

IoT和智能家居设备

电源管理和电池的性能测试和验证



 KEYSIGHT
TECHNOLOGIES

主讲人： 饶骞

是德科技（中国）有限公司

kent_rao@Keysight.com

2019年12月12日 深圳

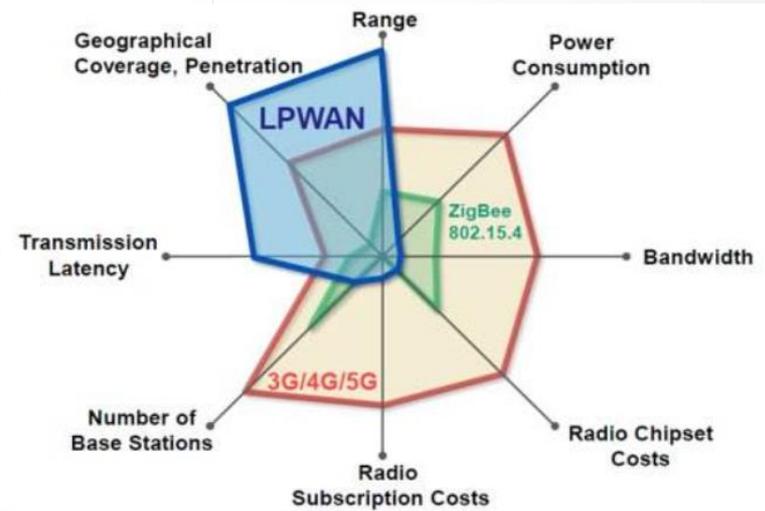
智能设备和IoT普及的关键因素： 性能和长工作寿命

低功耗（硬件/软件） + 高品质电池 + 电源管理



- ✓ 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



我们今天的关注：

- 智能和物联网设备整机功耗的精确评估
- 电池性能的分析
 - 电池的真实容量分析和加速寿命实验
 - 电池指标的一体化特性分析手段
 - 内阻测试和仿真
- 小功率DC/DC 模块的快速验证
- 总结



精确低功耗分析 - N6705C 直流电源综合测试和分析仪

智能物联网和手机低功耗分析的行业标准



N6781A 为耗电分析设计的两项限源表模块

为电池耗电分析特殊设计的电源模块:

- 高达200 KSa/s、28bit电流采样率，精确测量脉冲电流
- 连续捕获 8nA - 8A 快速变化的耗电电流波形
- 可视化电流测试软件，电流测试与操作同步测量
- 可调节的电池内阻仿真特性



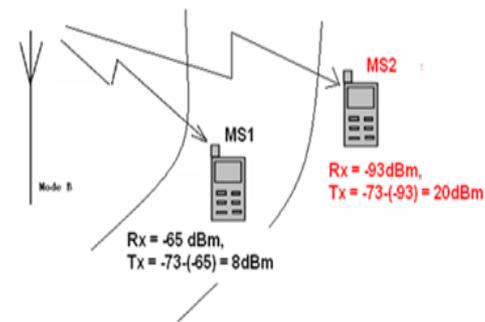
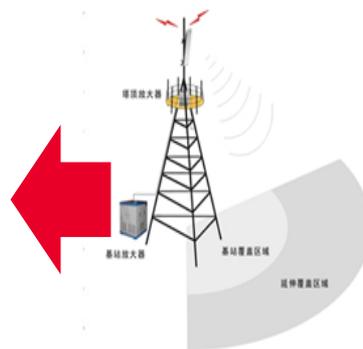
Power & Energy

5

智能产品的低功耗分析

NB-IoT模块功耗测试环境及平台

- 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；
- 各种工作场景下的功耗都比较低，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。

物联网模块性能和低功耗分析的一体化测试环境

智能产品的低功耗分析

NB-IoT模块的PSM模式进驻和功耗测试

PSM (Power Saving Mode)：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基站模拟器通信，完成上网注册，接收系统

最后正常进入PSM省电模式，电流仅2.869uA，。

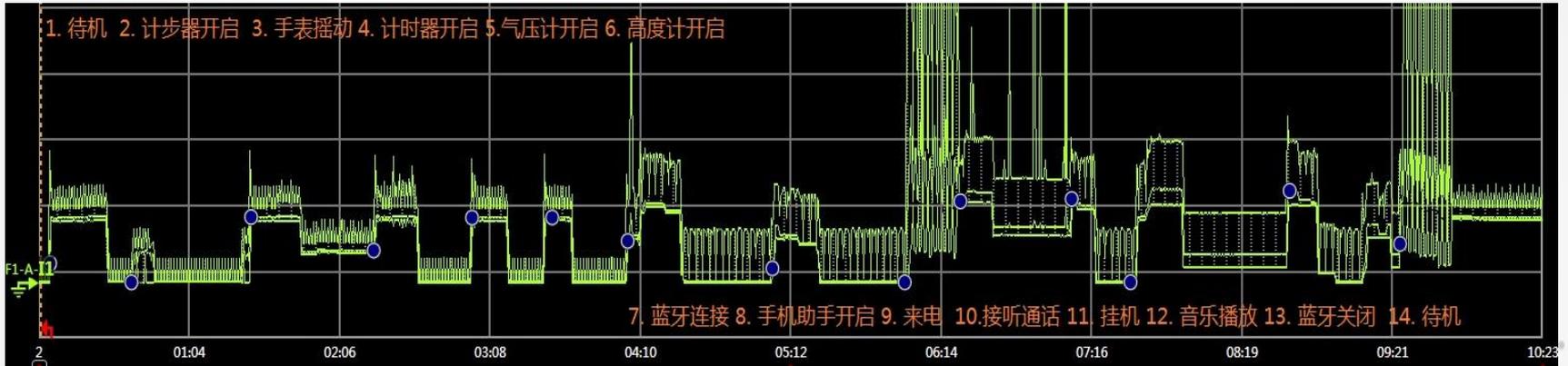
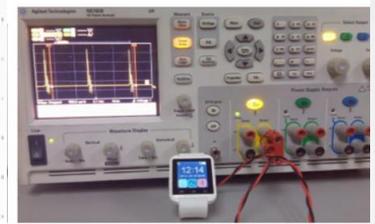


模式/ 状态	开机	注册	TX发射	RX接收	PSM
起始时间	0:06	0:10	0:14	0:21	0:41
截至时间	0:010	0:13	0:15	0:28	0:48
平均电流 (mA)	4.097	16.51	78.21	42.44	0.0028
最大电流 (mA)	237.01	75.94	204.83	67.03	0.0068

模拟基站发射功率 -114dB，PSM模式耗电仅2.868uA，在进行系统注册时，最大电流为206.75mA，相差10万倍。

智能产品的低功耗分析

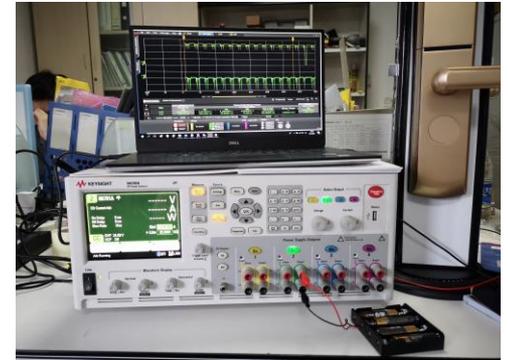
智能手表功耗实测和数据分析



- ✓ “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

模式/ 状态	待机	显示屏亮	计步器	计时器	气压启	高度计	蓝牙连接	来电	蓝牙通话	挂机	音乐播放	蓝牙退出
起始时间	0:00	0:08	0:42	1:53	2:42	3:18	4:14	6:01	6:24	7:12	7:41	9:11
截至时间	0:06	0:28	0:49	2:15	2:58	3:28	4:26	6:20	6:35	7:17	7:55	9:46
平均电流 (mA)	0.370	38.02	16.65	18.69	0.464	0.379	44.16	65.94	52.46	44.34	54.08	46.046
最大电流 (mA)	14.1589	57.466	32.072	37.1117	15.0608	14.1623	75.708	319.62	148.721	74.8239	87.0712	205.49

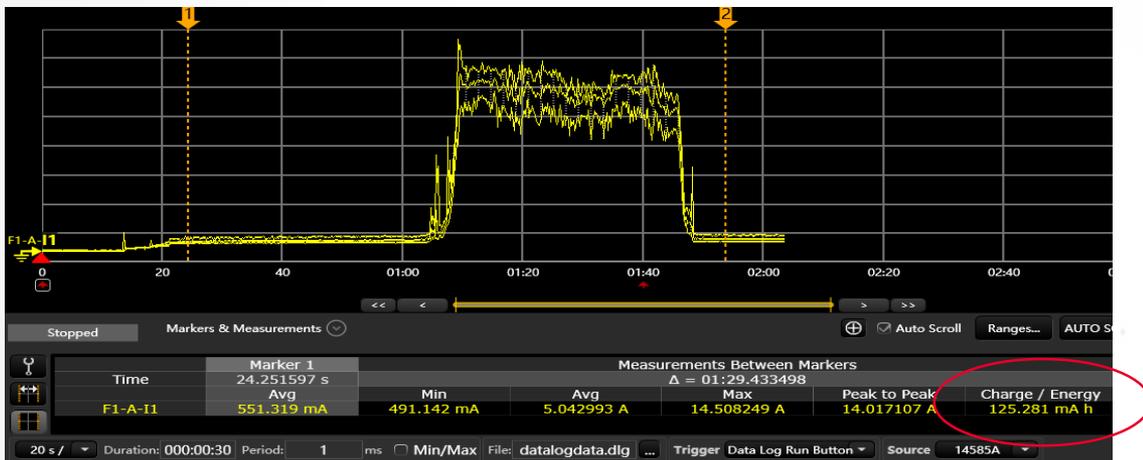
智能门锁功耗实测/分析过程



- ✓ 14585A启动数据记录仪 Data Logger
- ✓ “门锁”的锁盖开启 -> 指纹识别 -> 开锁 -> 锁盖闭合
- ✓ 软件可在操作处设定“事件标签”

智能产品的低功耗分析

无人机起飞和降落功耗实测



- ✓ 14585A启动数据记录仪 Data Logger;
- ✓ “操作无人机起飞，降落” 从开机->连接WIFI->起飞->降落过程;
- ✓ 软件实时记录所有操作过程电流变化。

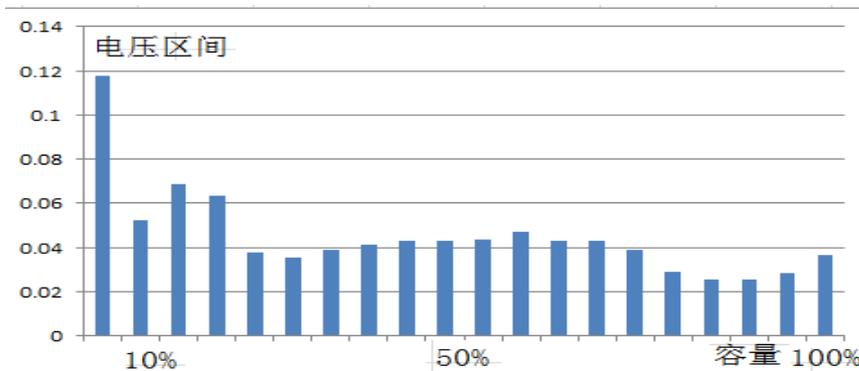
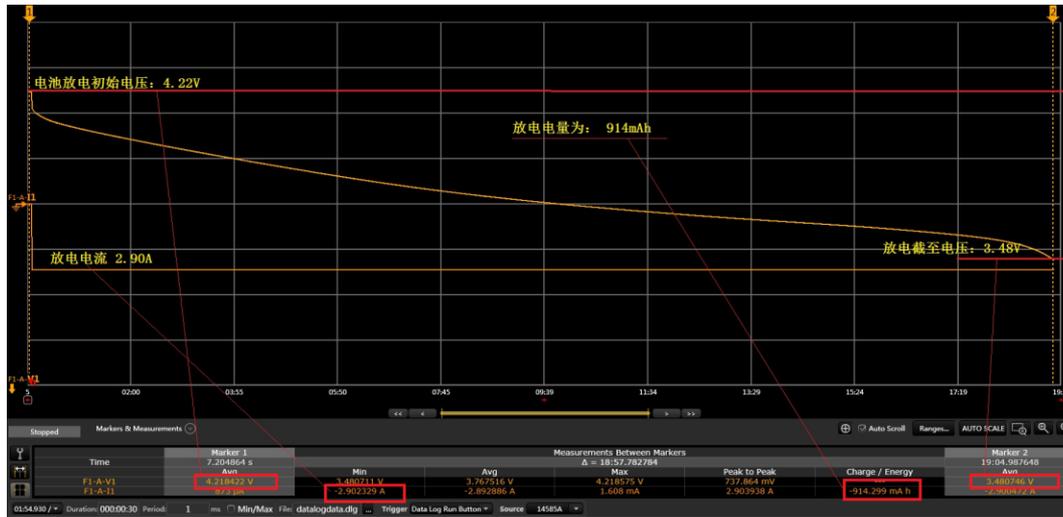
模式/ 状态	开机	待机	起飞和飞行	降落待机
起始时间	0;14	00: 34	1:09	1: 52
截至时间	0:16	00: 44	1:45	1: 56
平均电流 (A)	0. 14108	0. 66421	10. 84	0. 81067
最大电流 (A)	0. 18558	1. 03	14. 51	1. 128
总耗电	125mAH			

我们今天的关注:

- 智能和物联网设备整机功耗的精确评估
- 电池性能的分析
- 小功率DC/DC 模块的快速验证
- 总结



电池容量及电压区间分布测试



Soc (%)	Voc (V)
0%	3.3
5%	3.417419645
10%	3.469712651
15%	3.538586398
20%	3.601882875
25%	3.639315377
30%	3.674645796
35%	3.713511828
40%	3.754836719
45%	3.797917202
50%	3.84076305
55%	3.884100026
60%	3.930903831
65%	3.974087812
70%	4.016838519
75%	4.055635768
80%	4.084480586
85%	4.109850219
90%	4.135330419
95%	4.163642325
100%	4.199976858

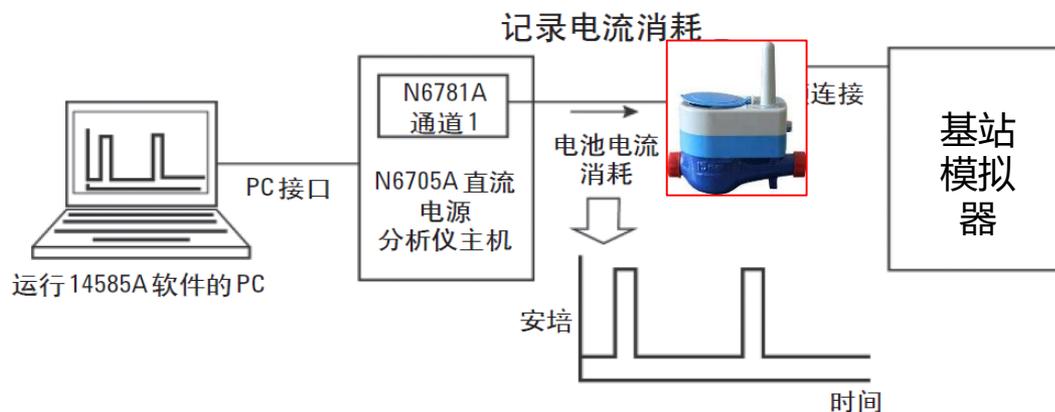
负载可用的电池容量

- 电池容量的定义：电池容量是衡量电池性能的重要性能指标之一，它表示在一定条件下（恒定放电率、温度、终止电压等）电池放出的电量，即电池的容量。高放电率会导致容量降低
- 智能IoT 的放电率： 周期性的脉冲高电流， 会直接导致电池容量的降低
- 动态负载放电下的微小差异， 可能会导致从电池获得容量的巨大差异

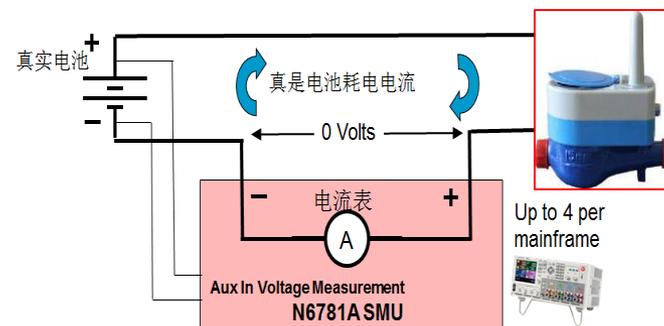
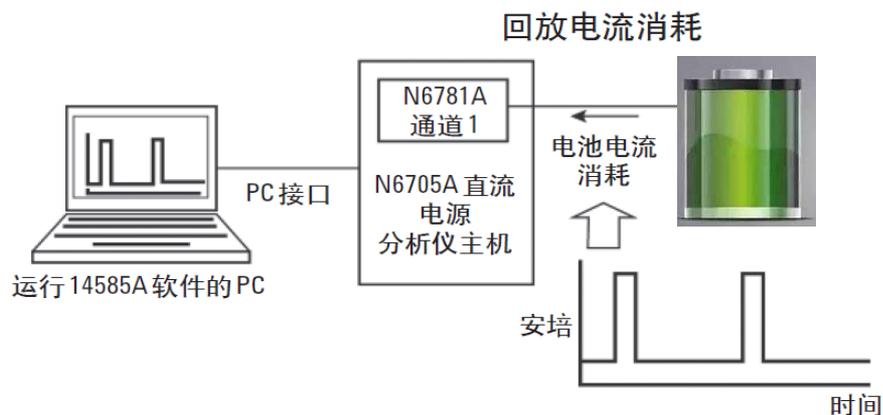
更为准确评估电池的工作时间， 需要模拟真实负载的耗电场景， 筛选出更适合负载的高峰值电流、高功率密度的电池型号



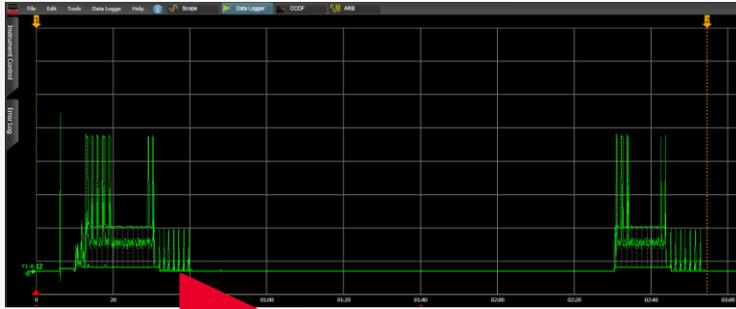
物联网负载终端真实耗电场景的模拟 电流波形录制



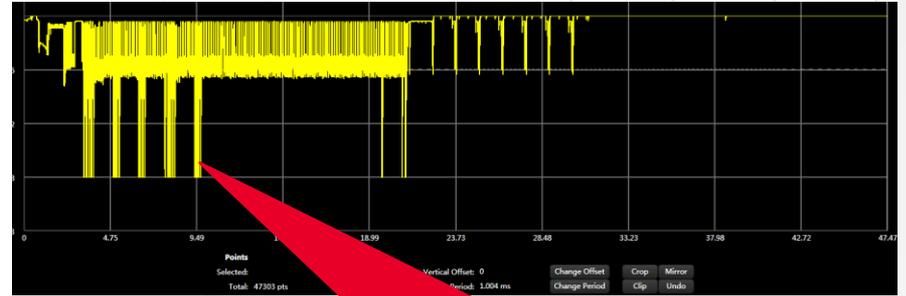
电池带载时0压降的动态电流测量



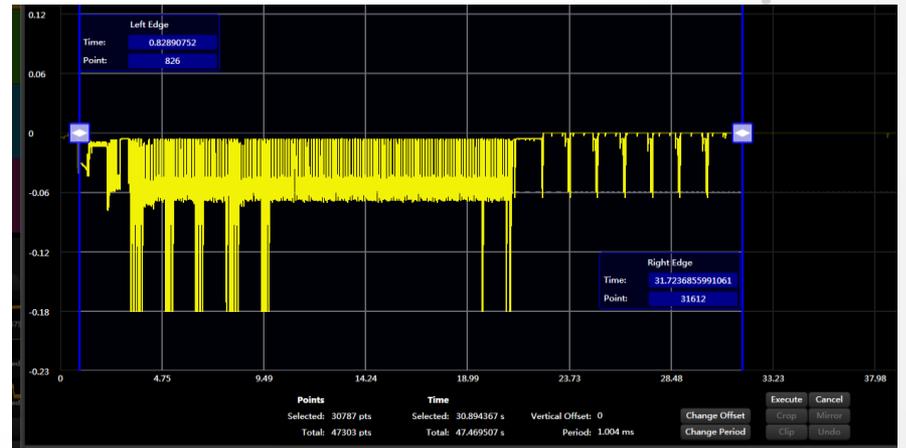
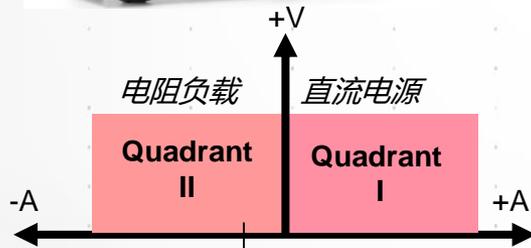
还原真实耗电模式特性： 电流波形编辑回放



使用电流电平触发功能，200KSa/s高速采集输出电流，在软件中保存波形



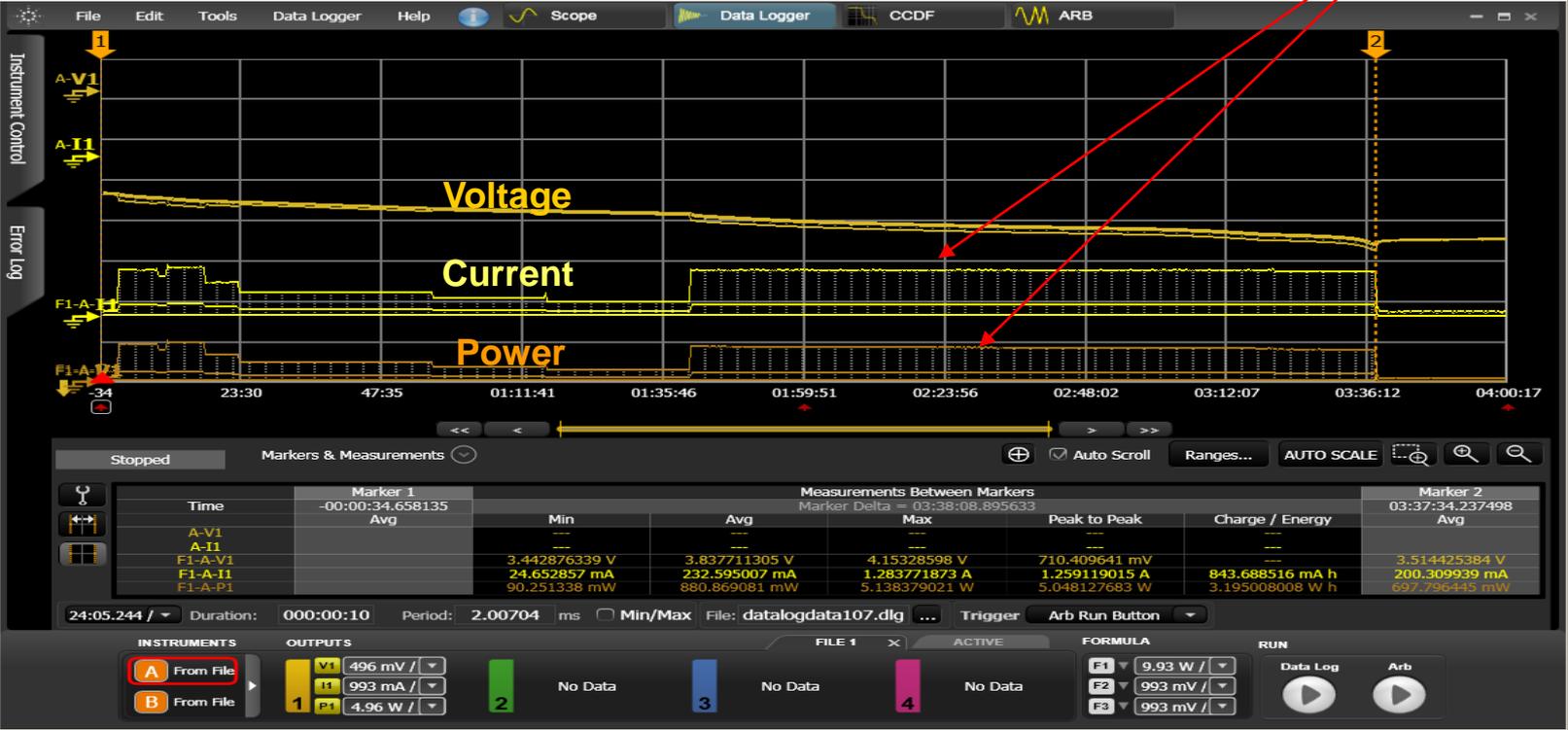
波形镜像后，使用Arb功能，将翻转后的电流波形下载到N6705 C中，回放刚才开机瞬间的电流波形



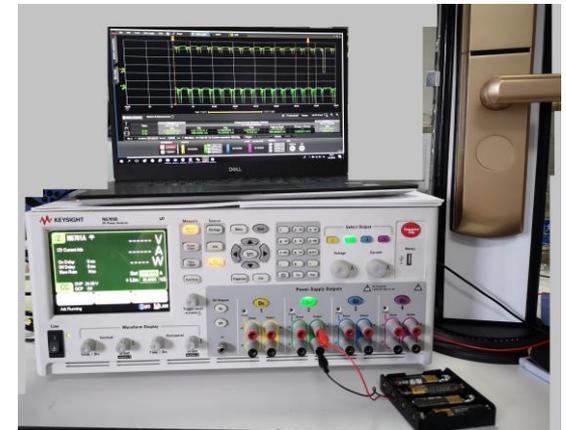
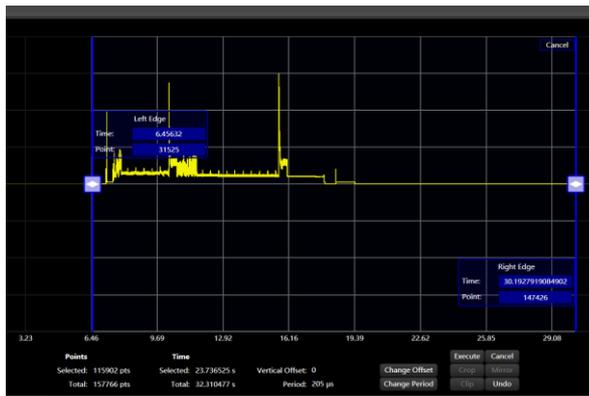
可截取时间、幅度、镜像、偏置等处理

模拟物联网终端的动态功耗，加速续航时间的评估

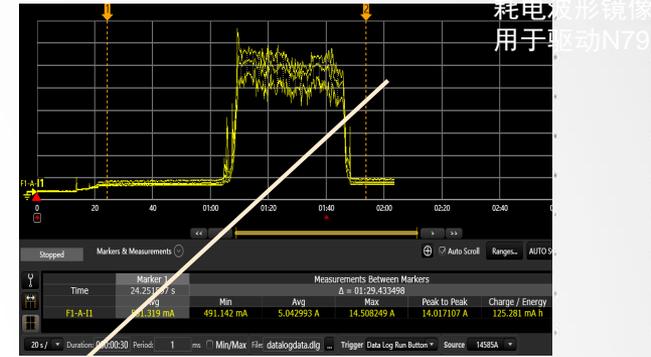
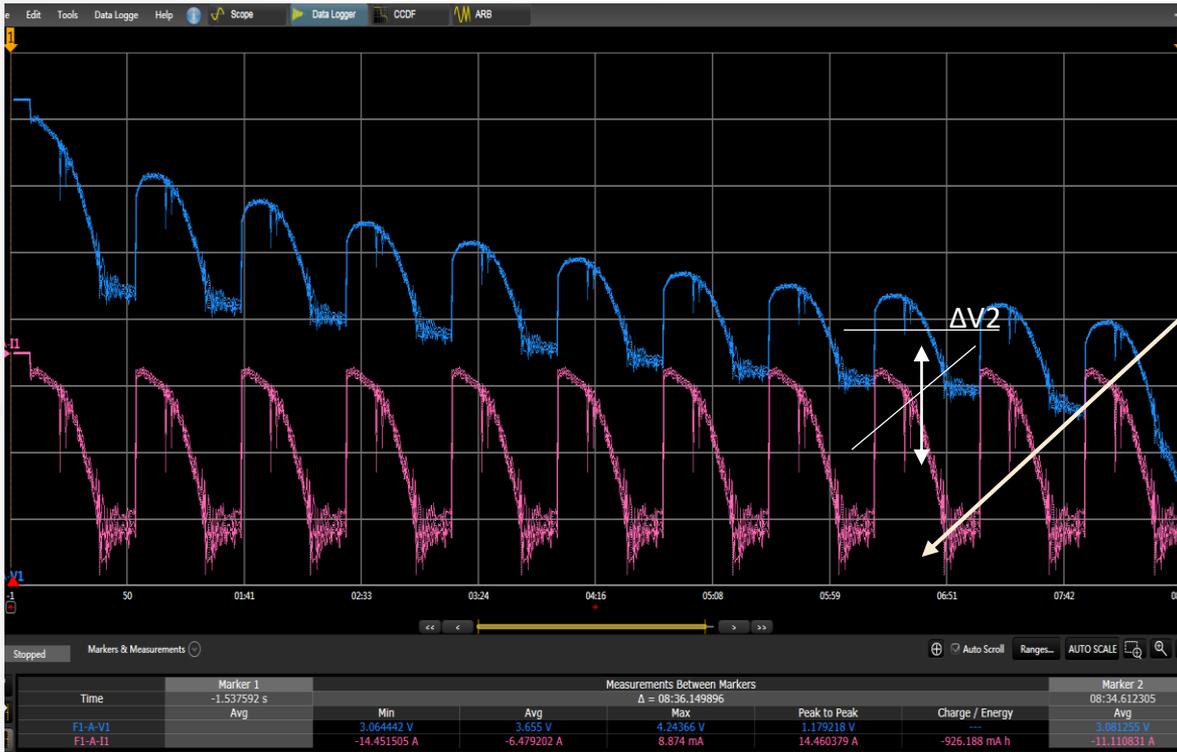
动态电流
和功耗



“智能门锁” 电池验证过程



无人机电池飞行续航时间和容量验证



- 起始电压: 4.24V
- 截至端电压: 3.08V
- 峰值流: 14.4A
- 平均电流: 6.48A
- 总放电量: 926mAh
- 持续时间: 8分30秒

飞行性能	最大飞行距离:	100米
	最大飞行高度:	10米
	最大飞行速度:	8m/s
	最长飞行时间:	13分钟
电池	可拆卸电池:	1.1AH/3.8V

将高性能电源用于电池循环充放电寿命验证

Benchvue 和 Testflow 软件

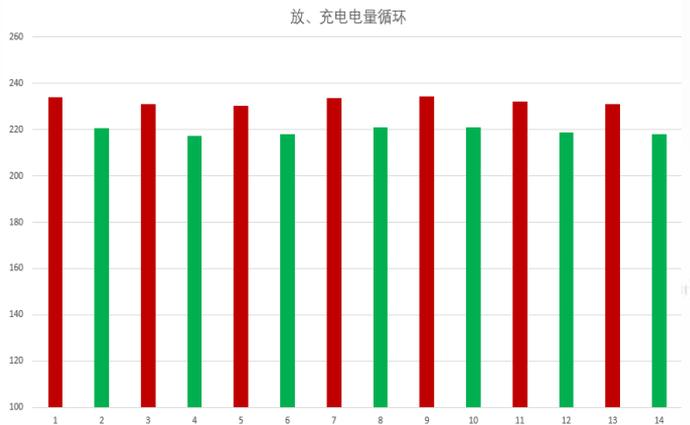
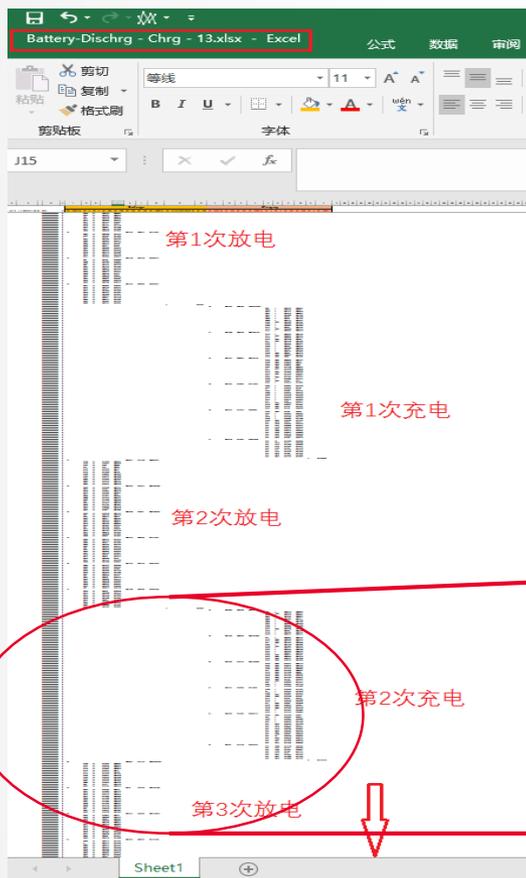
The screenshot displays a test sequence in Benchvue software. The sequence includes:

- APS 电源复位 RST**: A block to reset the power supply.
- Set CH1 Priority Mode**: A block to set the channel priority mode to Current.
- Set CH1 Voltage Limit**: A block to set the channel voltage limit to 4.25 V.
- Repeat 100 time(s)**: A loop block to repeat the following steps 100 times.
- Set CH1 On/Off**: A block to turn the channel On.
- Amper Hour Reset**: A block to reset the amper hour meter.
- Set CH1 Current Setting**: A block to set the channel current setting to Curr_Dischrg.
- Repeat Until**: A block to repeat until the voltage measurement is less than or equal to 3.5 V.
- Get CH1 Voltage Measurement**: A block to get the channel voltage measurement.
- Get CH1 Current Measurement**: A block to get the channel current measurement.
- Set**: A block to set the amper hour meter.
- Delay 5 s**: A block to delay for 5 seconds.

The screenshot displays a test sequence in Testflow software. The sequence includes:

- Delay 60 s**: A block to delay for 60 seconds.
- Set CH1 On/Off**: A block to turn the channel On.
- Set CH1 Current Setting**: A block to set the channel current setting to Curr_Charg.
- Amper Hour Reset**: A block to reset the amper hour meter.
- Repeat Until**: A block to repeat until the current measurement is less than or equal to 200 mA.
- Get CH1 Voltage Measurement**: A block to get the channel voltage measurement.
- Get CH1 Current Measurement**: A block to get the channel current measurement.
- Set**: A block to set the amper hour meter.
- Delay 5 s**: A block to delay for 5 seconds.
- Set CH1 On/Off**: A block to turn the channel Off.
- Export Data**: A block to export data to a CSV file named "Battery-Dischrg - Chrg - 14".
- Delay 60 s**: A block to delay for 60 seconds.

Testflow 软件实测电池循环充/放电的容量数据



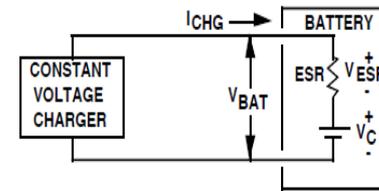
	电量 (mAh)
1	233.9181
2	220.5058
3	230.9164
4	217.3428
5	230.4694
6	218.2006
7	233.7589
8	221.1083
9	234.2563
10	220.9343
11	232.1937
12	218.8267
13	230.9993
14	217.9437

Discharge							
Set (DCR_Index)	Set (Vt)	Set (Curr)	Set (Voc)	Set (AHour)	Set (DCR)	Set (Voc)	Set (AHour_L)
3.9436	-2.00046	3.996791831	0.1901003				
3.940888	-2.000527	3.996081679	0.1929784				
3.938181	-2.000422	3.993371782	0.1959068				
3.9355	-2.000424	3.990690837	0.1987895				
3.932749	-2.000405	3.987939313	0.2017178				
5					0.027348342	3.966836279	0.2045972
3.931904	-2.000259	3.986607768	0.2049734				
3.92785	-2.000254	3.982553631	0.207865				
3.924792	-2.000567	3.979504191	0.2107454				
3.921884	-2.000486	3.976593976	0.2136343				
3.919059	-2.000555	3.973770863	0.2165197				
3.916252	-2.000355	3.970958393	0.2194197				
3.913564	-2.0005	3.968274359	0.2222927				
3.910788	-2.000525	3.965499043	0.2251878				
3.907999	-2.000385	3.962706214	0.2280797				
3.905253	-2.000603	3.959966176	0.231016				
3.902505	-2.000777	3.957222934	0.2339181				

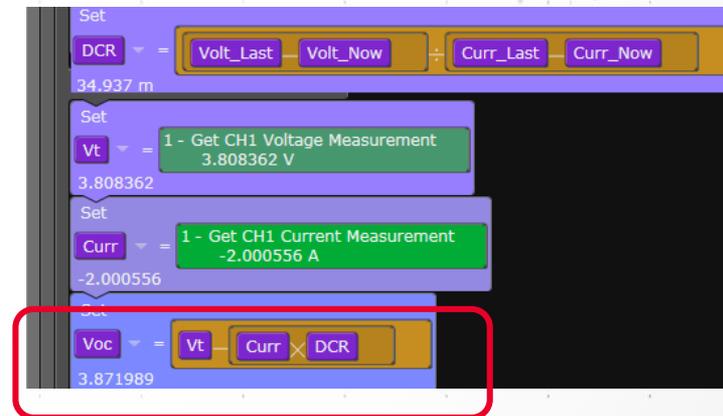
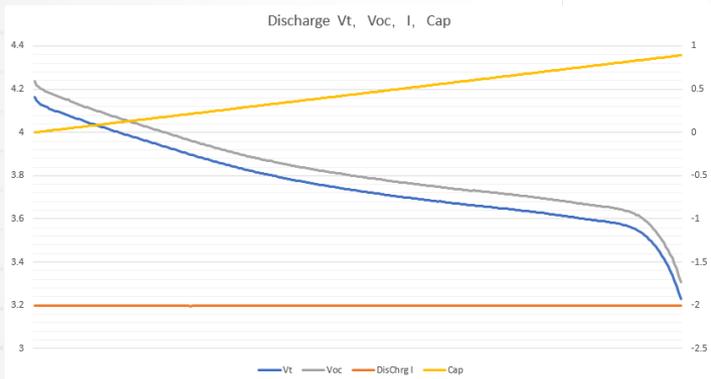
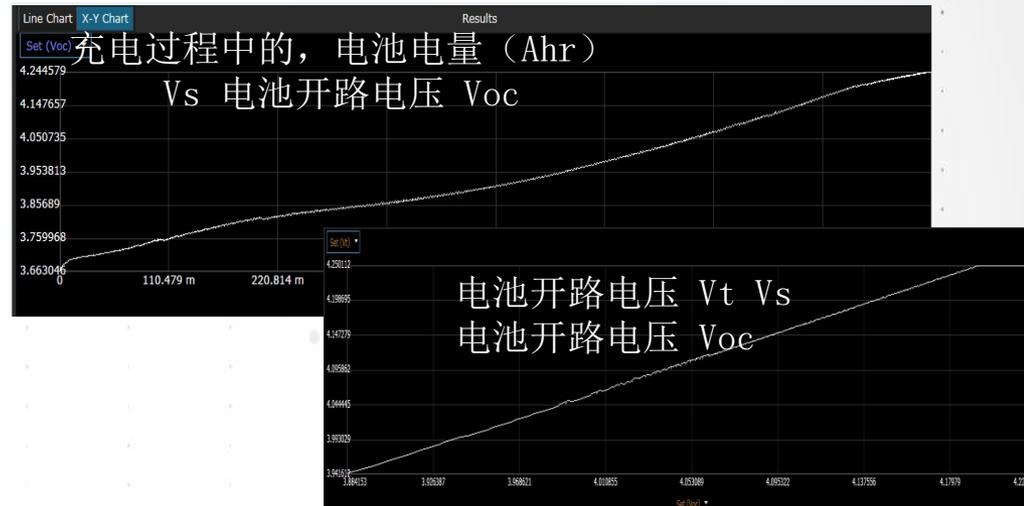
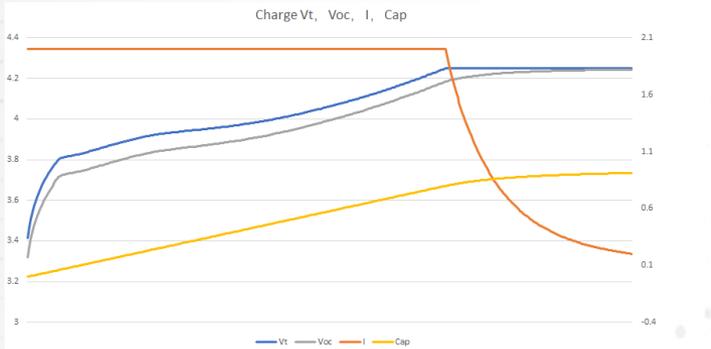
- *数据来源,
- 1100mAh电池浅充、浅放。
 - 放电截至电压-3.9V;
 - 充电截至电流1A;
 - 有效容量约240mAh。

更多的测试结果

电池充、放电曲线和直流内阻 (DCR)

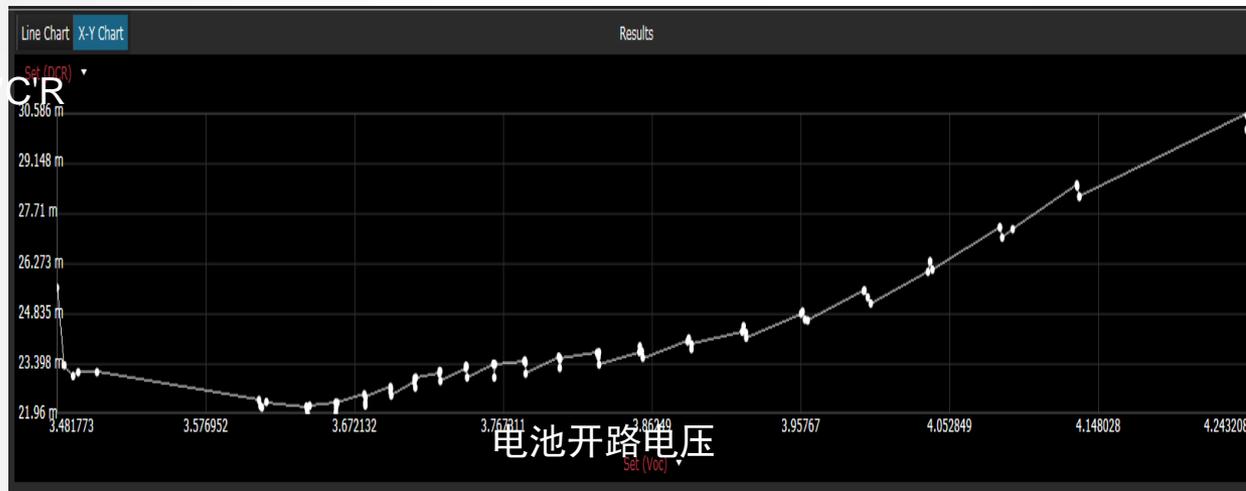


$$V_{ESR} = I_{CHG} \times ESR$$
$$V_{BAT} = V_C + V_{ESR}$$
$$V_{BAT} = V_C + (I_{CHG} \times ESR)$$



程序中DCR的计算

更多的测试结果 提取和构建电池模型

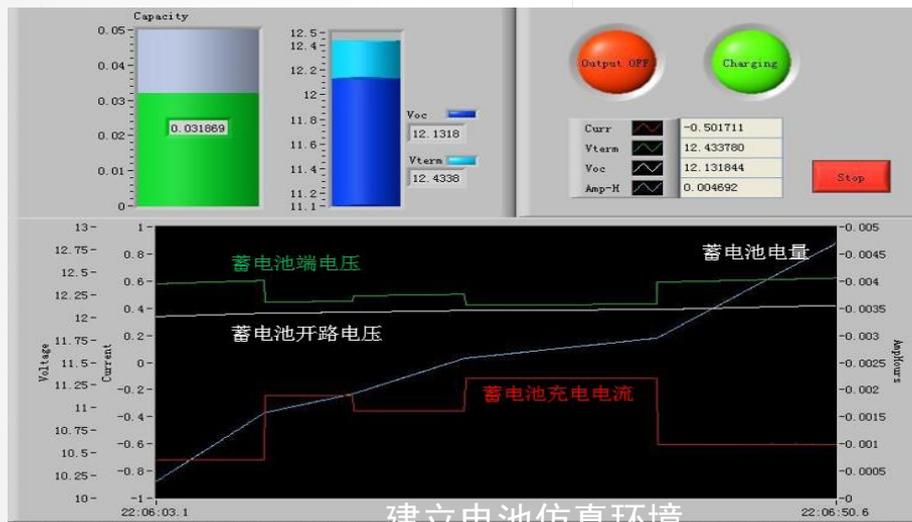


提取电池模型

- ✓ 电压区间
- ✓ 电量分布
- ✓ 内阻分布

0.04113

电量 (Ahr)	DCR (Ω)	Voc (V)
0.04614512	0.036577742	3.66068004
0.09261718	0.037212373	3.725647529
0.1390386	0.037949672	3.75157968
0.185453	0.038170871	3.783113753
0.231905	0.037785937	3.809761714
0.2761011	0.037766115	3.830160602
0.3201899	0.037423396	3.843590786
0.3642329	0.036487066	3.855946993
0.410844	0.035521265	3.871300519
0.455037	0.034597368	3.889032882
0.4995854	0.033692061	3.910274475
0.546194	0.033087522	3.936957706
0.5927671	0.032560164	3.968097114
0.6393005	0.031937653	4.001754347
0.6836839	0.031874742	4.034612951
0.7278504	0.031515196	4.070978841
0.7722958	0.031095616	4.109864043
0.8166187	0.031558307	4.151470423
0.862938	0.031553856	4.194197557
0.9077889	0.031978325	4.222493098

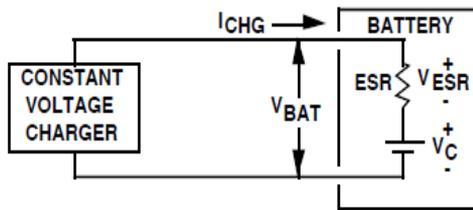


电池内阻对电池工作寿命的影响

- 电池的内阻随着电量和温度的不同， 而呈现出很大的差异
- 过高的内阻不仅消耗更多的容量， 而且使电池可输出的峰值电流下降， 造成收发误码， 甚至导致系统关机



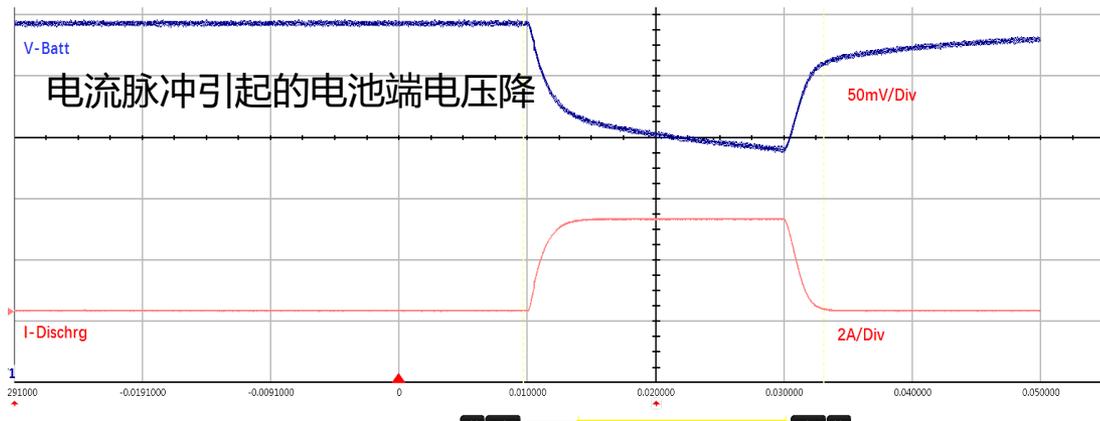
电池端电压的
剧烈波动



$$V_{ESR} = I_{CHG} \times ESR$$
$$V_{BAT} = V_C + V_{ESR}$$
$$V_{BAT} = V_C + (I_{CHG} \times ESR)$$

N6705+N6781 电池静态内阻的仿真

N6781A 可编程输出内阻



Output 1 - Source Settings

Mode: CC Load

Operating: 2 Quadrant Power Supply

Voltage: Battery Emulator

+ Current Lim: Battery Charger

- Current Lim: CC Load

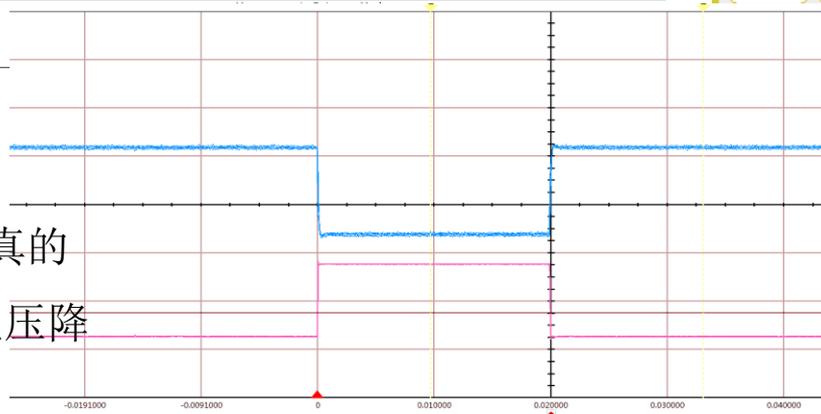
Resistance: Voltage Measure Only

Enable Current Measure Only

Delay... Ratings... Protection... Advanced... Close

Markers & Measurements

Time	Marker 1
9.672 ms	
A-V1	4.097748 V
A-I1	5.054474 A



利用内阻模拟功能，仿真的
电流脉冲引起的电池端电压降

Markers & Measurements

Time	Marker 1	Min	Avg	Max
9.672 ms		4.004288 V	4.057277 V	4.100418 V
A-V1	4.006958 V	4.004288 V	4.057277 V	4.100418 V
A-I1	3.002167 A	-117.503 mA	1.324597 A	3.014565 A

Measurements between Markers
Δ = 23.406 ms Freq = 42.724 Hz

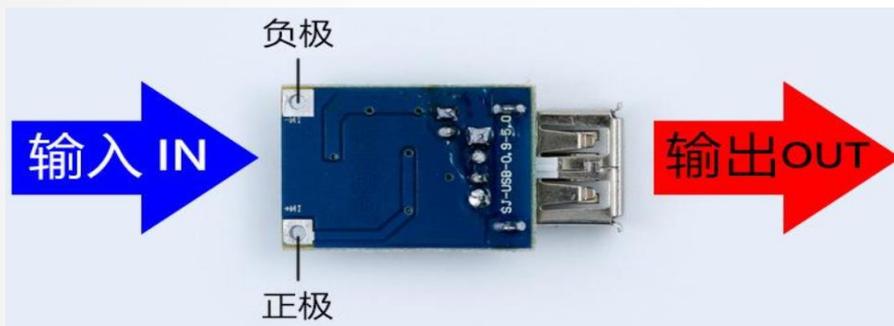


我们今天的关注：

- 智能和物联网设备整机功耗的精确评估
- 电池性能的分析
- 小功率DC/DC 模块的快速验证
- 总结



二次电源的评估



- 模块化设计，38种模块任意组合
- 1 至 4 路高性能电源/负载
- 数字电压表和电流表
- 带功率输出的任意波形发生器
- 示波器数据采集

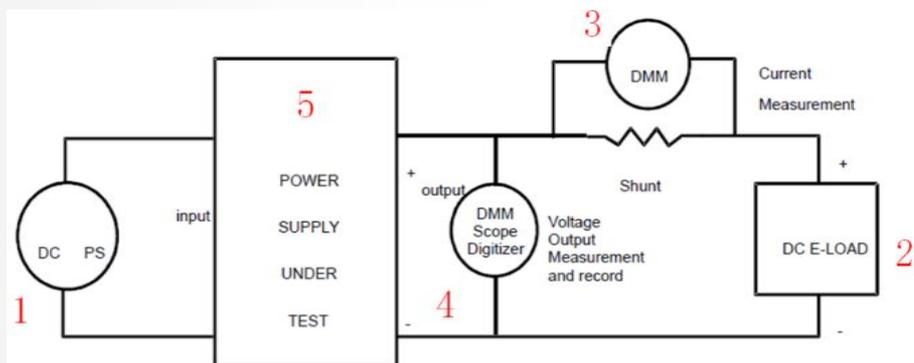
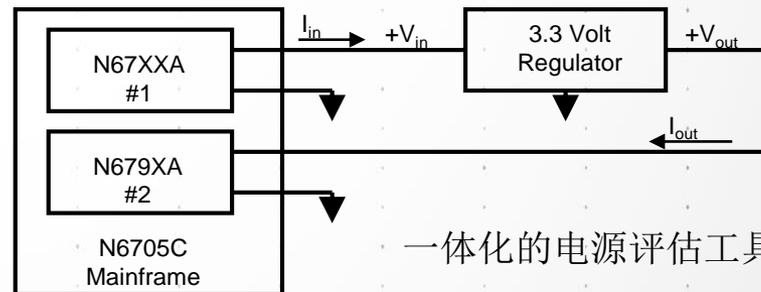


图 1 电源模块测试方案



一体化的电源评估工具

静态指标测试：空耗

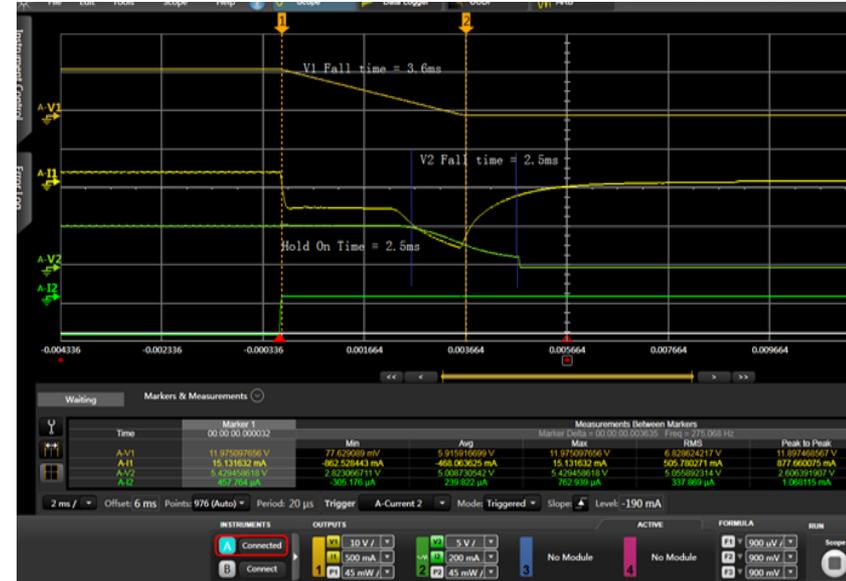
测试描述：输出端未连接任何负载的情况下，测试输入端的电压和功率。



1	V1 输入电压均值	12.0008V
2	I1 输入电流均值	6.75mA
3	P1 输入功率均值	81mW
4	I1 峰峰值	31mA
5	纹波噪声频率	3.03KHz
	设置	输入 12V

动态指标测试：开机、关机参数测试

测试描述：测试输入电压上电时的浪涌电流及输入，输出电压上升时间和时延



1	输入 v1 上升时间 (10%-90%)	2.92ms
2	输出 v2 上升时间 (10%-90%)	2.5ms
3	V1, V2 时延	0.5ms
4	输入 i1 最大电流	712mA
	设置	输入 12V, 负载-200mA

1	输入 v1 关机时间	3.6ms
2	输出 v2 关机时间	2.5ms
3	V1, V2 时延	2.5ms
4	输入 i1 最大电流	-862mA
	设置	输入 12V, 负载-200mA

动态指标测试：负载调整率和源调整率

测试描述：输出负载变化时，测试输出电压波动和稳定性。

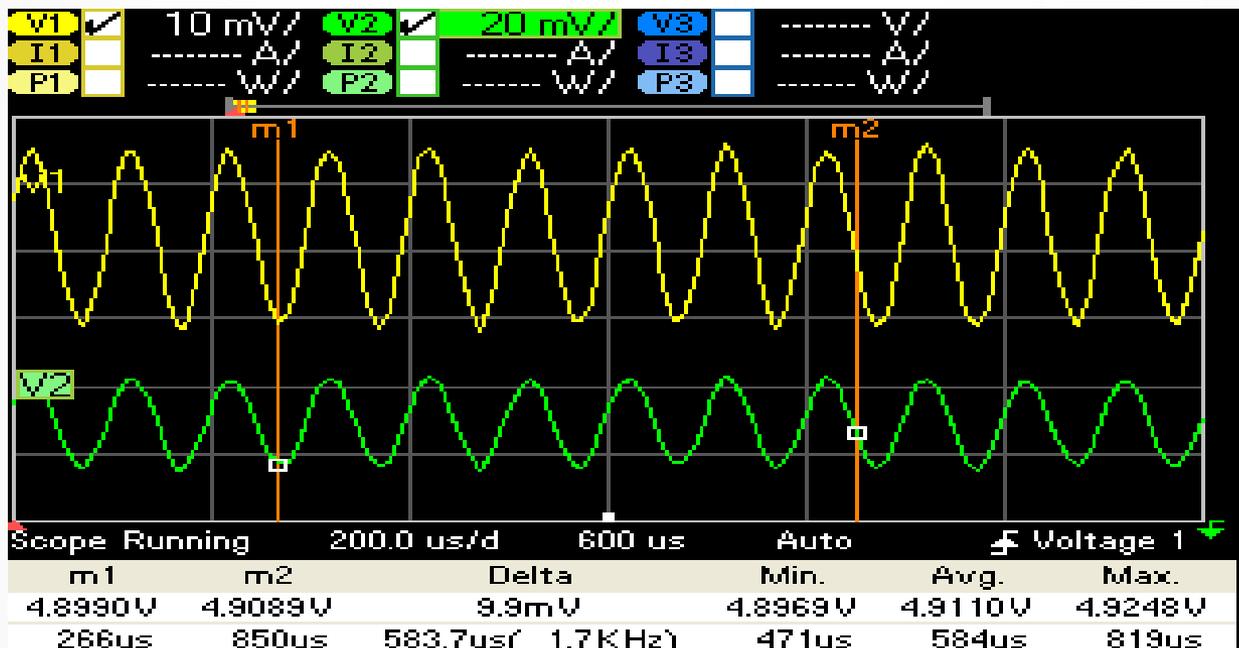


输出 V2 电压最小值。	2.53V。
输出 V2 电压最大值。	5.44V。
设置。	输入 12V，负载 0/-500mA，500Hz

输入 V1 电压。	10/20V，50Hz。
输出 V2 电压平均值。	5.33V。
输出 V2 电压峰峰值。	105mV。
输入设置。	10-20V，500Hz，负载-200mA。

动态指标测试：纹波抑制比

测试描述：在源端注入特定幅度频率的纹波噪声，同时在输出端测量纹波的幅度值，并计算纹波抑制比。



1。	输入 V1 电压。	12V, 1.7KHz, 40mV。
2。	输出 V2 电压平均值。	4.911V。
3。	输出 V2 电压峰峰值。	27mV。
。	输入设置。	1.7KHz, 40mv。

效率以及效率分布曲线:

测试描述：对输出功率进行调节，测试输出功率与输入功率比值，即效率随输出功率变化。



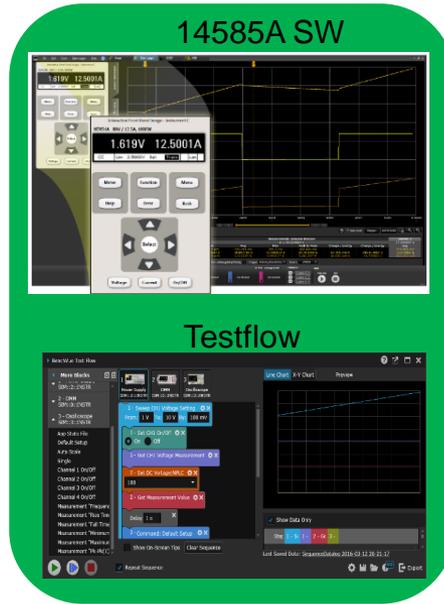
1	最大效率	75.5%,(输出为-245mA)
2	输出效率高于 70%范围	-70mA 至-500mA
	ARB 设置	输入 12V, 负载: 电流从 0 到-500mA,扫描时间 10S.

智能设备和物联网功耗的电源分析手段

功率 20-20KW, 电压 20 - 950V



N6705C,
20-
500W



RP7900, 950V, 40A, 10KW



N7900, 160V, 200A, 2KW



- 电源和负载功能的无缝转换
- 大功率任意波形发生器
- 电压、电流示波器
- 电压、电流数据记录仪
- 内置电池内阻仿真
- 内置电量计

高水平物联网终端设计的解决之道

高水平的测试手段是高品质产品的守护神

- 严格评估选用的物联网模块的品质
- 确认无线模块的附属电路，例如天线和滤波器的合理匹配
- 在植入产品后，需要对射频信号质量进行准确测试，确保足够的接收灵敏度和发送信号的质量和强度
- 根据实际的使用场景，对功耗特性进行全面的优化
- 选用合适的电池，确保长时间工作



高水平的测试，以提高产品品质、缩短开发时间、降低产品成本