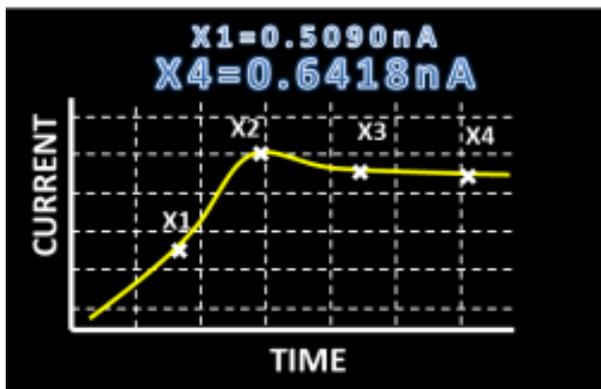
B2900小电流测量时与DUT的连接

系统连接的改善建议

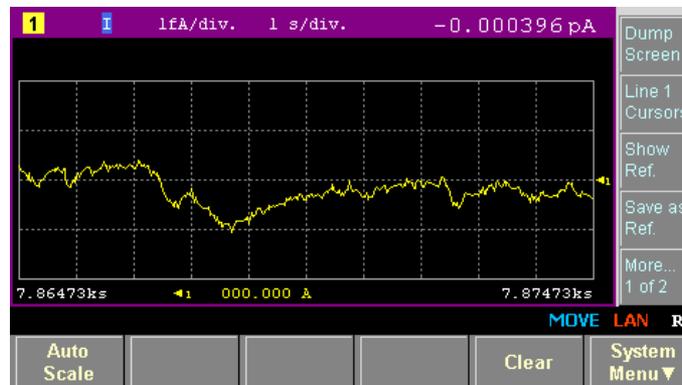


小电流测量时域/统计分析的重要性

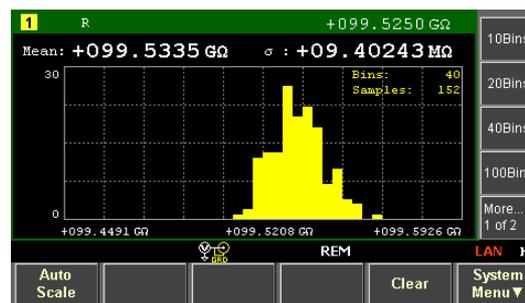
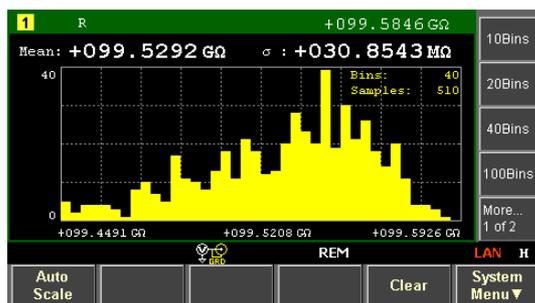
使用B2900的时域及统计功能，可以查看测试数据的变化趋势及分布，以判断：



测试所需的稳定时间

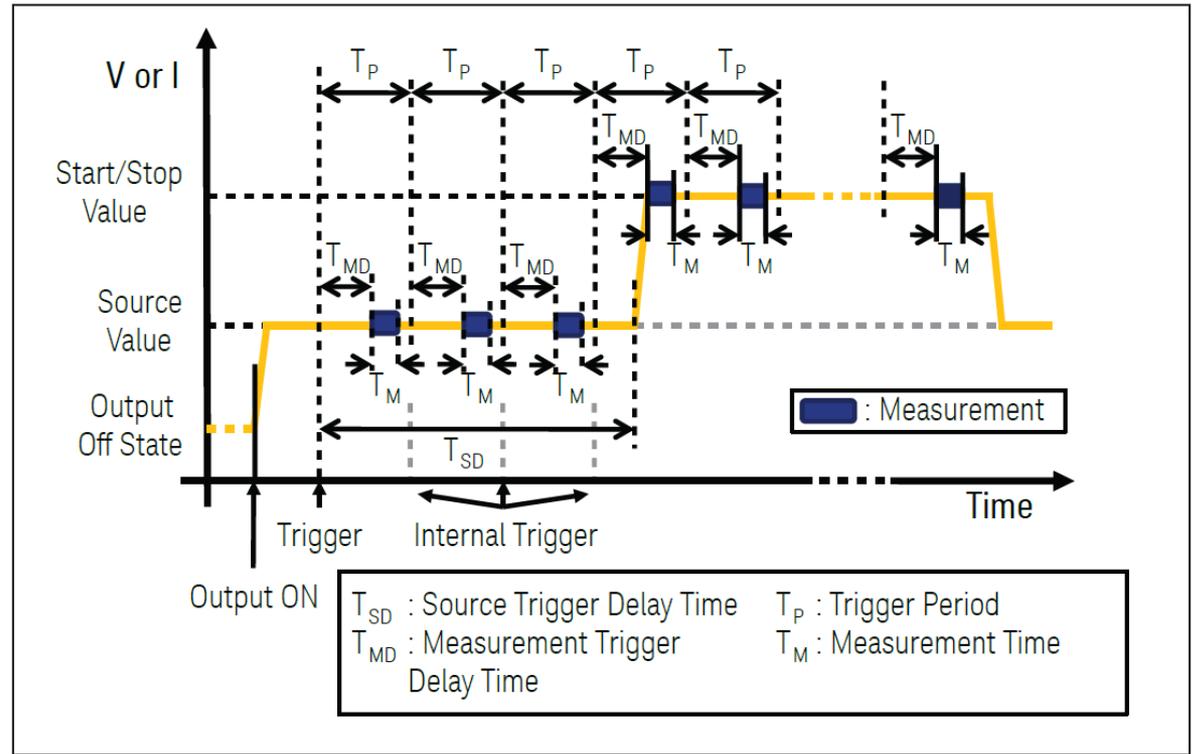
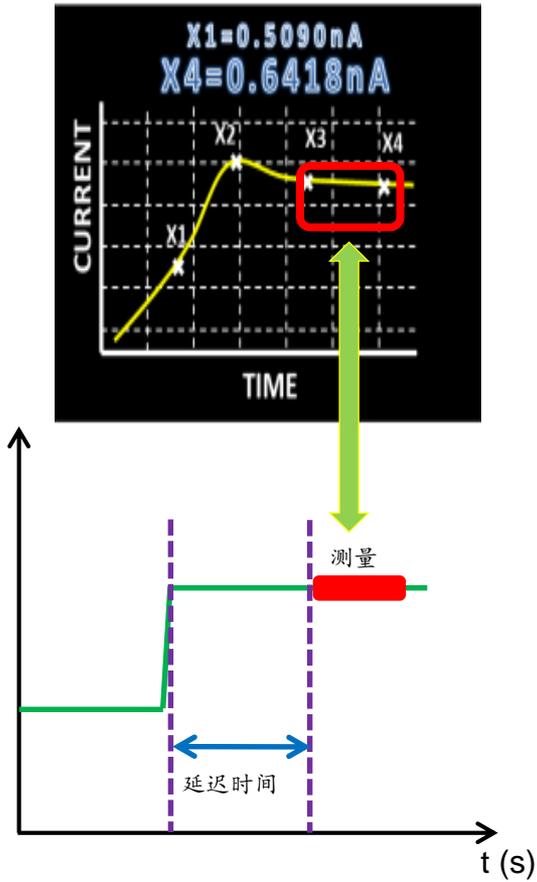


测试的重复性及稳定性

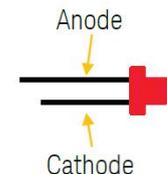


直方图-测试数据的统计特性

利用触发及延迟获取可靠测量数据



利用触发及延迟获取可靠测量数据 (2)



Source : AMPS Speed

+1.928401 V +0.010000 μ A

Limit (Compliance) :

+10.00000 mA +2.000000 V

Measure Speed : SHORT

Trigger : MANUAL	Source	Measure
Count : 1	1	101
Delay : 20.00 ms	500.0 μ s	1.000 ms
Period : 10.00 μ s		AUTO
Trigger : AUTO		

MOVE LAN 1

Config Function Trigger Result File More...

Measure Result

Type: VOLTS Ch: 1

000001	+1.128593 V
000002	+1.129708 V
000003	+1.130852 V

Points : 101

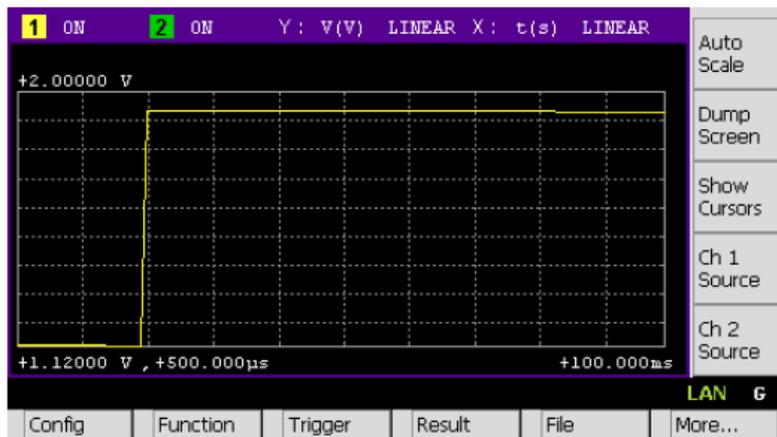
Max : +1.932714 V

Min : +1.128593 V

>> Result LAN 1

View

测量了101个数据



Measure Result

Type: TIME Ch: 1

000001	500.000 μ s
000002	1.50000 ms
000003	2.50000 ms

Points : 101

Max : 100.500 ms

Min : 500.000 μ s

>> Result LAN 1

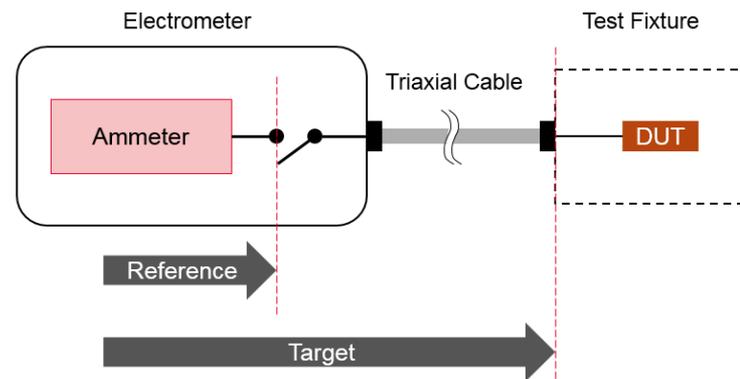
View

连续两个数据间隔1ms, 延迟0.5ms

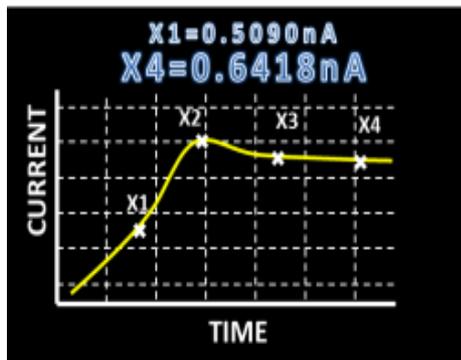
确保测量精度的几点建议



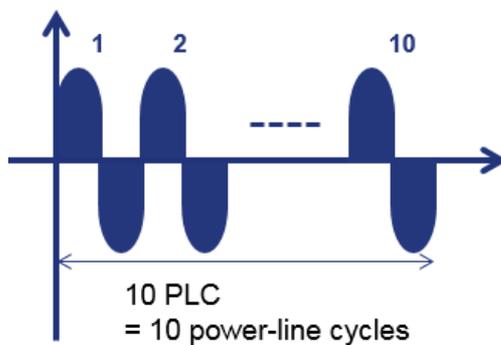
1. 电池供电，并预热（30分钟），且进行自校准



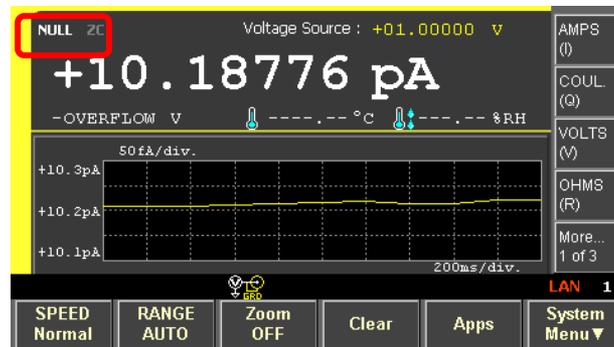
2. 测试环境验证



3. 延迟时间测量



4. 测试孔径 (PLC)



5. Null偏置归零

联系是德科技

了解是德科技更多信息，请访问是德科技公司网站：

<http://www.keysight.com.cn>

或致电 是德科技 电话客服中心：

400-810-018-9

800-810-018-9

