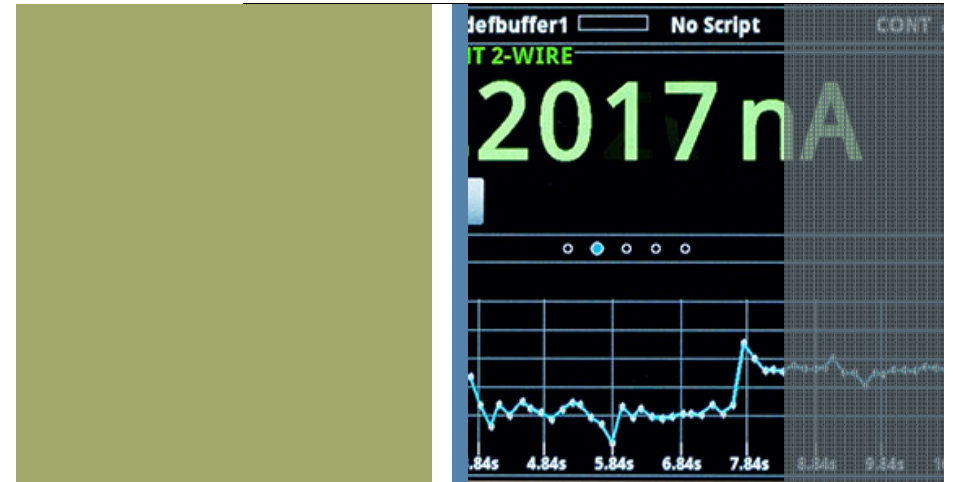
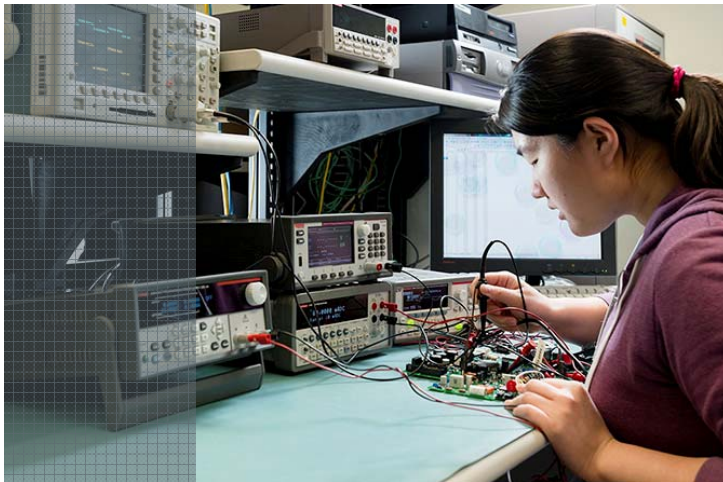


# 可穿戴设备 低功耗测量分析方案

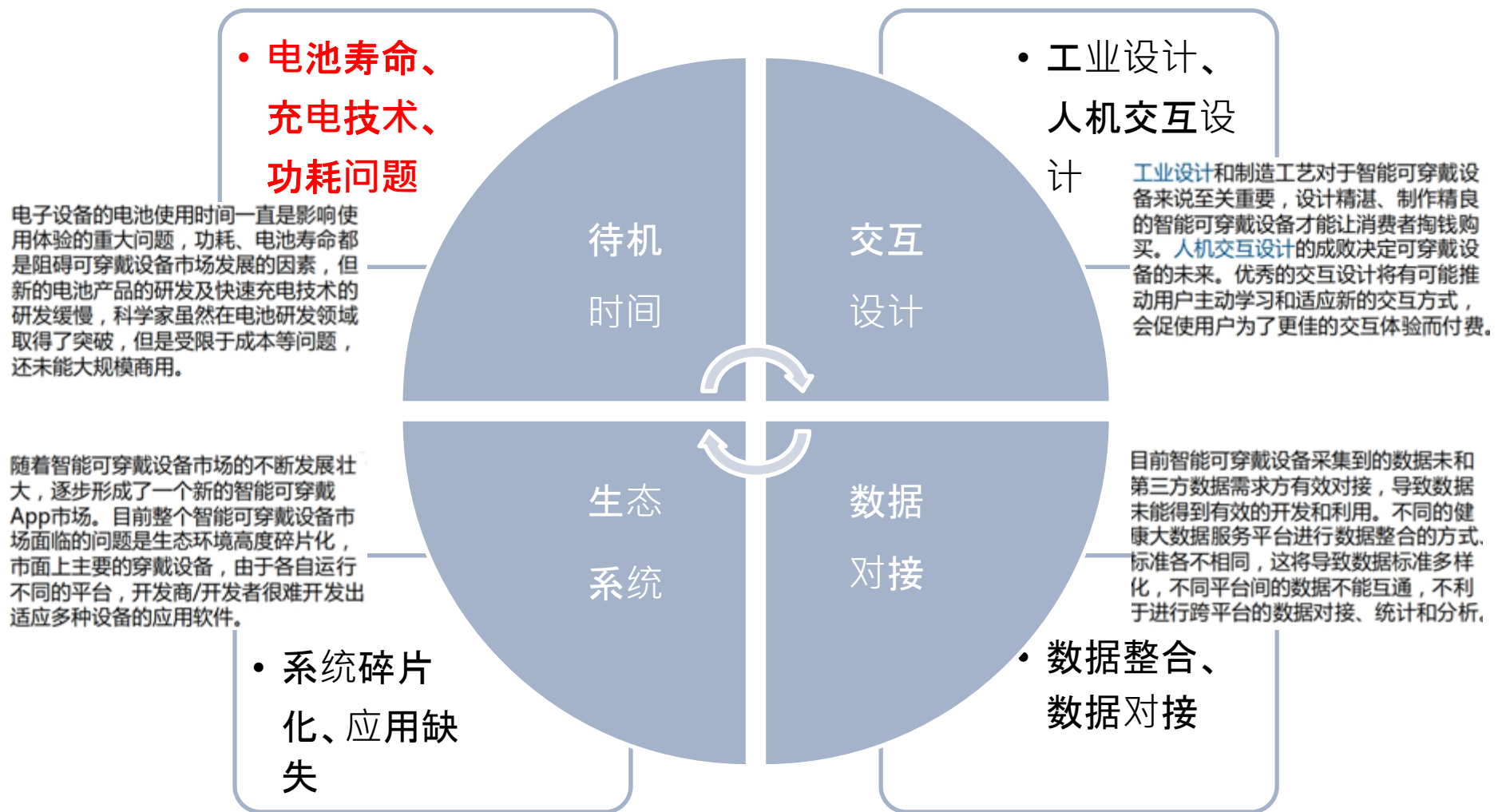


**KEITHLEY**  
A Tektronix Company

泰克科技 王跃伟  
[Yuewei.wang@tek.com](mailto:Yuewei.wang@tek.com)

**Tektronix**

# 智能穿戴设备设计面临的问题与挑战



■ 其中的硬件瓶颈：传感器、电池寿命和低功耗蓝牙



遥控钥匙



智能手机



智能灯光

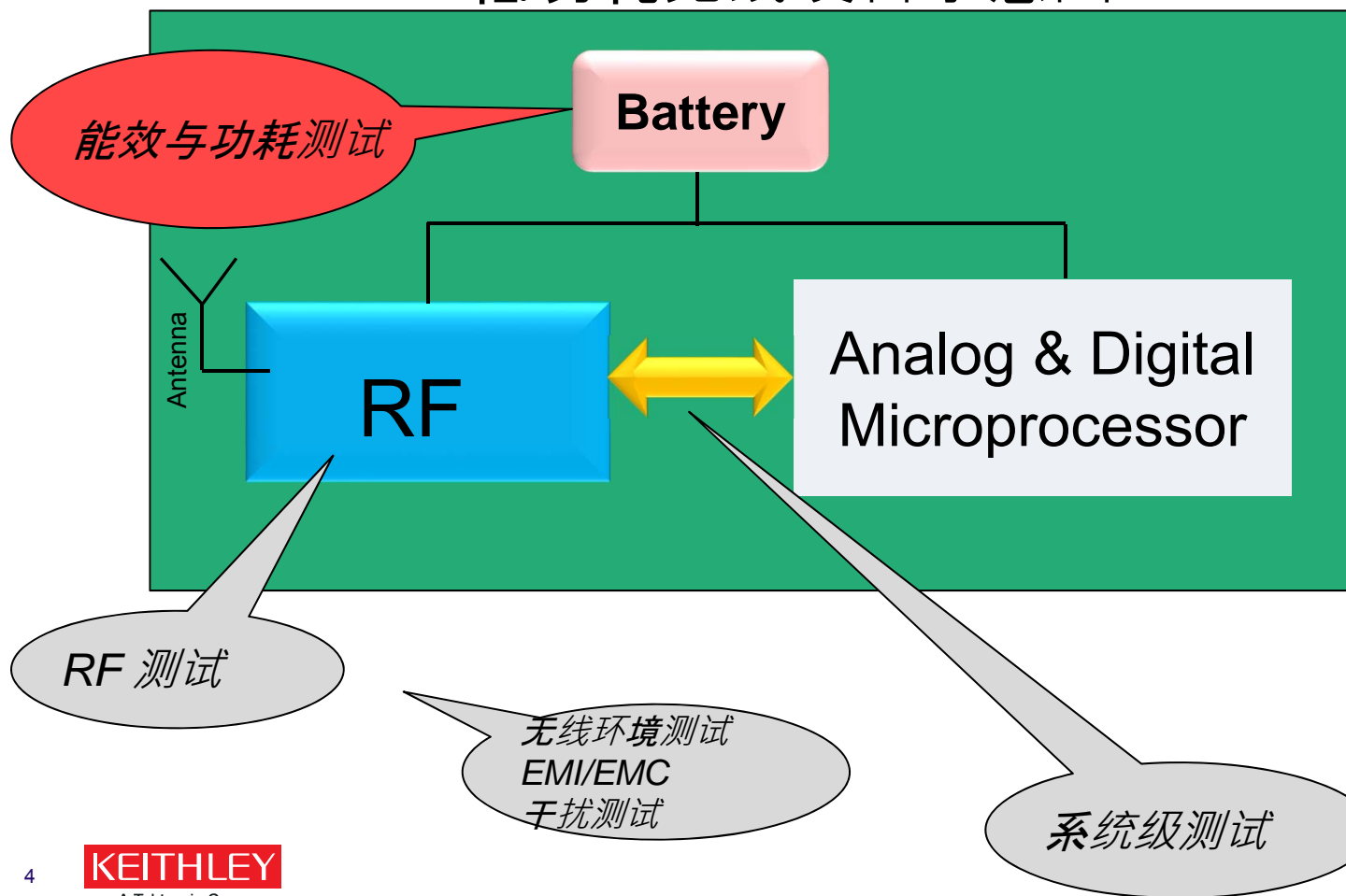


胎压监测



无线追踪

## 低功耗无线设备示意图



无线耳机



无线计步器

## 随身医疗监护设备



共同特点:

- 1.体积小, 随身携带, 产品依靠电池供电
- 2.带有无线通信功能, 向手机/PC/云端提供医疗监测数据
- 3.希望工作时间尽可能长, 减少更换电池/充电的频率

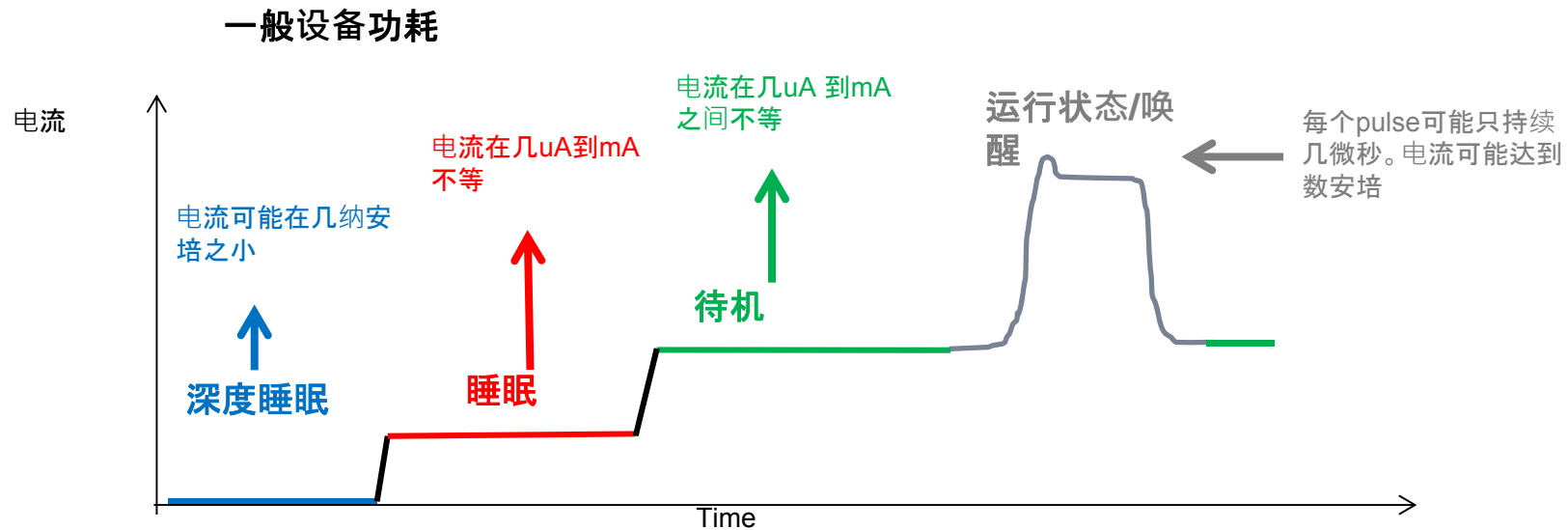


# 可穿戴设备主要依靠电池供电

测量待测件的耗电情况（电池供电产品）



# 可穿戴设备典型耗电波形

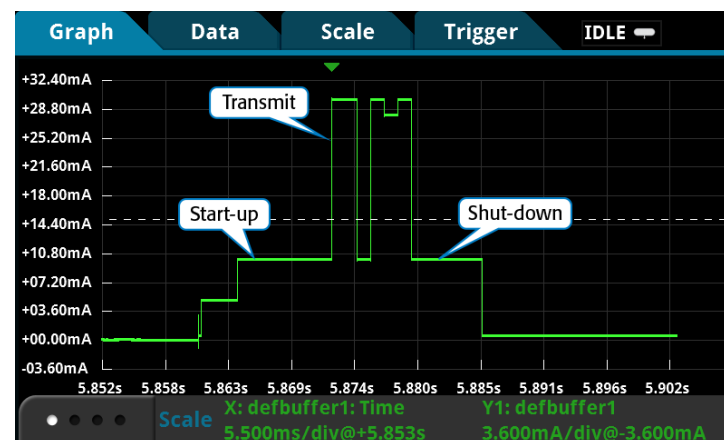


电池供电的无线通信产品，出于节约电量的目的，将各种功能设置为时分模式，仅在必要时打开，其他状态下均自动关闭。这导致产品消耗电流呈现脉冲形式。

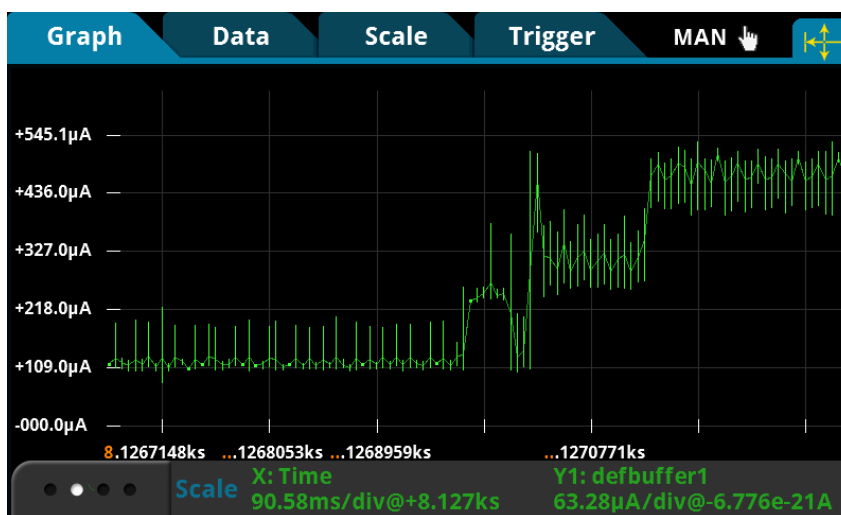
对于测试设备，需要具备足够的采样精度，和采样速率才能对产品耗电进行准确的测量

# 穿戴设备功耗测试面临的挑战

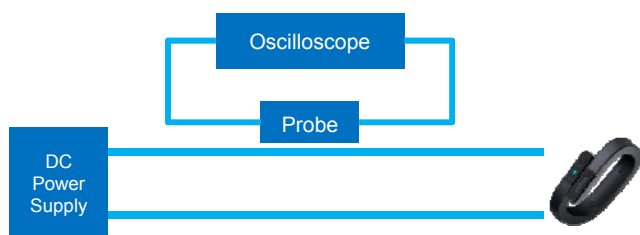
- 测试挑战
  - 精确测试从十几 nA（休眠状态）到几百 mA（工作状态）电流
  - 捕捉持续时间在微秒级的信号
  - 长时间监测与存储



- 对测试设备的要求
  - 高精度度:
  - 高采样率:
  - 深存储
  - 高级触发
  - 高适用性:
  - 精确供电:

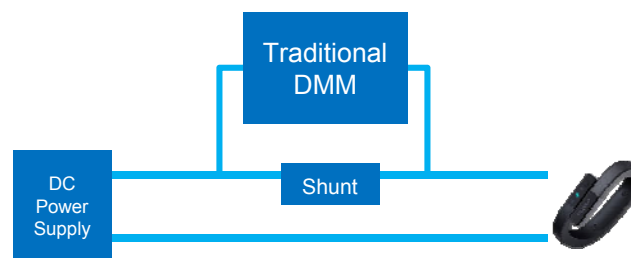


# 传统的测试方案



示波器 + 电流探头 + 一般电源

- 高采样率, 可以设置触发
- 低精确度 – 高噪音, 抓不准信号
- 很少支持长时间测量



一般万用表+一般电源

- 高精度度
- 低采样率 – 抓不到信号
- 高负担电压
- 没有高级的触发功能
- 瞬态响应干扰
- 电源精确度一般



# 泰克低功耗测试方案



## High Accuracy

- Gain measurement confidence for today's ultra-low power measurement needs



## High Sample Rate

- Capture and visualize waveforms and transient signals



## High Usability

- Significantly work efficiency improvement, minimize learning curve



## High Precision Power

- Eliminating errors caused by power source, get more accurate power measurements



DMM7510 7½-Digit Graphical Sampling Multimeter

- 1pA resolution, 0.006% basic 1 year DC current accuracy
- 15mV burden voltage
- Precisely analyze current and voltage waveforms and transients with 1MS/sec, 18-bit digitizer
- Capture signal with advanced analog triggering features
- Large reading memory (27.5 million compact and 11 million standard) to capture more of your signal
- Display more with five-inch, high resolution touchscreen interface



2280S Precision Measurement DC Power Supply

- Voltage setting and measurement accuracy of 0.02% of reading +3mV - superior to most power supplies
- Low noise; it is a linear supply: < 1mVrms output ripple and noise
- 4-wire remote sensing to ensure that the programmed load is accurately delivered to the load
- High resolution TFT display and soft-key/icon-based user interface simplify power supply operation

# PMS 2280S 高测量精度电源



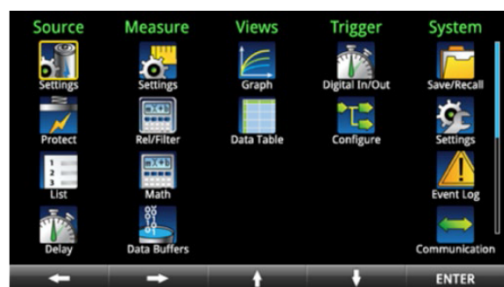
六位半数字万用表



高性能直流电源



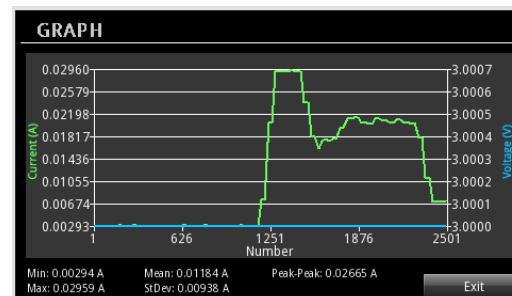
PMS 2280S是一款多合一的台式仪表



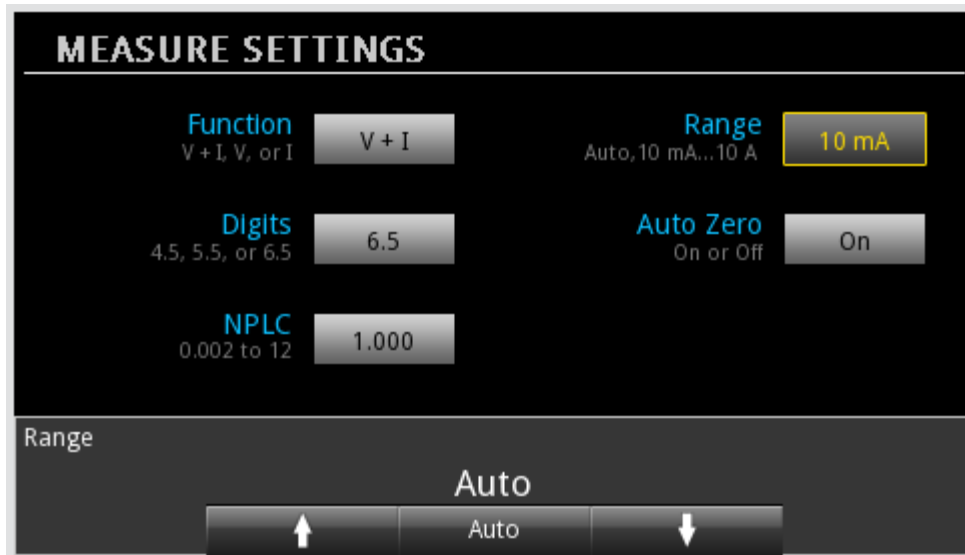
图形化操作界面

列表输出模式  
LXI 网络界面  
电压电流波形显示  
保护功能  
触发功能

...



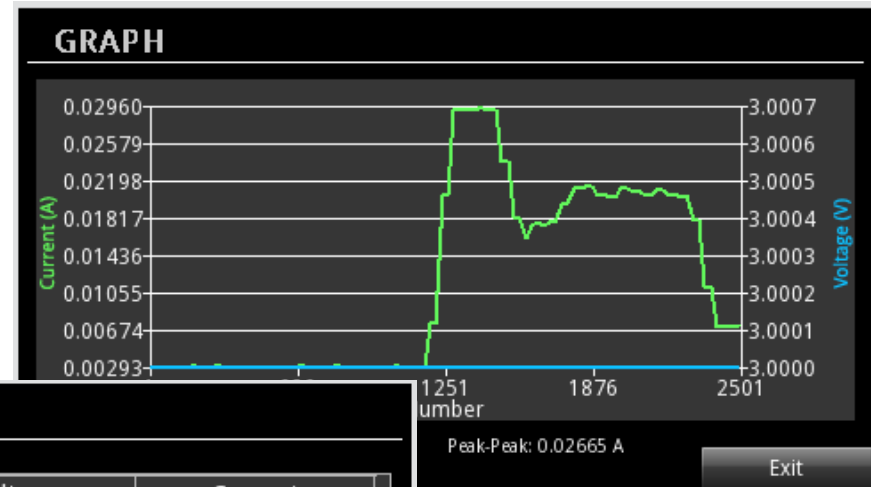
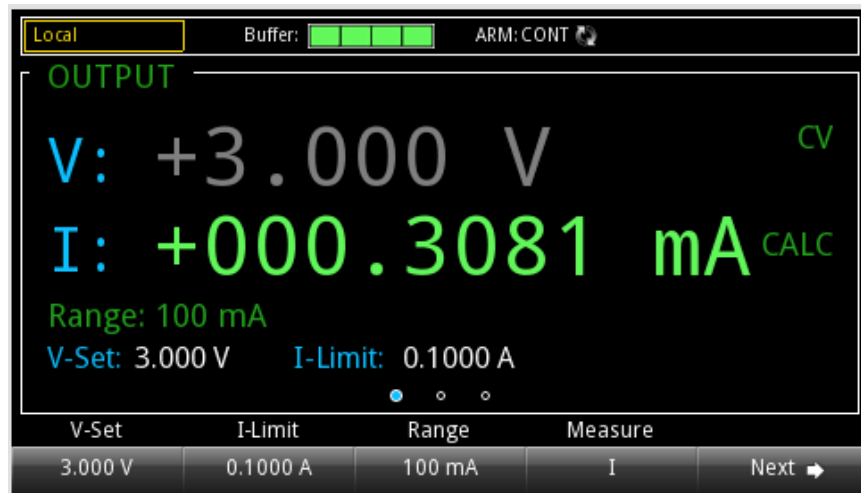
## PMS 2280S 的测量能力



PMS 2280S 测量电源输出端的电压、电流值  
提供四个电流测量量程：10A, 1A, 100mA, 10mA

测量精度最高10uA, 采样率最高3K/s

# 使用 2280S 进行耗电测试



Voltage		Current	
+003.0000 V		+000.7054 mA	
+003.0000 V		+000.8593 mA	
+003.0000 V		+000.8942 mA	
+003.0000 V		+000.8965 mA	
5	14:53:27.49	+003.0000 V	+000.8965 mA
6	14:53:27.49	+003.0000 V	+000.8965 mA
7	14:53:27.49	+003.0000 V	+000.8970 mA
8	14:53:27.49	+003.0000 V	+000.8971 mA

Exit

可以看到原始  
数据和波形

# 耗电电流波形的高速采集

- 1. 动态电流的捕捉
  - 设置最快采样速率分析电流波形：

## 最高采样率：

仅测量V或I

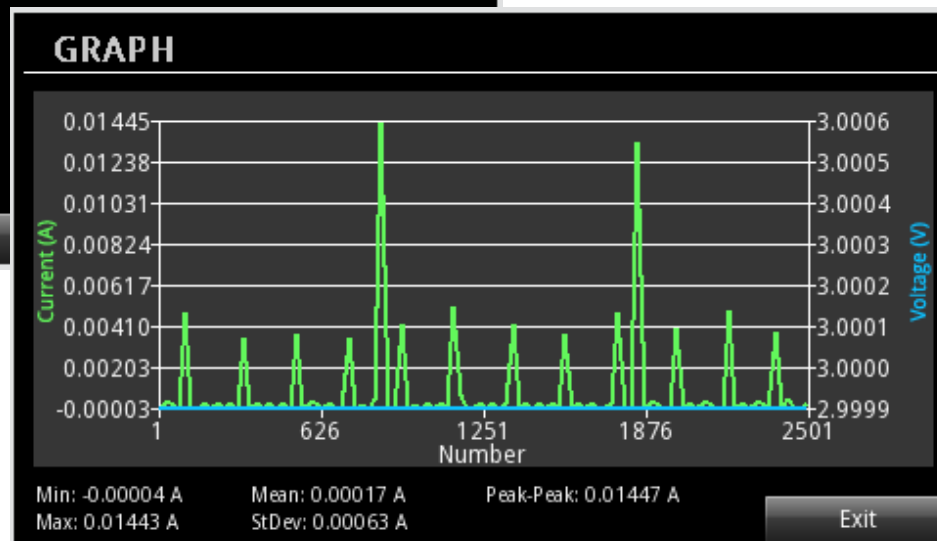
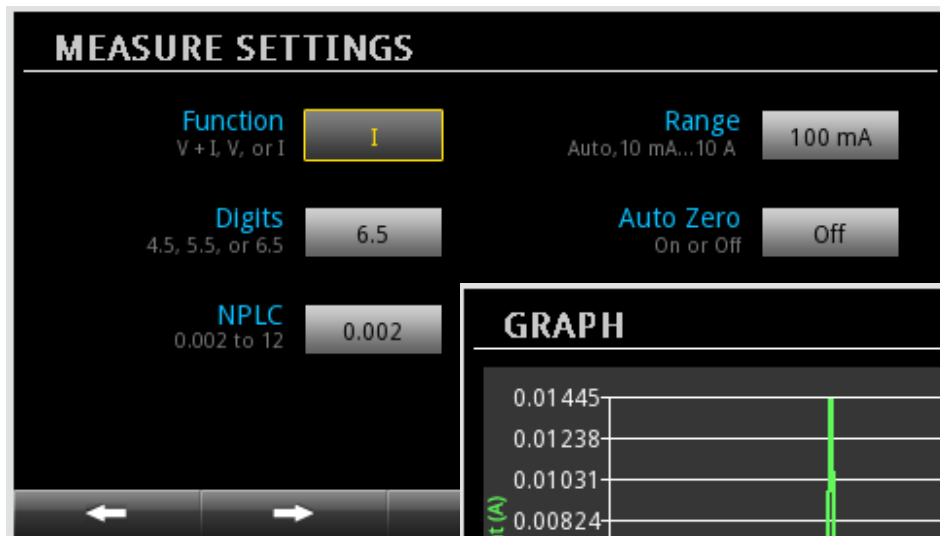
固定量程

关闭Auto Zero

将NPLC设到最小

关闭 Filter 功能

最高采样率可以达到3000Hz

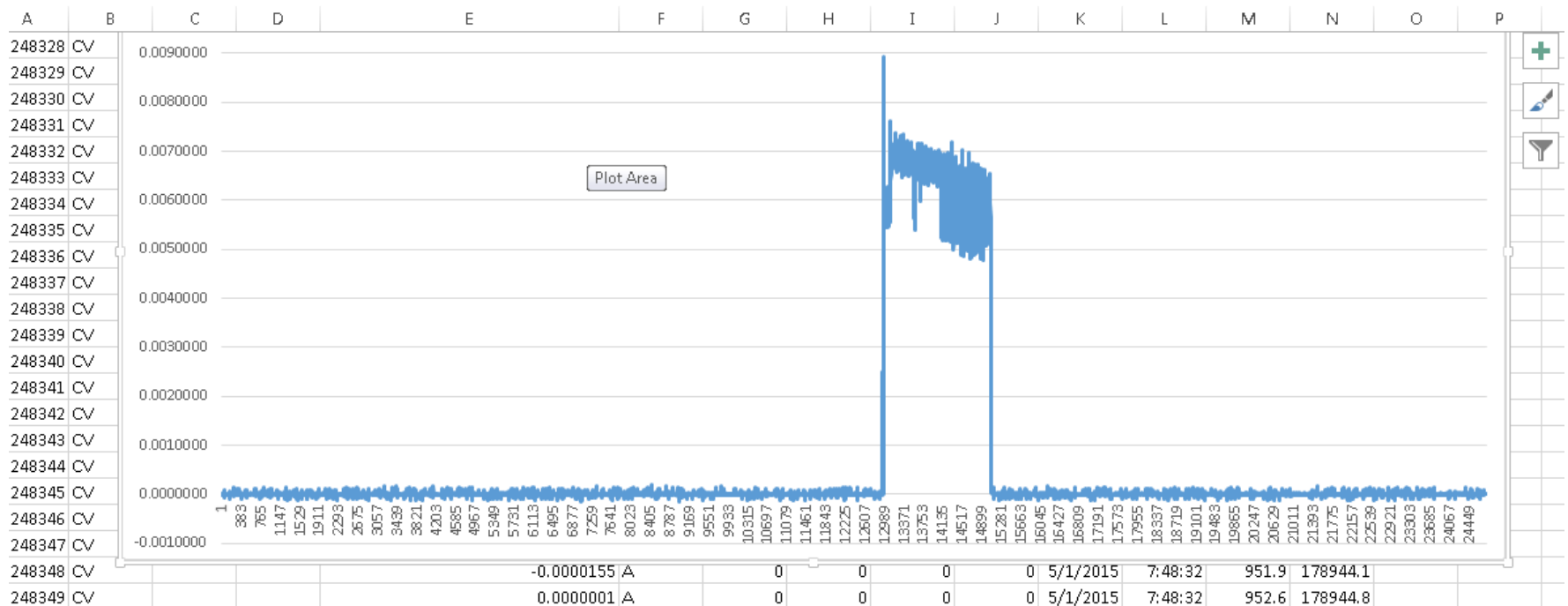


Age	Current
000 V	+000.2999 mA
000 V	+000.1779 mA
000 V	+000.0670 mA
000 V	+000.0375 mA
000 V	+000.0264 mA
1118	16:34:42.43 +003.0000 V +000.8656 mA
1119	16:34:42.43 +003.0000 V +005.1874 mA
1120	16:34:42.43 +003.0000 V +001.6382 mA

Exit

## 测试无线传感器watchdog唤醒时刻的电流波形

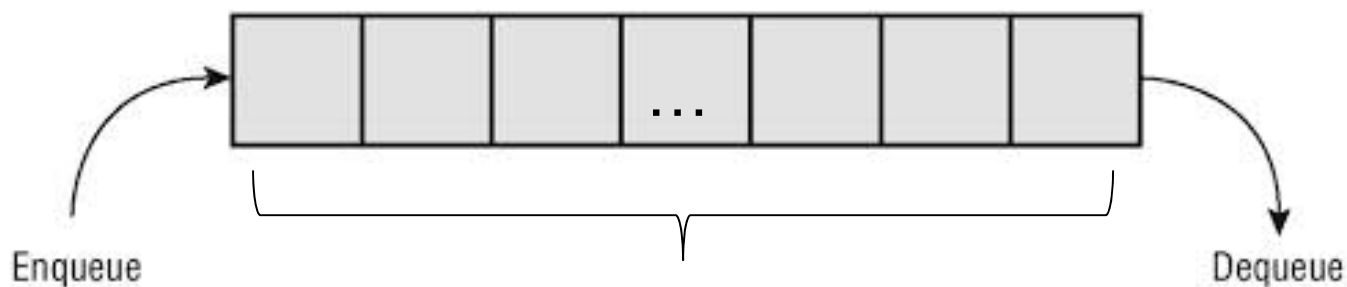
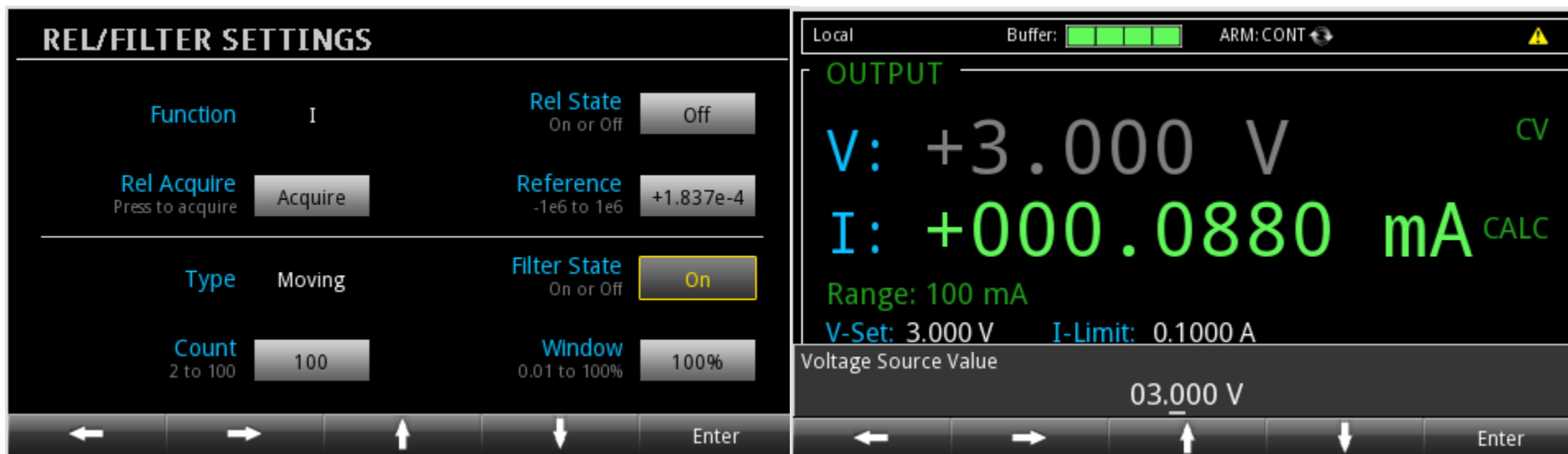
- 用最高速采样率采集电流捕捉到的脉冲波形
- 脉宽约为1530ms
- 峰值电流9mA, 待机电流为uA级





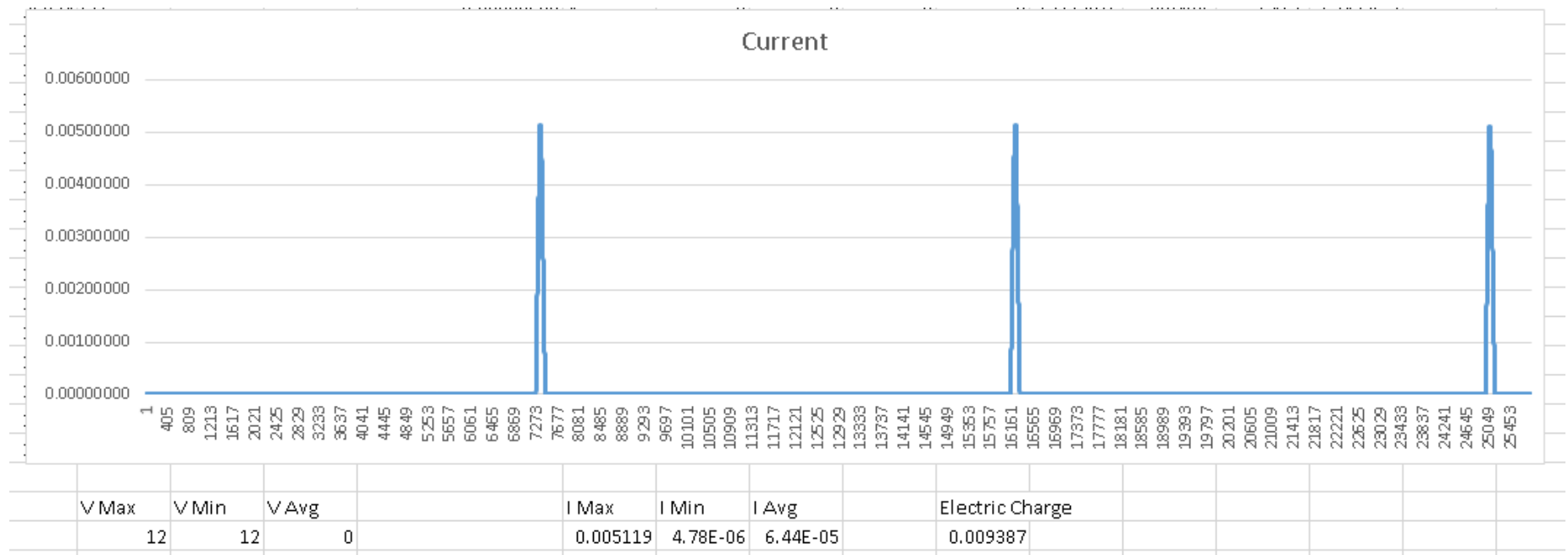
## 内置滤波功能，用于平均电流的计算

- 2. 待机电流的平均值
  - 打开Filter功能，可以得到非常稳定的读数



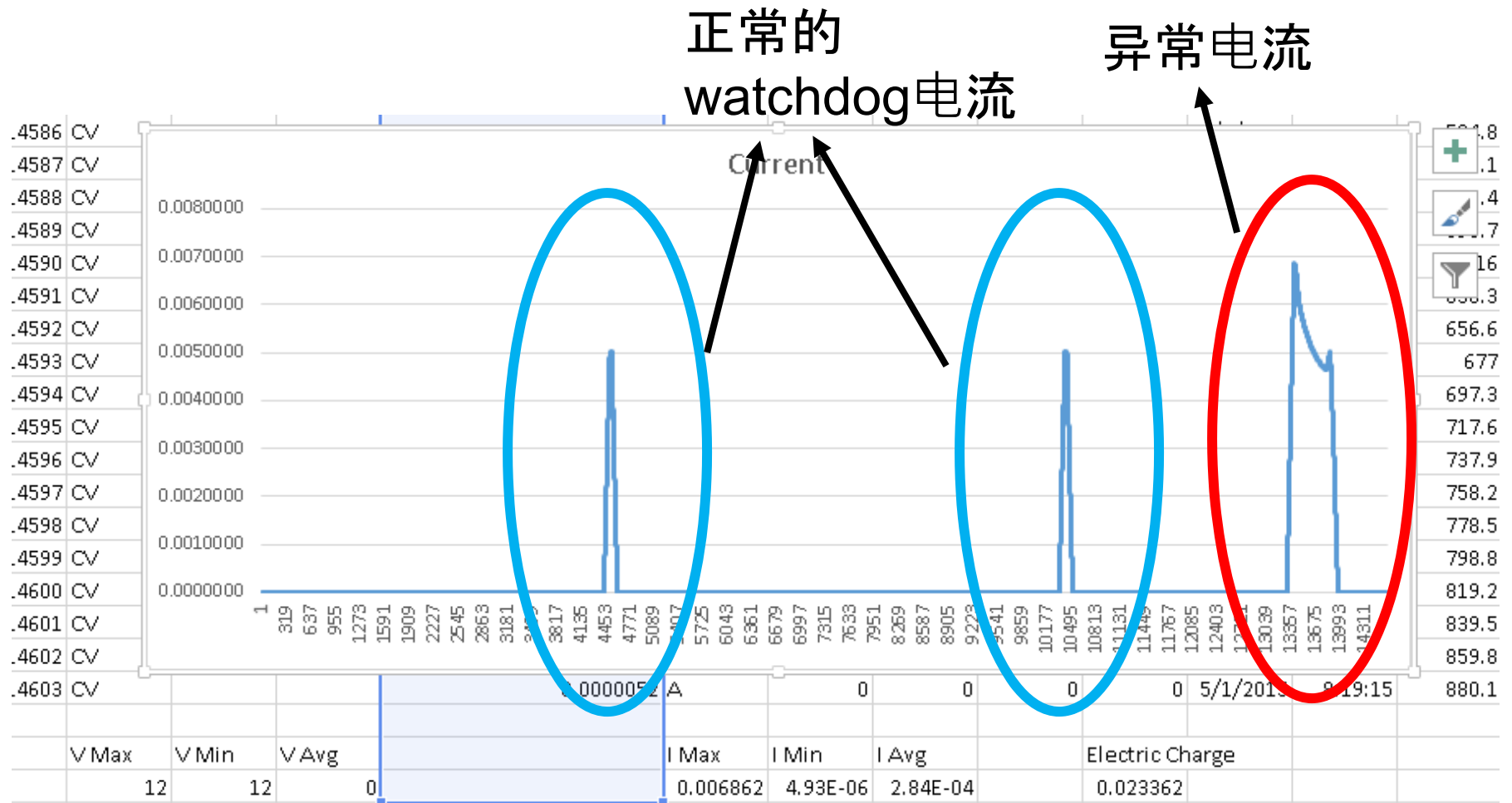
## 测试无线传感器待机状态的平均电流值

- 打开Filter功能并增大积分时间, 会导致采集速率降低
- 但同时会提升电流测试的稳定度和精度, 消除随机误差和噪声的影响
- 此时的待机电流值稳定在5.1~5.2uA
- 喂狗周期内的平均电流值为64uA



## 测试无线传感器待机状态的平均电流值

- Data logging模式帮助客户排查异常的耗电情况



## 耗电测试方法的进化：

数字万用表或数据采集器

100uF

2K $\Omega$

0.05 $\Omega$

直流电源



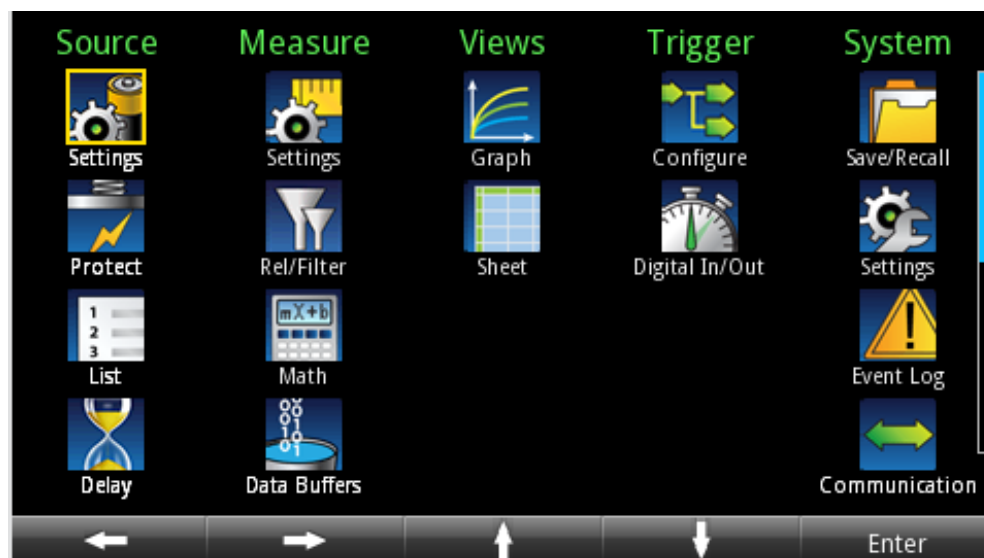
单台设备完成全部供电，测量以及数据计算工作



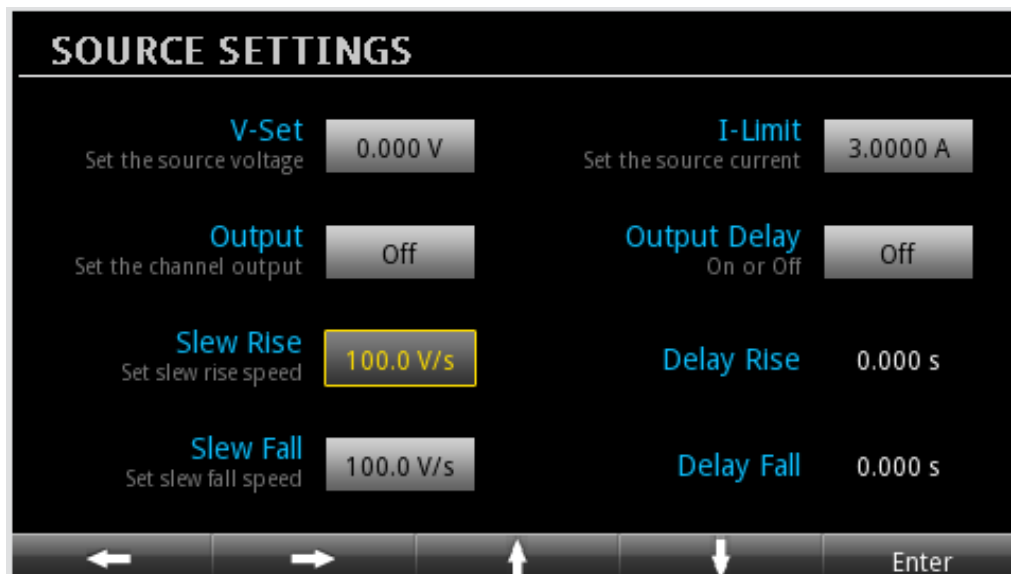
## 操作界面

### ➤ 基于图标的图形化操作界面

#### ➤ 单层操作简便

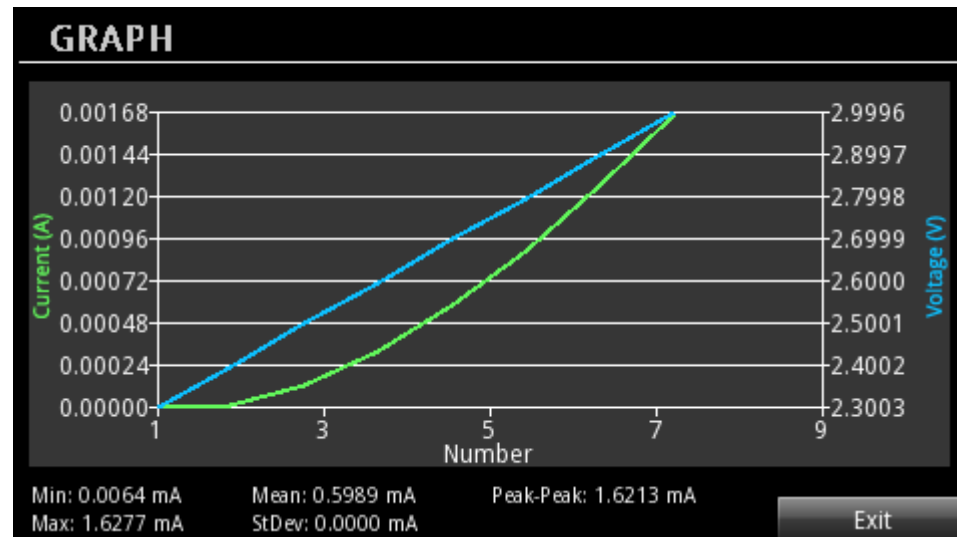


### ➤ 在一个页面设置所有相关测试参数



# Superior Bench Power Supply

- 图形化显示  
电压电流波形



- 显示原始数据

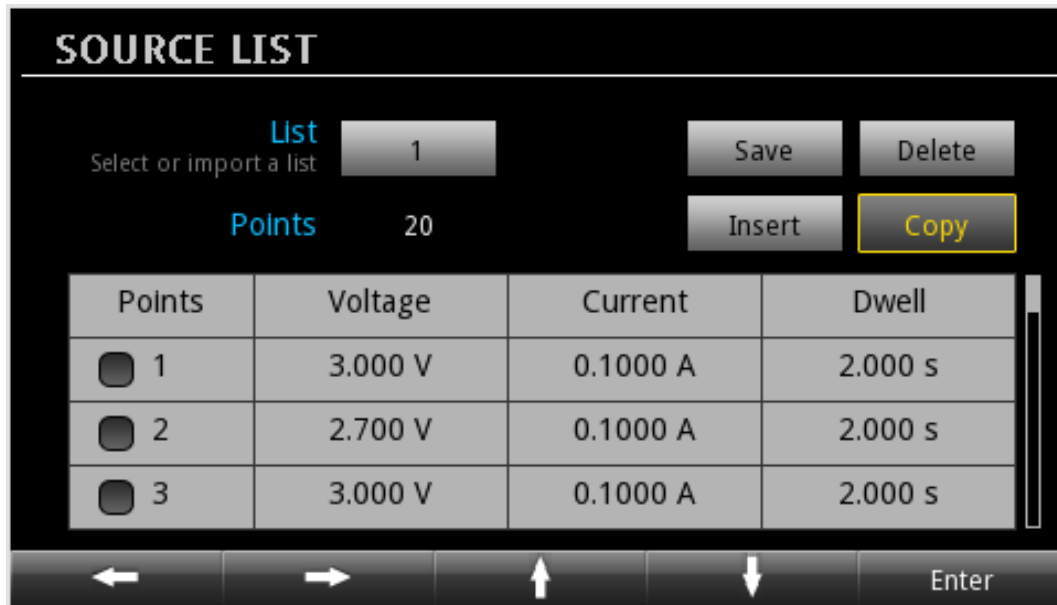
**DATA SHEET**

Points	Time	Voltage	Current
1	01/14 08:32	+006.0011 V	+00.79276 A
2	08:32:19.08	+006.0011 V	+00.79275 A
3	08:32:19.18	+006.0011 V	+00.79274 A
4	08:32:19.28	+006.0012 V	+00.79275 A
5	08:32:19.39	+006.0011 V	+00.79276 A
6	08:32:19.49	+006.0012 V	+00.79274 A
7	08:32:19.59	+006.0012 V	+00.85236 A
8	08:32:19.70	+006.0011 V	+00.85360 A
9	08:32:19.80	+006.0011 V	+00.85358 A

Navigation: Left, Right, Up, Down, Exit



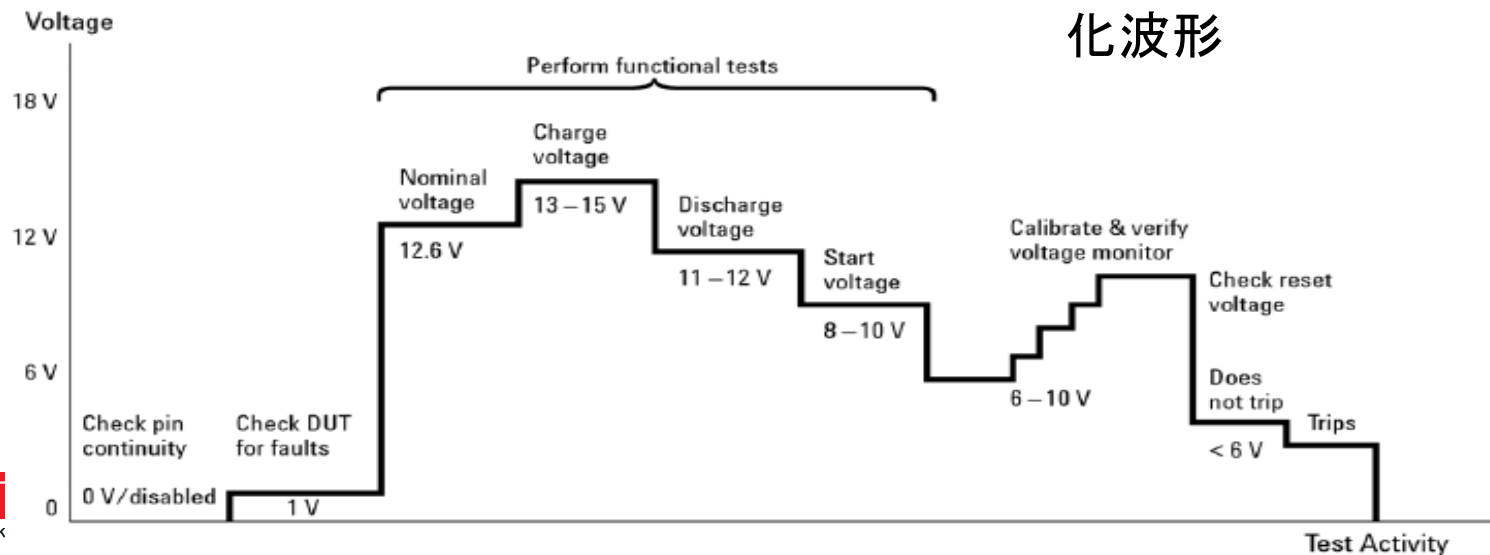
## PMS 2280S 列表模式的作用



一个列表最多可以存储99个点

列表执行过程中, 无需指令或其他人工干预, 电源按照电压顺序和停留时间自动执行列表。同时可以每一步执行结束时, 输出触发信号

作用: 提高测试效率, 简化控制步骤, 生成快速电压变化波形



# PMS 2280S 电源背面板

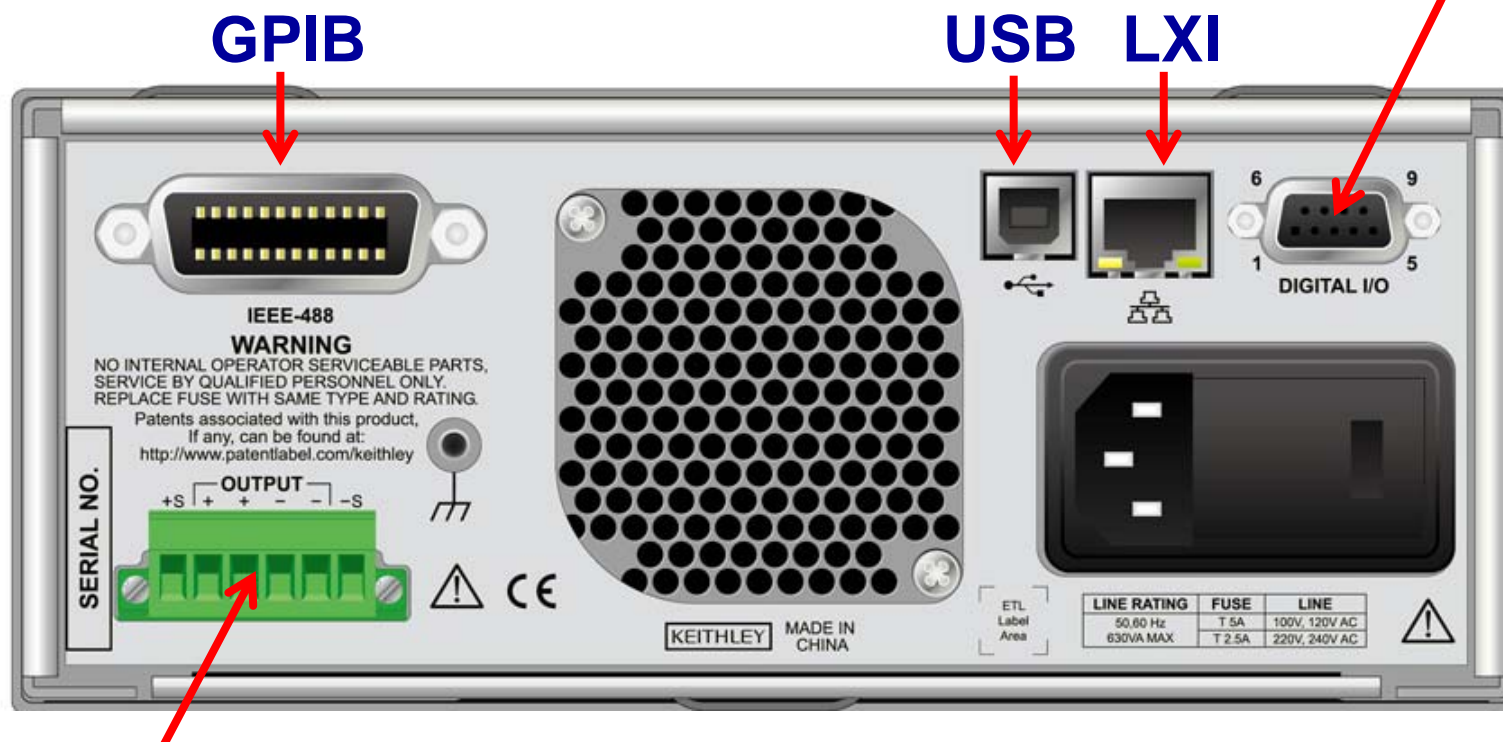
➤ LAN LXI, USB, GPIB – 全部标配

## 数字I/O 接口

□外部触发输入

□测量结束

□4个用户自定义



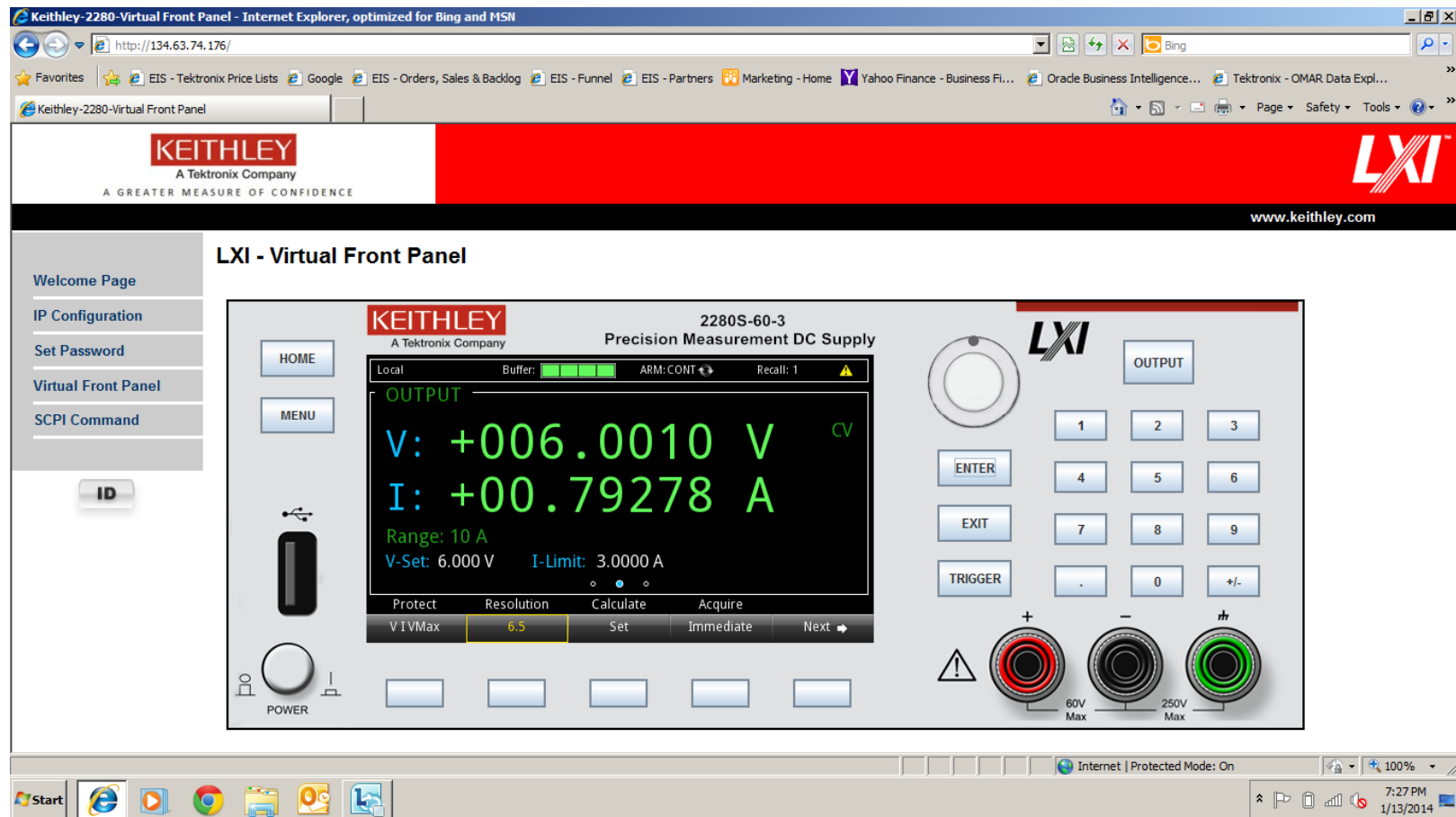
后接线端  
4-Wire Sensing

A Tektronix Company

**Tektronix**

# 通过网络接口进行远程控制

## ➤ 通过网络的LXI界面远程控制和电源



# 通过网络接口进行远程控制

Welcome Page

IP Configuration

Set Password

Virtual Front Panel

SCPI Command

**Data Logging**

ID

### LXI - Data Logging

Points	Mode	Voltage	Unit	Current	Unit	Math	Relative	OSP	Overflow	Time
14796	CV			1.4238647E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8768
14797	CV			1.4137456E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8772
14798	CV			1.2956894E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8775
14799	CV			2.1119638E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8779
14800	CV			1.261959E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8782
14801	CV			1.353031E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8786
14802	CV			1.2855702E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8790
14803	CV			1.2788242E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8793
14804	CV			1.6667231E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8797

MODE

Manual

Stop

连续数据采集功能最高可达 3000 /s, 同时提供电量计算功能

11364	CV	12.600316	V	1.8817985	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.1013
11365	CV	12.600321	V	1.8817737	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.1431
11366	CV	12.600314	V	1.8817452	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.1848
11367	CV	12.600297	V	1.8817166	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.2266
11368	CV	12.600277	V	1.8816862	A	0	0	0	0	2014-11-07 15:32:43.2684

Vmax 12.600394 V

Vmin 11.89879 V

Vavg 12.543977 V

Imax 1.9998226 A

Imin 0.9998445 A

Iavg 1.918472 A

**Electric Charge 253.00612 mAh**

Copy

Copy All

# 总结：多功能，高性能，新型直流电源

## – 创新型的PMS 2280S

- 高精度测量功能
  - 6 ½ 数字万用表性能
  - 4 组电流量程
- 拥有良好操作体验的高性能电源
  - 低纹波噪声，快速瞬态响应
  - 图形化操作界面
  - 波形显示和数据统计功能
- 高性能的系统电源
  - LAN LXI, USB, 和GPIB 接口 – 全部标配
  - 数字 IO 和触发功能
  - 2500个数据存储空间

*Series 2280 Precision Measurement DC Supply*



两个型号:

2280S-32-6 32V @ 6A, 192W

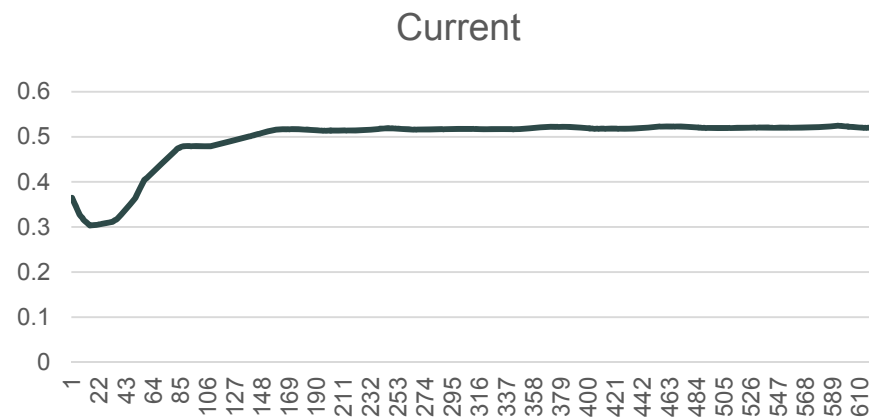
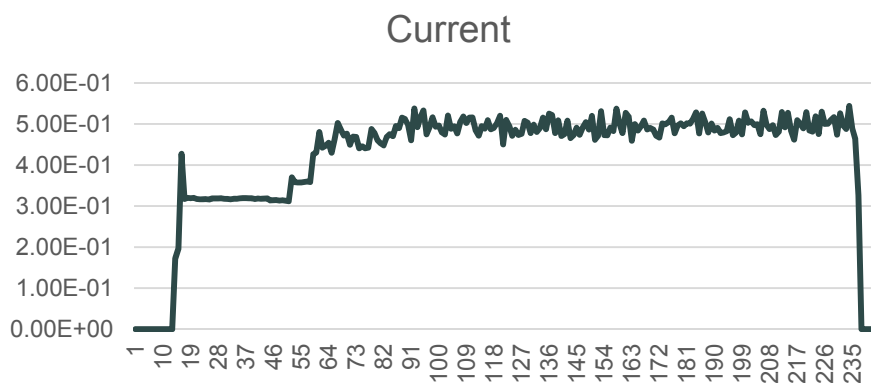
2280S-60-3 60V @ 3.3A, 192W

## 其他成功应用案例

### ■ 产品耗电测试:



- 测量待测件在特定工作条件下(recording)的平均工作电流
- 开启内置Filter功能, 平均电流值非常稳定, StDev = 0.00256A





## 其他成功应用案例

### ■ 电池电量，超级电容电容量测试

- 利用data logging功能和电流积分功能，记录电池充放电工程，并计算电池充电/放电总电量

Welcome Page  
IP Configuration  
Set Password  
Virtual Front Panel  
SCPI Command  
Data Logging

LXI - Data Logging

Points	Mode	Voltage	Unit	Current	Unit	Math	Relative	EXP	Overflow	Time
14796	CV			1.4238647E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8768
14797	CV			1.4137456E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8772
14798	CV			1.2956894E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8775
14799	CV			2.1119638E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8779
14800	CV			1.261959E-4	A	0	0	0	0	2014-11-12 16:31:28.8782
14801	CV			1.353031E-4	A	0	0	0	0	
14802	CV			1.2855702E-4	A	0	0	0	0	
14803	CV			1.2788242E-4	A	0	0	0	0	
14804	CV			1.6667221E-4	A	0	0	0	0	

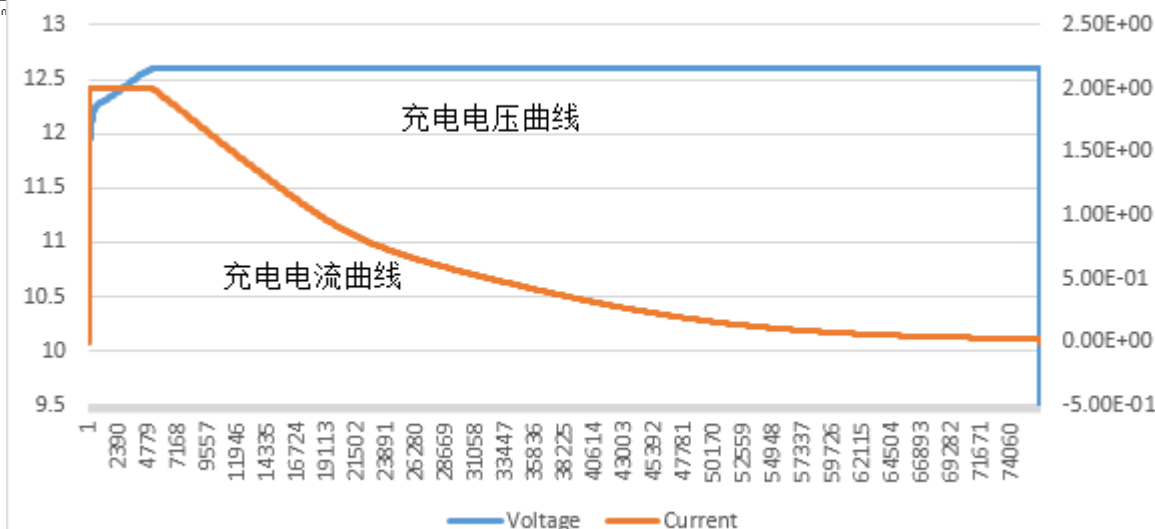
MODE  
Manual



超级电容属于物理电池的一种，其功率密度极高，可达300W/kg-500W/kg，是普通电池的5-10倍，不过其内阻较大，不能用于交流电路。

汽车之家 AUTOHOME.COM.CN

2280S 电池充电曲线

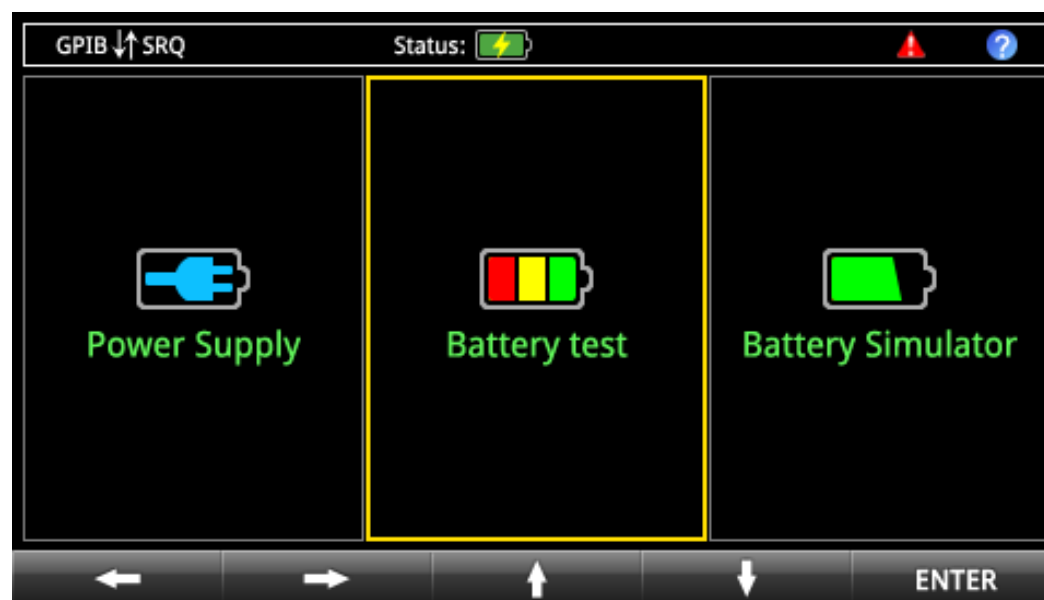
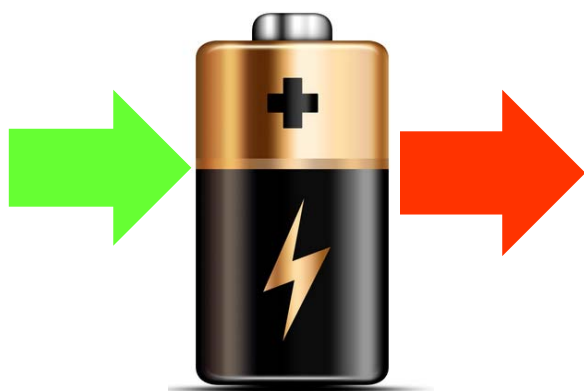


## 基于2280S的锂离子电池模拟器2281S

- 锂离子电池模拟器，用于仿真真实电池的输出特性，充放电特性
- 与真实电池一样，随充放电过程，调整输出电压，完全模拟真实电池输出特性
- 用户可以随时更改，设置电池状态，测试电源控制单元的工作逻辑，充放电管理模块的工作状况，并验证整机在不同电池条件下的工作情况
- 加速测试时间，为电池相关设备测试大幅度提高效率



## 锂离子电池模拟器功能

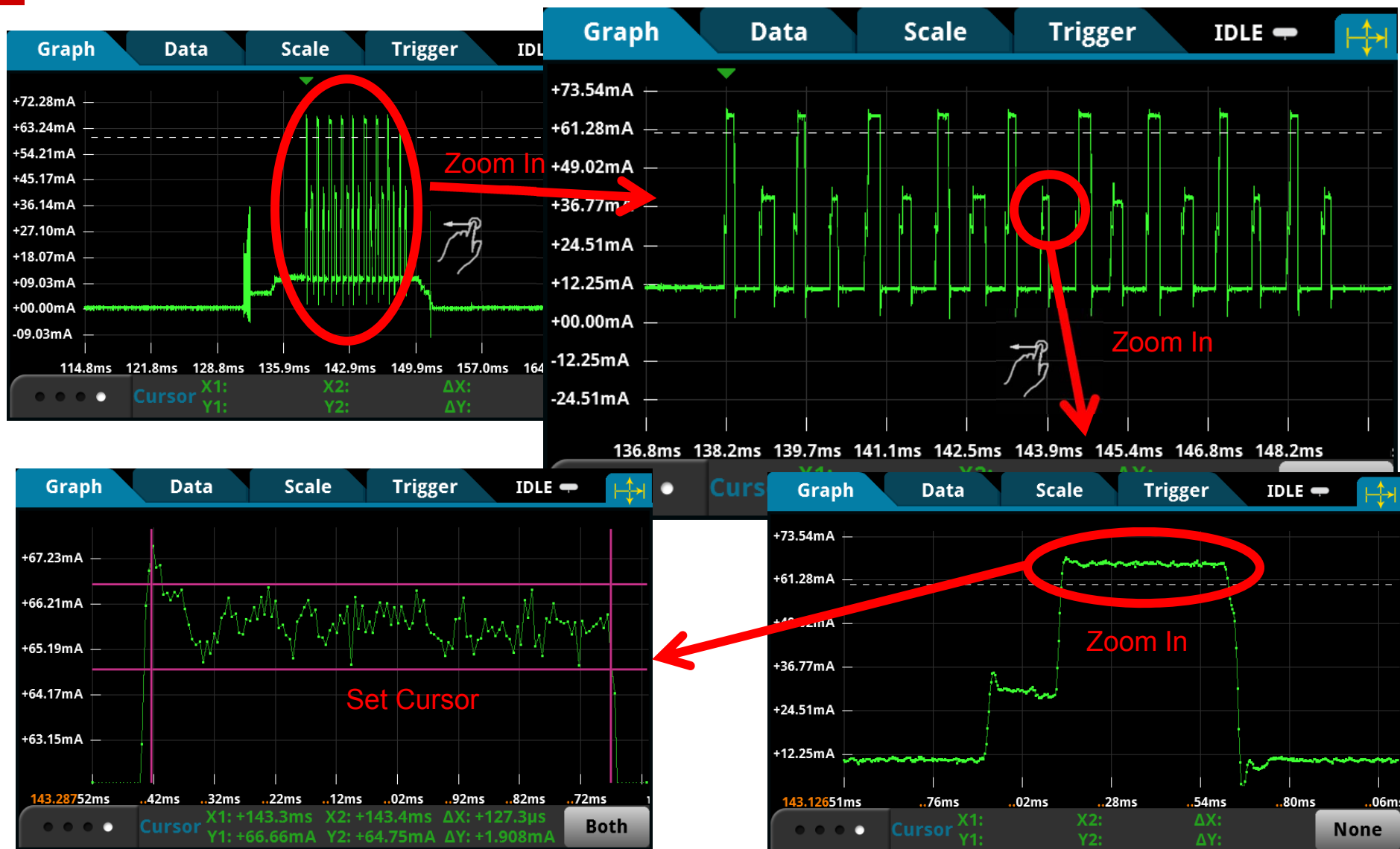


电池测试

建立电池  
模型

电池仿真

# 7510DMM 分析 Smart Watch 的功耗例子



# 泰克智能穿戴设备的测量方案—耗电分析仪

## 多个选择

- 2280S、2281S高精度DC Supply
- 2450 SMU 触摸式源表
- 7510 7 1/2 DMM



## 高精度测量功能

- 6 1/2 --7 1/2 数字万用表性能
- 采样率最高1MS/s
- 最小电流量程: 10nA

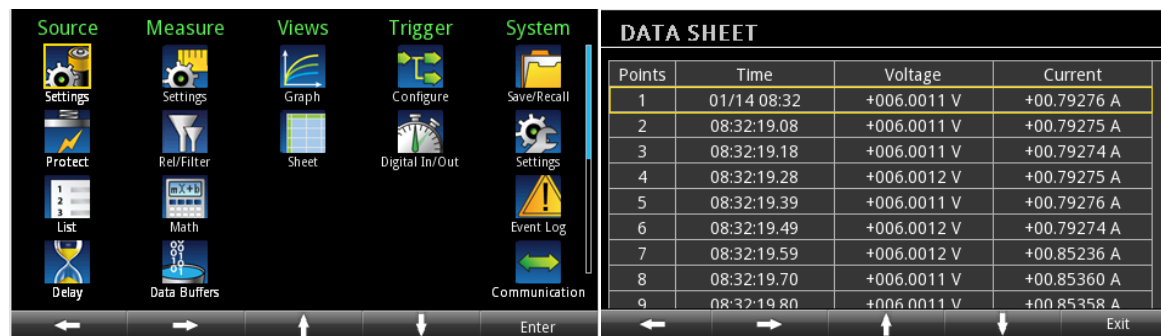
## 拥有良好操作体验的高性能电源

- 低纹波噪声, 快速瞬态响应
- 图形化操作界面
- 波形显示和数据统计功能
- 列表模式

## 高性能的系统电源

- LAN LXI, USB, 和 GPIB 接口 – 全部标配
- 数字 IO 和触发功能
- TSB编程更容易

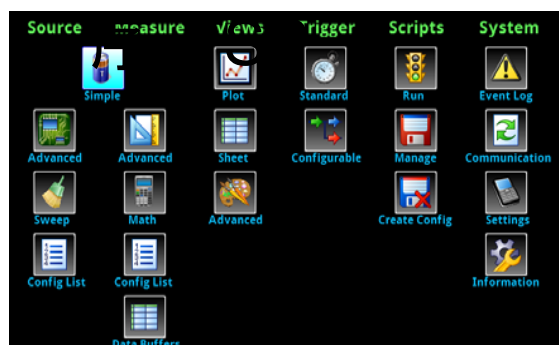
		2280S	2450	7510
名称		POWER	SMU	DMM
显示位数		6 1/2	6 1/2	7 1/2
源	电压范围	0--60V	20mV – 200V	N/A
	电流量程	0-- 3.3A	10nA---1A	N/A
测量	电压范围	0--60V	20mV – 200V	100mV---1000V
	电流量程	10mA--10A	10nA---1A	10uA--10A
	电流分辨率	10uA	10fA	1pA
	基本精度	0.02%	0.012%	14ppm
功能	阱电流	N	Y	N
	操作	图形	触摸	触摸
	显示	数字和图形(波形)		
	采样率	3KS/s	N/A	1MS/s



# 泰克提供最佳的耗电测量方法--2450 SMU

- 触摸控制
- 精密测量: 低电流测量, 最小量程10nA
- 显示创新
- 内置嵌入式的自动执行程序

Range  
10.00000 nA  
100.0000 nA  
1.000000  $\mu$ A  
10.00000  $\mu$ A



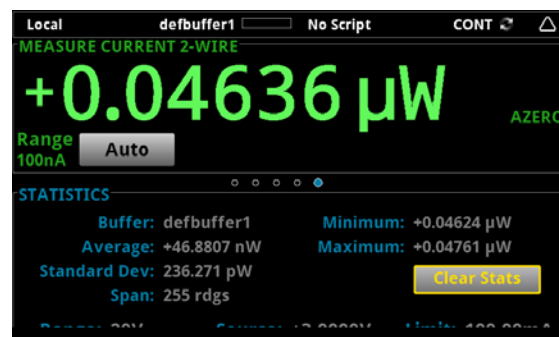
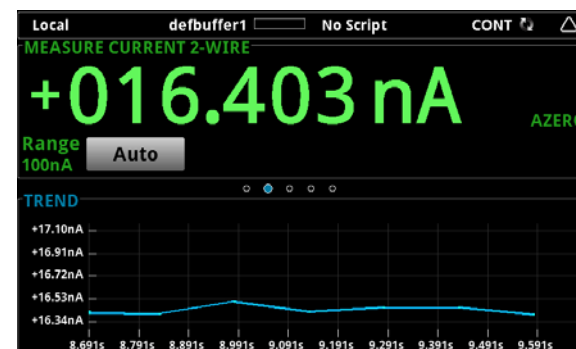
触摸屏式的菜单设计



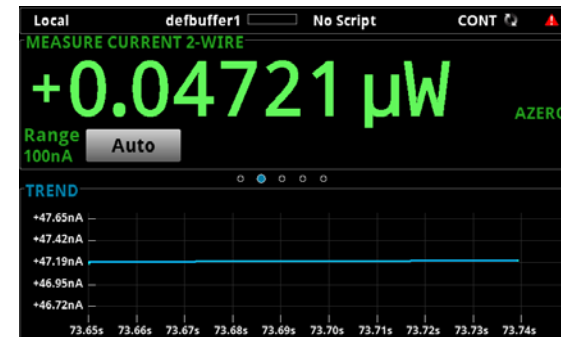
可编程显示用户需要的测量项目  
A Tektronix Company



测量的手表待机电流及统计结果、电流的趋势图



测量的手表待机功耗及统计结果、功耗的趋势图



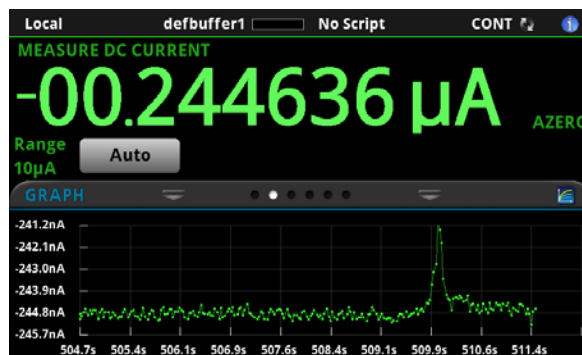
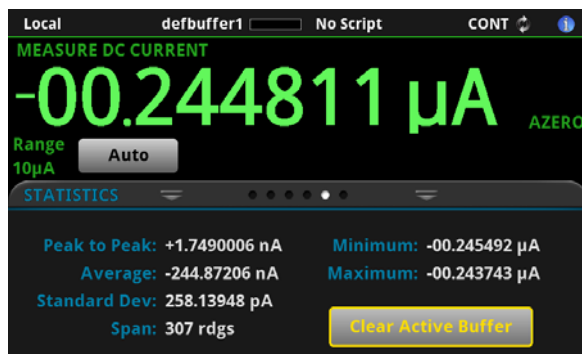


# 泰克提供最佳的耗电测量方法

## DMM7510 7 ½ 触摸屏数采万用表



- 5英寸高分辨率触摸屏显示屏
- 实现信号和瞬态的可视化
- 缩短学习曲线，更迅速获得结果
- 高精度万用表，分辨率从3位半到7位半
- 扩展小量程: **100mV, 1Ω和10μA** 量程，更适合低电平信号测量
- 自动校准功能将温度和时间的漂移对测试的影响降至最低，从而提高精度和稳定性
- 利用采样速率1MS/s的18位A/D转换器，精确分析电流和电压的瞬态波形
- 超大容量读数内存(2750万数据)，捕获更多信号
- 先进模拟触发机制，包括边沿、脉冲和窗口模式，以捕获关键信号



穿戴设备的待机电流及统计结果、电流波形

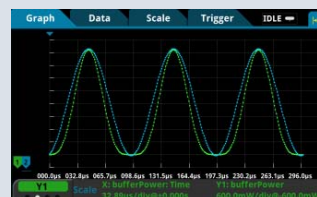
### 超越传统 DMM



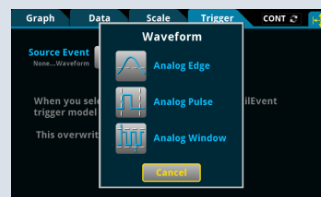
7½-digit accuracy



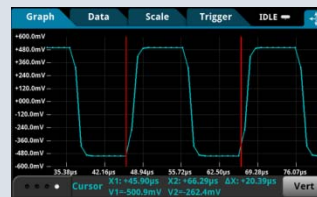
15 basic functions



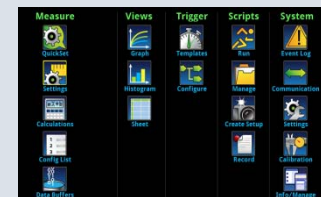
Compare signal traces



Advanced triggering options

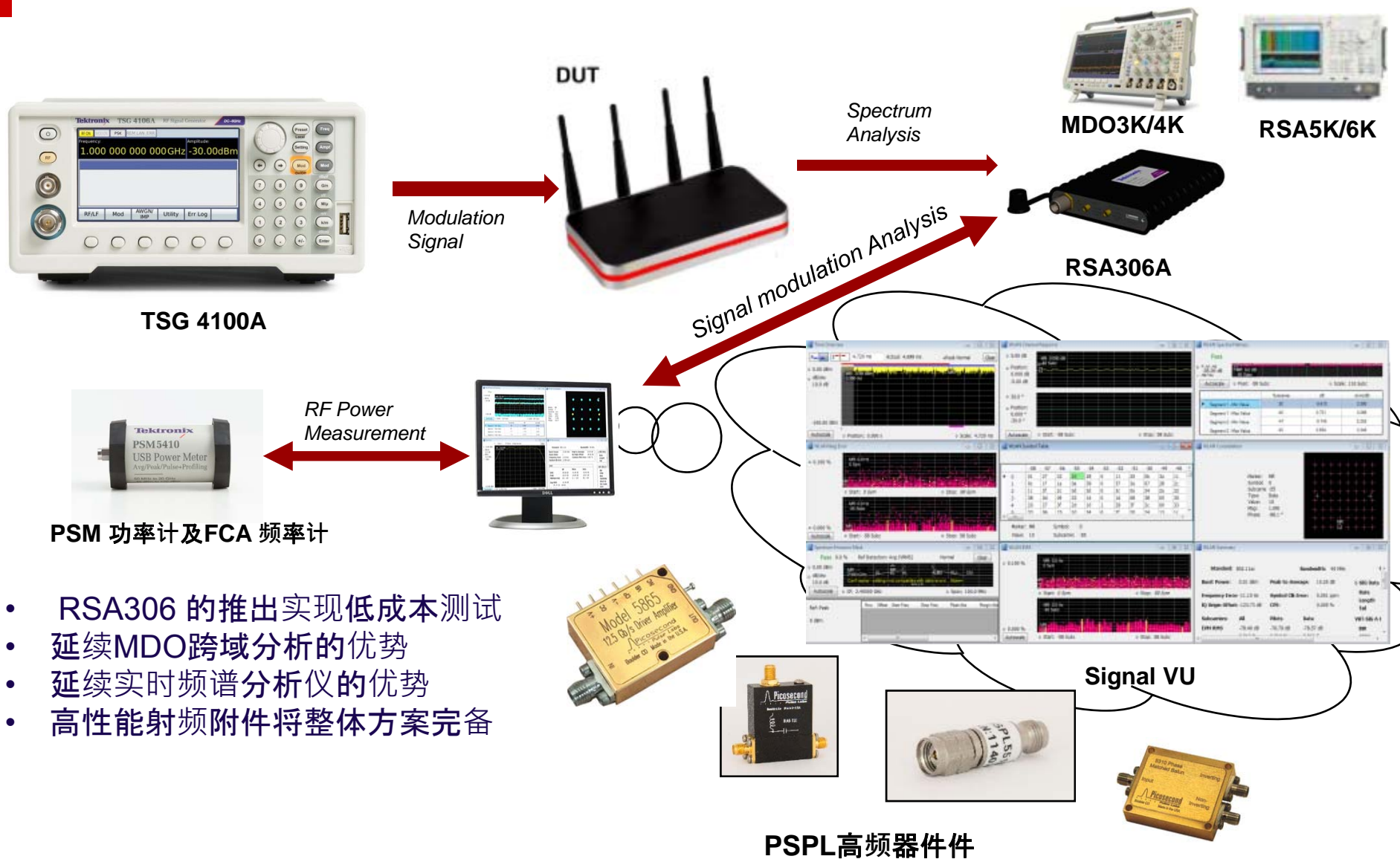


Set vertical or horizontal cursors



Icon based design

# 泰克最新射频解决方案



# 泰克智能穿戴设备的测量方案---示波器选择平台



	<b>DPO7000C Series</b>	<b>MSO/DPO5000 Series</b>	<b>NEW MDO4000 Series</b>	<b>DPO4000B Series</b>	<b>NEW MDO3000 Series</b>
带宽	500 MHz to 3.5 GHz	350 MHz to 2 GHz	100 MHz to 1 GHz	100 MHz to 1 GHz	100 MHz to 1 GHz
采样率	5 GS/s to 40 GS/s	5 GS/s to 10 GS/s	2.5 GS/s to 5 GS/s	2.5 GS/s to 5 GS/s	2.5 GS/s
通道	4 analog	4 analog 16 digital (MSO)	4 analog, 16 digital, 1 RF	2, 4 analog, 16 digital (MSO)	2, 4 analog, 16 digital , <b>1 RF</b>
记录长度(Max)	50 M – 500 M	12.5M – 250 M	20 M	20 M(5M)	<b>10 M</b>
显示	12.1 inch, XGA color	10.4 inch, XGA color	10.4 inch, XGA color	10.4 inch, XGA color	9.0 inch, WVGA color
并行总线	No	Yes (MSO Series)	Yes	Yes (MSO Series)	Yes (option)
串行总线分析	I <sup>2</sup> C, SPI, CAN, LIN RS-232/422/485/UART, USB 2.0	I <sup>2</sup> C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/UART, and USB 2.0,	I <sup>2</sup> C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/ UART, MIL-STD-1553,I <sup>2</sup> S/LJ/RJ/TDM	I <sup>2</sup> C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/ UART, MIL-STD-1553,I <sup>2</sup> S/LJ/RJ/TDM	I <sup>2</sup> C, SPI, CAN, LIN RS-232/422/485/UART , I <sup>2</sup> S/LJ/RJ/TDM <b>FlexRay / USB 1553</b>
扩展分析能力	MIPI® D-PHY DSI-1 and CSI-2, Ethernet, and USB 2.0 Compliance Testing, Jitter, Timing, Eye Diagrams, Power, DDR Memory Bus Analysis, Wideband RF	Ethernet and USB 2.0 Compliance Testing, Jitter, Timing, Eye Diagrams, Power, DDR Memory Bus Analysis, and Wideband RF	Advanced RF Triggering, Power Analysis, Limit/Mask Testing, HDTV and Custom Video	Power Analysis, HDTV and Custom Video	Power Analysis, HDTV and Custom Video <b>BW Updates</b> <b>Tektronix</b>

多谢！

**Tektronix**

**KEITHLEY**

A Tektronix Company