

# 直流电源分析仪N6705B

## 物联网电池功耗诊断器

是德科技（中国）有限公司



## 议程

低功耗测试的挑战-手机功耗测试

14585A+N6705B测试智能手表

电池与充电器的测试与验证

延长电池寿命的考虑

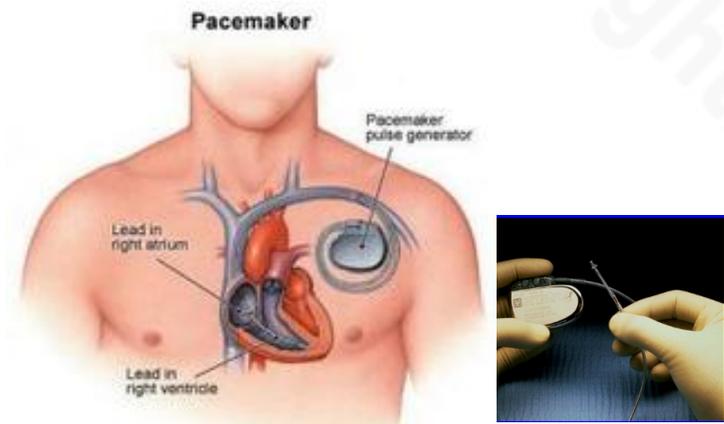
# 便携电子产品产品功耗



手持B超机



便携除颤仪



纳米起搏器体积不到1立方厘米，重量仅1~2克

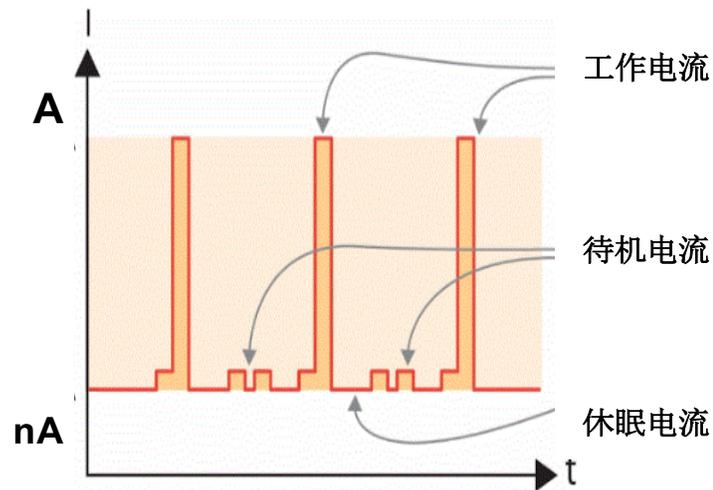


助听器

# 便携电子产品耗电测量的挑战

设备耗电特性：大范围变化的动态电流，频率有的高达KHz

- 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
- 高采样速率和长时间的连续测量
  - 更快的采样速率，获取电流脉冲细节



www.ti.com

200-mA, Lo

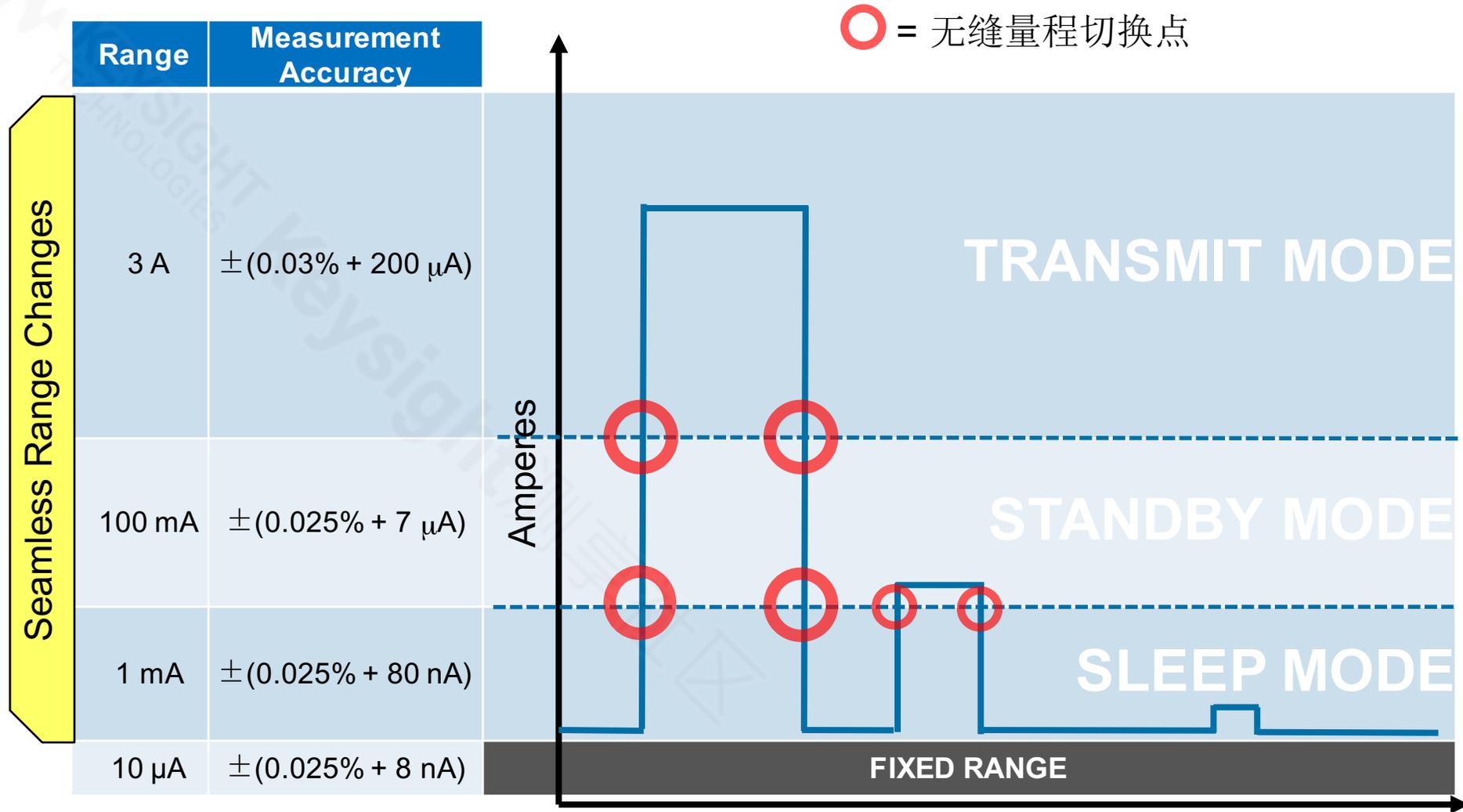
## FEATURES

- Very Low Dropout:
  - 43 mV at  $I_{OUT} = 50 \text{ mA}$ , V
  - 85 mV at  $I_{OUT} = 100 \text{ mA}$ ,
  - 175 mV at  $I_{OUT} = 200 \text{ mA}$
- 2% Accuracy
- **Low  $I_Q$ : 31  $\mu\text{A}$**
- Available in Fixed-Output V to 4.8 V
- High PSRR: 68 dB at 1 kHz



# 无缝隙的电流量程切换

200 kHz, 18-bit 数字化仪, 达到28bit 的动态测量范围



# 无缝电流量程切换功能——3A-80nA电流测量

全新专利技术 - 电流测量从未如此简单

- 可以自动切换量程，无数据丢失，无毛刺现象
- 200 kHz, 18-bit 数据采样配合无缝量程切换功能，实际测量动态范围相当于28-bits AD采样



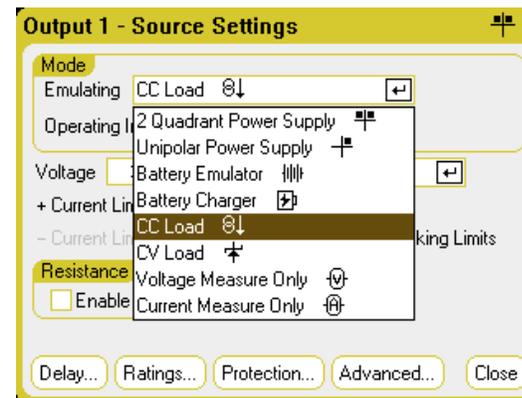
—在一次测量中连续、完整、精确的观察电流波形：

—从nA级到安培级

# N6705B 快速、精确测试便携设备的功耗



N6705B 直流电源分析仪主机



在一台主机中提供了多种测试仪表功能:

- 1 至 4 路高性能电源输出
- 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
- 所有的测量和功能都能通过前面板实现
- 大幅度提高工作效率

N6781A 为耗电分析设计的两项限源表 (SMU) 模块

– 为电池耗电分析特殊设计的电源模块:

- 可调节的**电池内阻仿真**特性
- 具有多象限输出, 电池仿真模式, 电子负载, 电压/电流表
- nA级电流测量;
- **高达200 KHz (5us)电流采样率, 精确测量脉冲电流**
- 可视化电流测试软件, 电流测试与操作同步测量
- 0V压降的电流、电压表, 电池真实环境下容量测试

创新功能:

为应对大范围变化的电流波形而专门开发的**无缝量程切换技术**, 可以轻松测量大范围 (**3A-80nA**) 快速变化的耗电电流波形

# N6705平台上的高性能/精密电源模块

- N6705 家族提供四个系列的电源模块：  
基础型，高性能型，高精度型，和SMU型电源模块
- 高性能/精密电源模块，最高电压60V，最大功率500W



电源模块型号	最高电压	功率	*电压上编程时间	*电压下编程时间
N6751/N6752A/ N6761/N6762A	50 V	50W 100 W	1.5ms	1.3ms
N6753A/N6763A/ N6755A/N6765A	20 V	300 W 500W	1.5ms	1.8ms
N6754A/N6764A/ N6756A/N6766A	60 V	300 W 500W	2.0ms	2.2ms

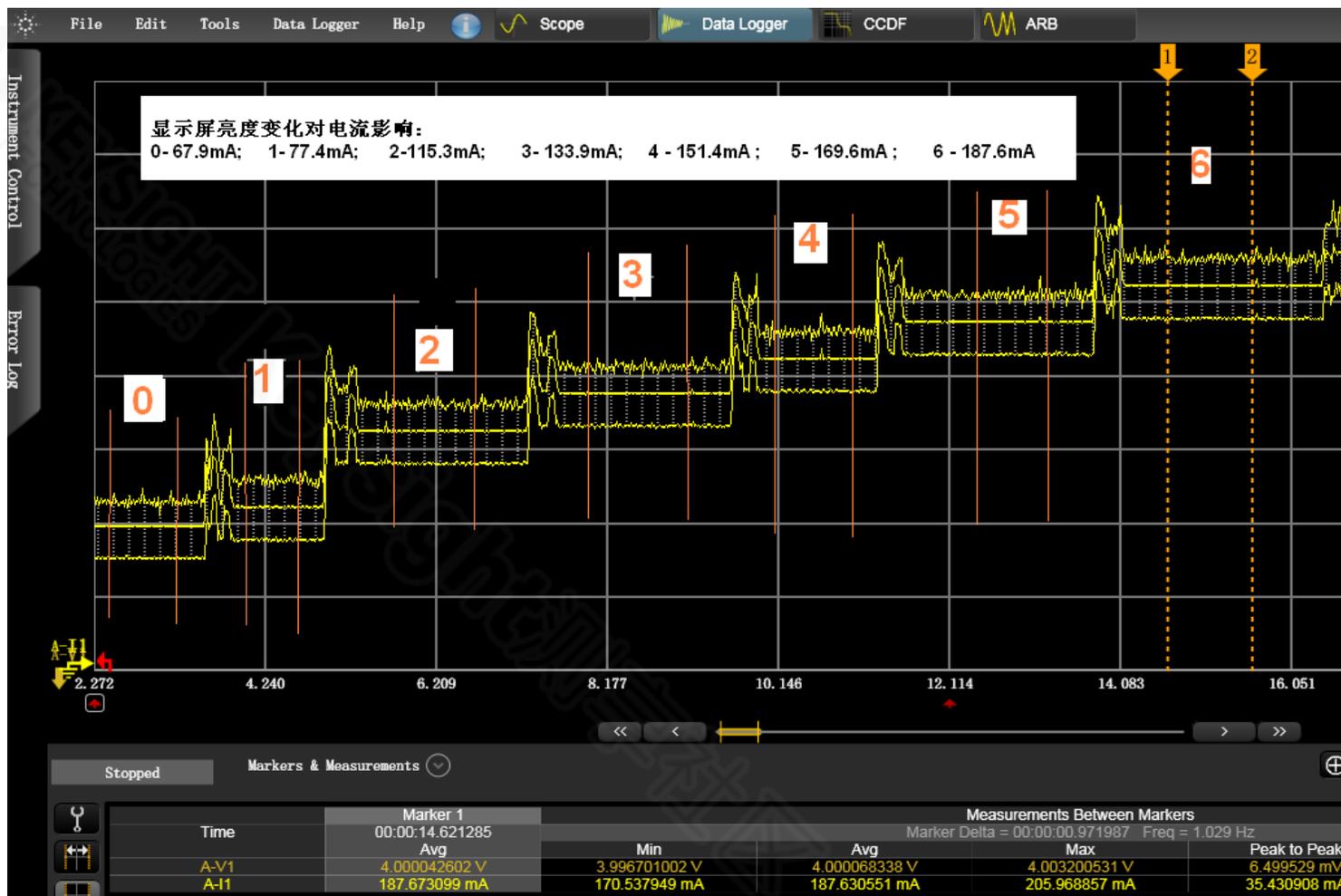
全电阻负载的上编程变化时间: (总电压行程从10%到90%的时间)

低电压量程 (Small voltage step)	0 V 到 10 V	0 V 到 6 V / 0 V 到 10 V	0 V 到 15 V / 0 V 到 29 V
时间	0.2 ms	0.4 ms / 0.5 ms	0.35 ms / 0.7 ms
高电压量程 (Large voltage step)	0 V 到 50 V	0 V 到 20 V	0 V 到 60 V
时间	1.5 ms	1.5 ms	2 ms

无负载的下编程变化时间: (从电压开始变化到输出电压 < 0.5 V 的时间)

低电压量程 (Small voltage step)	10 V 到 0 V	6 V 到 0 V / 10 V 到 0 V	15 V 到 0 V / 29 V 到 0 V
时间	0.3 ms	0.55 ms / 1.0 ms	0.6 ms / 1.2 ms
高电压量程 (Large voltage step)	50 V 到 0 V	20 V 到 0 V	60 V 到 0 V
时间	1.3 ms	1.8 ms	2.2 ms

# 显示屏亮度对耗电的影响？

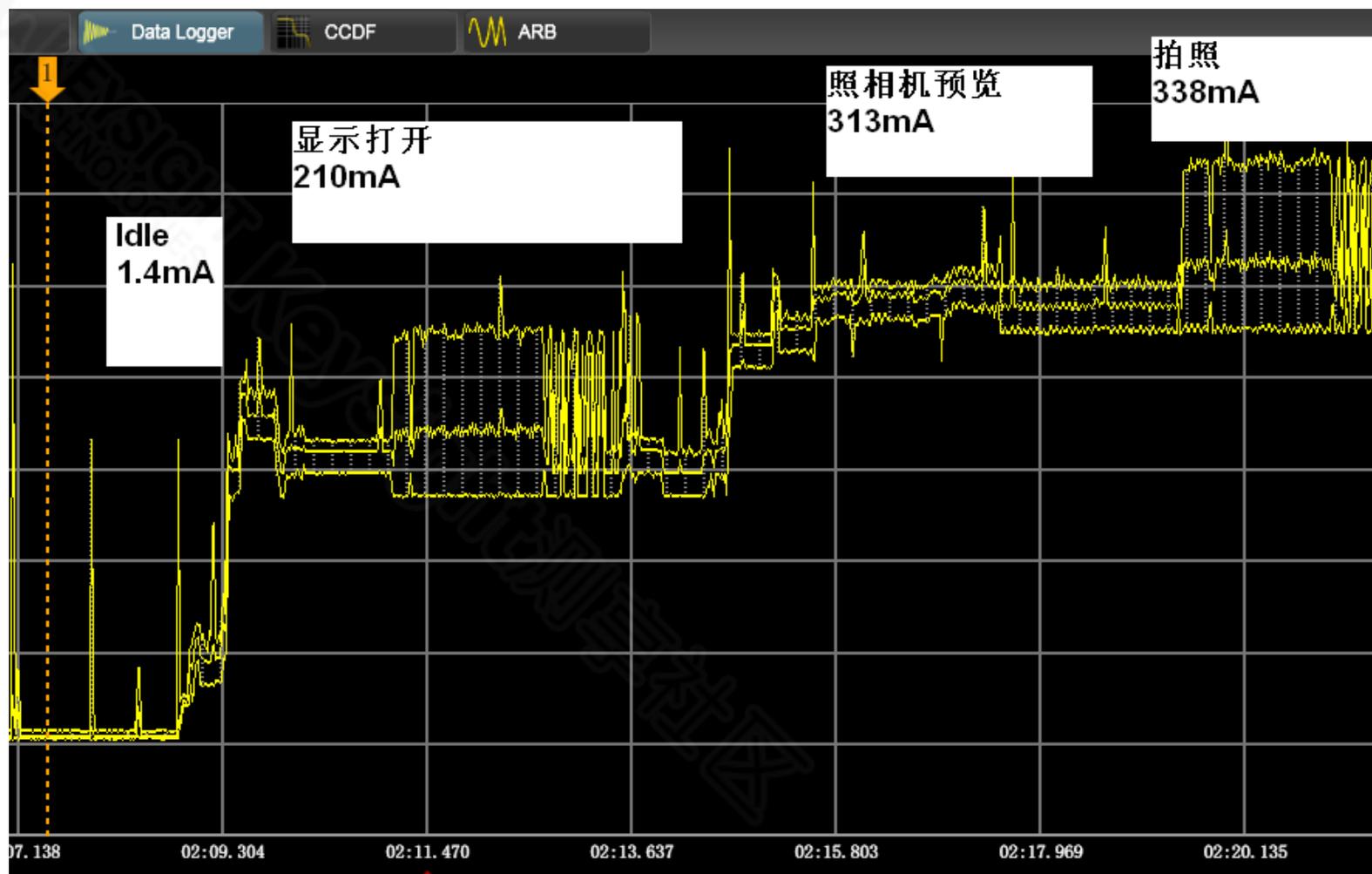


设置->初始设置->亮度调节: 0,1.....6

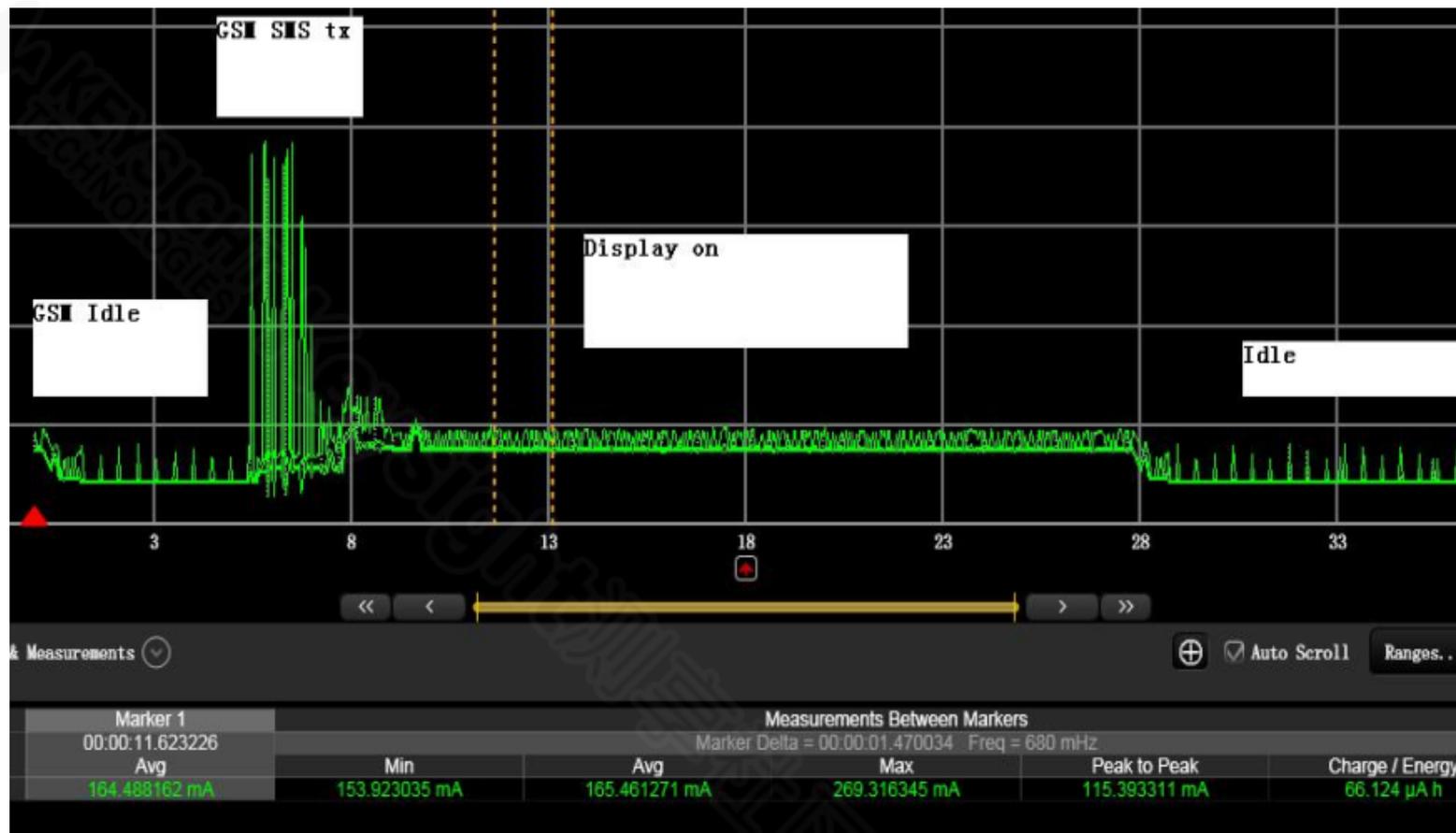
# 发射功率对耗电的影响？



# 拍一张照片消耗多少电?



# 接收一条SMS信息耗多少电？



您知道你的手机发送一条**SMS**信息、**发一条QQ**信息，**拍一张照片**，**打1分钟电话**，**上一个网页** 都消耗多少电量吗？

# Lab1: 用N6705B加电源模块测试手机的功耗

- 测试手机在个状态下的功耗特征
  - 未开机
  - 开机瞬间
  - 打电话
  - 打开各种应用程序



## 议程

低功耗测试的挑战-手机功耗测试

14585A+N6705B 测试智能手表

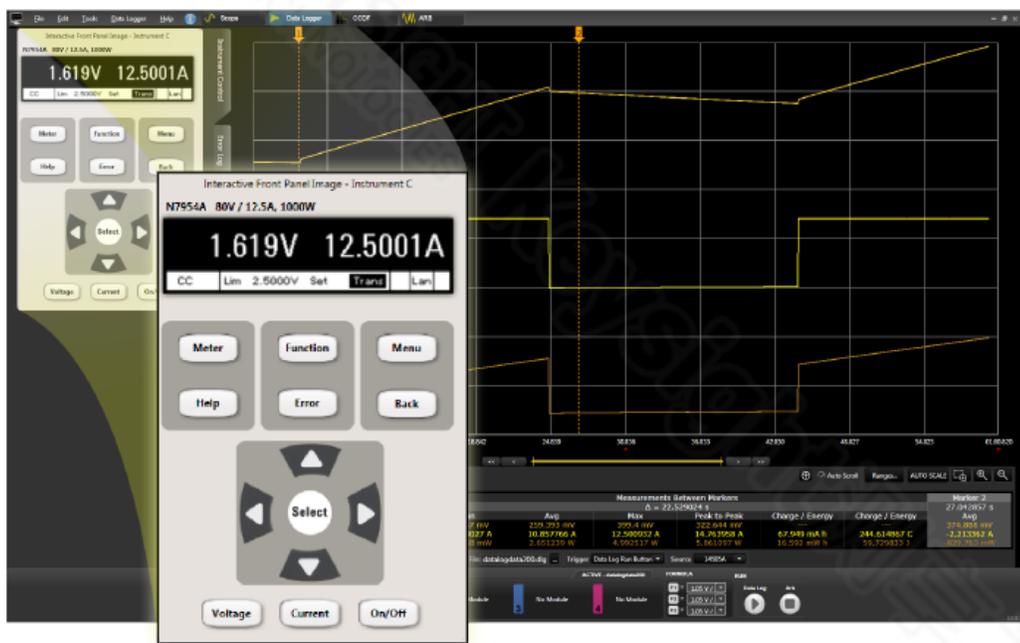
电池与充电器的测试与验证

延长电池寿命的考虑

# 14585A结合N6705B使功耗测试更便捷



# 14585A电脑端控制及分析软件



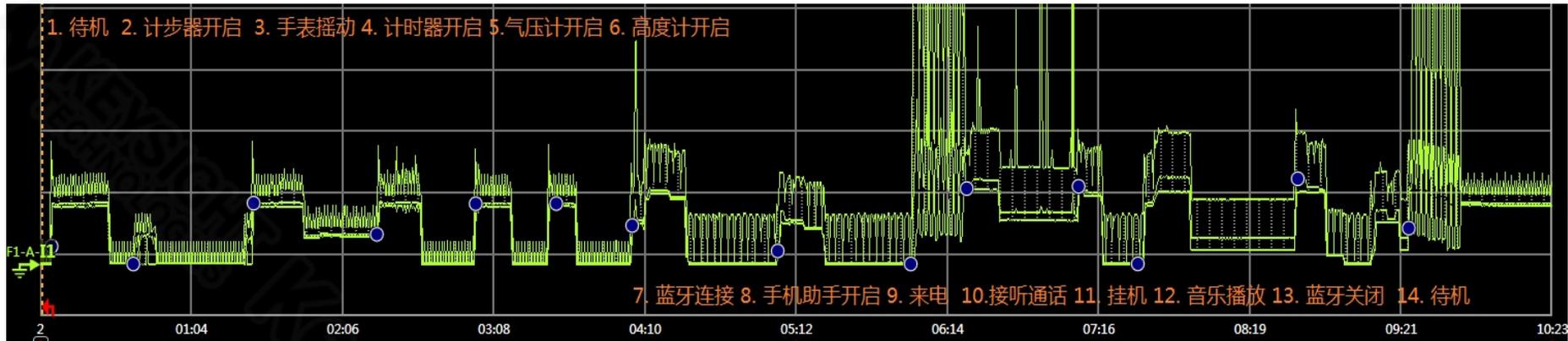
- 支持N6705B直流电源分析仪和N7900A系列APS先进电源系统;
- 同时控制多达4台N6705B主机, 即最多控制16个电源通道
- 通过PC控制N6705B及N7900A, 进行参数设置, 捕获电压, 电流原始数据等;
- 增强了数据控制和分析功能, 并使用与PC相同的控制(鼠标&键盘)以及更大的显示界面;
- 增强的缩放、局部放大、清晰的光标设置和光标运算(如mAh,mWh等能量累集)等功耗统计分析;
- 波形捕捉和回放, 数据导入、导出, 直接将复杂波形转换为任意波形发生器输出等;
- 提供CCDF统计分析, 用于电流分布情况分析;
- 数据记录仪模式时, 直接将数据存入电脑硬盘, 存储数据大小直接取决于硬盘空间。

# 14585A软件中的ARB波形编辑功能

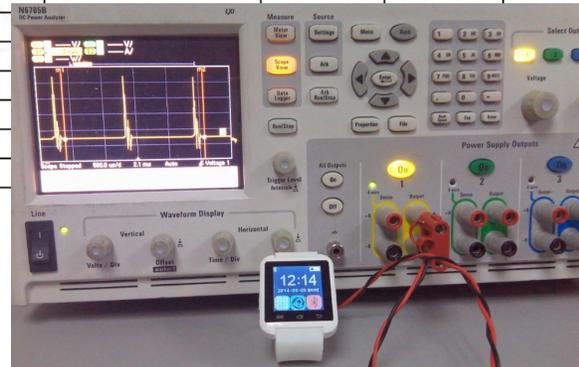


- 任意波形ARB输出可以支持三种方式：
  - 内置标准波形——正弦波，三角波，方波，扫频，噪声，阶梯等
  - 公式
  - 导入波形文件——波形文件可以支持示波器捕捉的波形，14585A示波器或数据记录仪保存波形，用户CSV格式编辑波形等

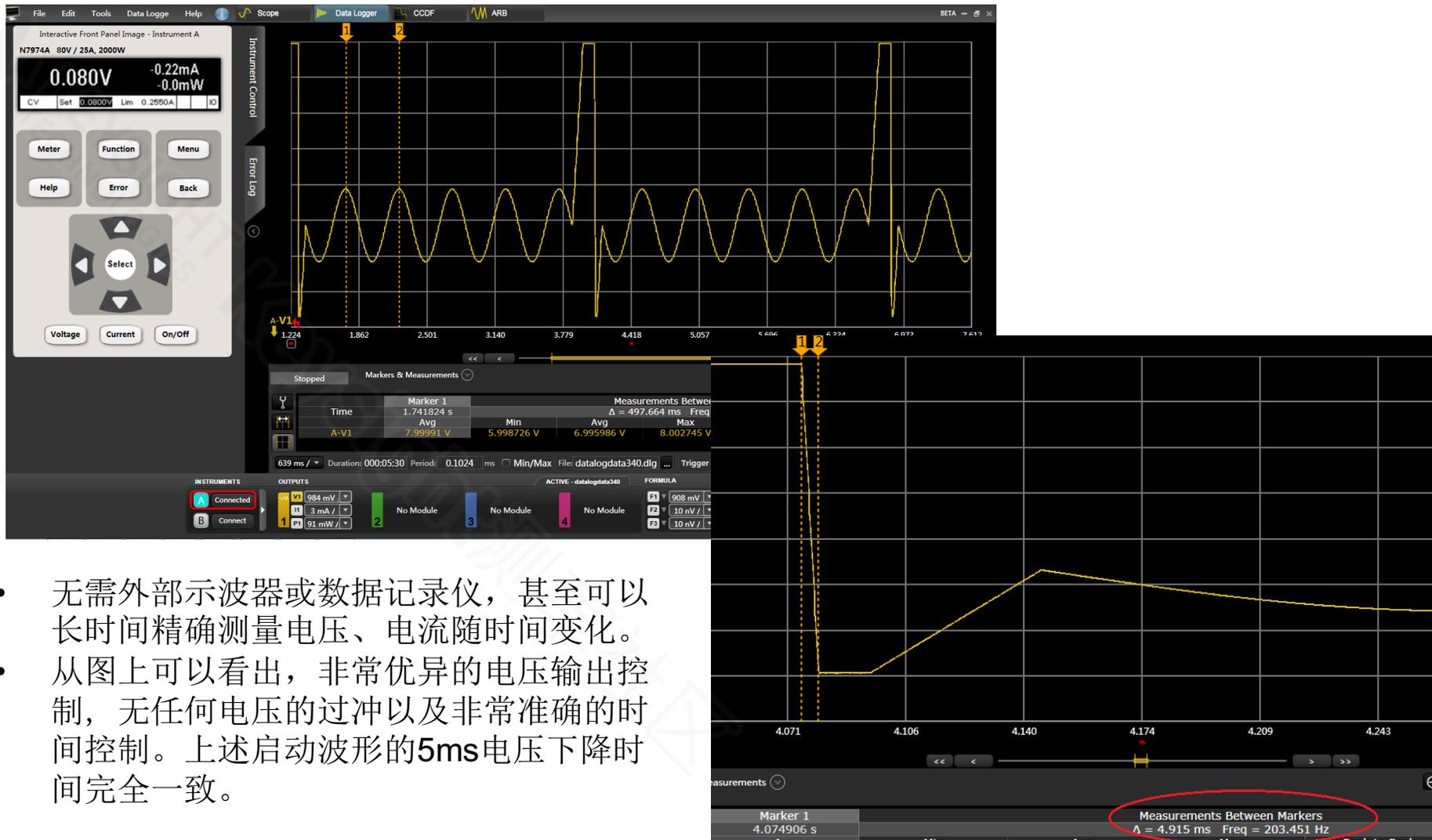
# “智能手表” 功耗实测案例分享——动态功率分析



	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	18.8953	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										



# 使用Scope或Data Logger直接观察电压、电流波形



- 无需外部示波器或数据记录仪，甚至可以长时间精确测量电压、电流随时间变化。
- 从图上可以看出，非常优异的电压输出控制，无任何电压的过冲以及非常准确的时间控制。上述启动波形的5ms电压下降时间完全一致。

# Lab2: 用14585A结合N6705B测试智能手表的功耗



## 议程

低功耗测试的挑战-手机功耗测试

14585A+N6705B 测试智能手表

电池与充电器的测试与验证

延长电池续航时间的考虑

# 锂电池的电压区域划分

由前所述，锂离子电池的电压过高或者过低都会影响锂电池的正常使用，甚至发生燃烧、爆炸等造成严重的后果。

根据锂电池的特性，一般将锂离子电池电压的划分为以下几个区域，不同的电芯制造商虽有区别，但区别不大。

=====

## 高压危险区

-----保护线路过充保护电压(4.275~4.35V)

## 高压警戒区

-----锂离子电池充电限制电压4.20V

## 正常使用区

-----锂离子电池放电终止电压(2.75~3.00V)

## 低压警戒区

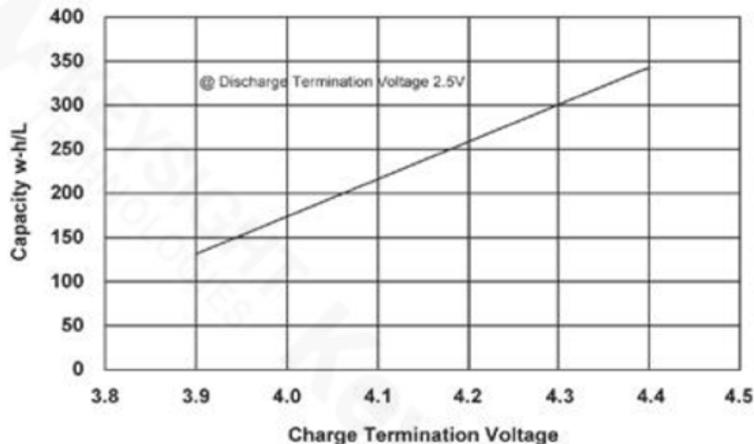
-----保护线路过放保护电压(2.3~2.5V)

## 低压危险区

=====



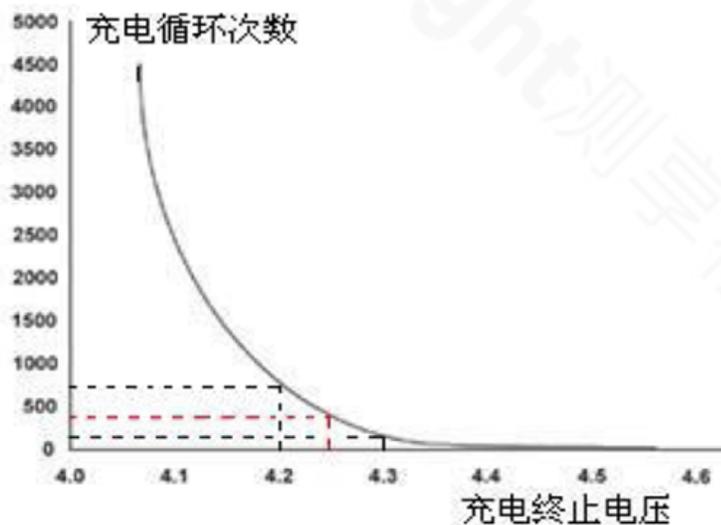
# 充电终止电压对锂电池的影响



充电终止电压对容量的影响

- ❑ 充电终止电压增加或减小1%，容量相应的变化8%；
- ❑ 充电终止电压精度对于充电器是至关重要的参数；如果充电器精度为0.5%，电池容量控制精度约4%。

4.2V为最佳充电终止电压



- ❑ 充电终止电压越高，电池寿命就越短；
- ❑ 4.2V是寿命曲线函数的变化速率拐点；
- ❑ 在4.2V附近，1%电压误差会导致寿命变化1/3，因此需要极高的终止电压控制精度。
- ❑ 充电终止电压4.3V时，锂电池寿命仅仅150次，不到正常寿命的1/3。

# 电池内阻对电池充/放电的影响？



0A时，电池电压3.8V； -1A电流，电池电压3.3V； -2A时，电池电压可能是2.77V；

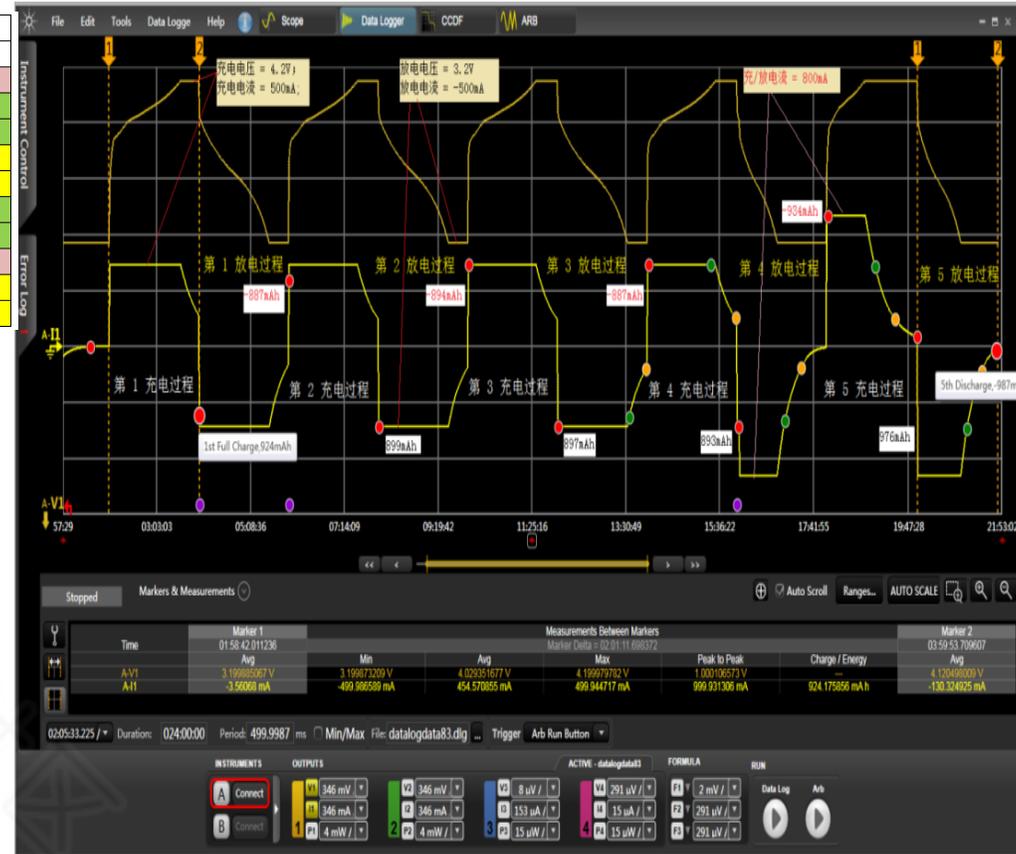
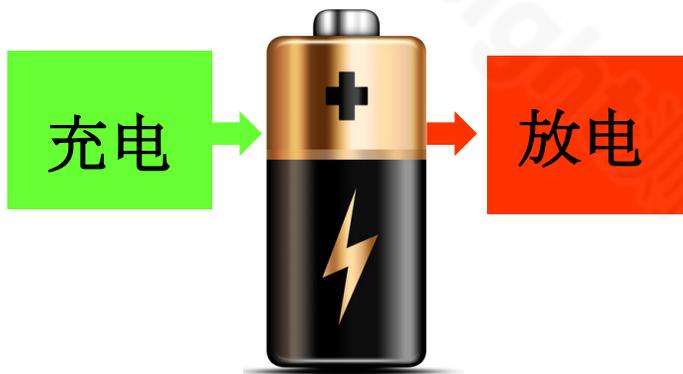


0A时，电池电压3.6V； 1A电流，电池电压3.9V； 2A时，电池电压可能是4.24V；

# N6705B进行电芯/成品电池容量测试 (1)

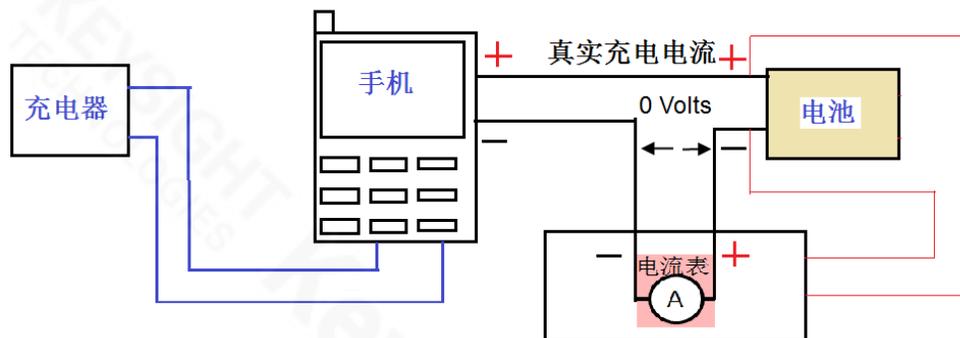
当作电源或负载直接给电池充、放电，测试容量

过程描述	备注
0 放电过程	清除电池所有电量
1 第1次充电, 924mAh	完全放电后, 充电电量
2 第1次放电, 887mAh	放电不充分, 所以比第1次容量偏小。
3 第2次充电, 899mAh	以上一组放电, 充电过程容量几乎相等
4 第2次放电, 894mAh	
5 第3次充电, 897mAh	以上一组放电, 充电过程容量几乎相等
6 第3次放电, 887mAh	
7 第4次充电, 893mAh	以上一组放电, 充电过程容量几乎相等
8 第4次放电, 934mAh	改用 800mA 电流放电, 放电充分
9 第5次充电, 976mAh	800mA 电流充电, 充电充分
10 第5次放电, 987mAh	800mA 电流放电, 放电充分



## N6705B进行电芯/成品电池容量测试 (2)

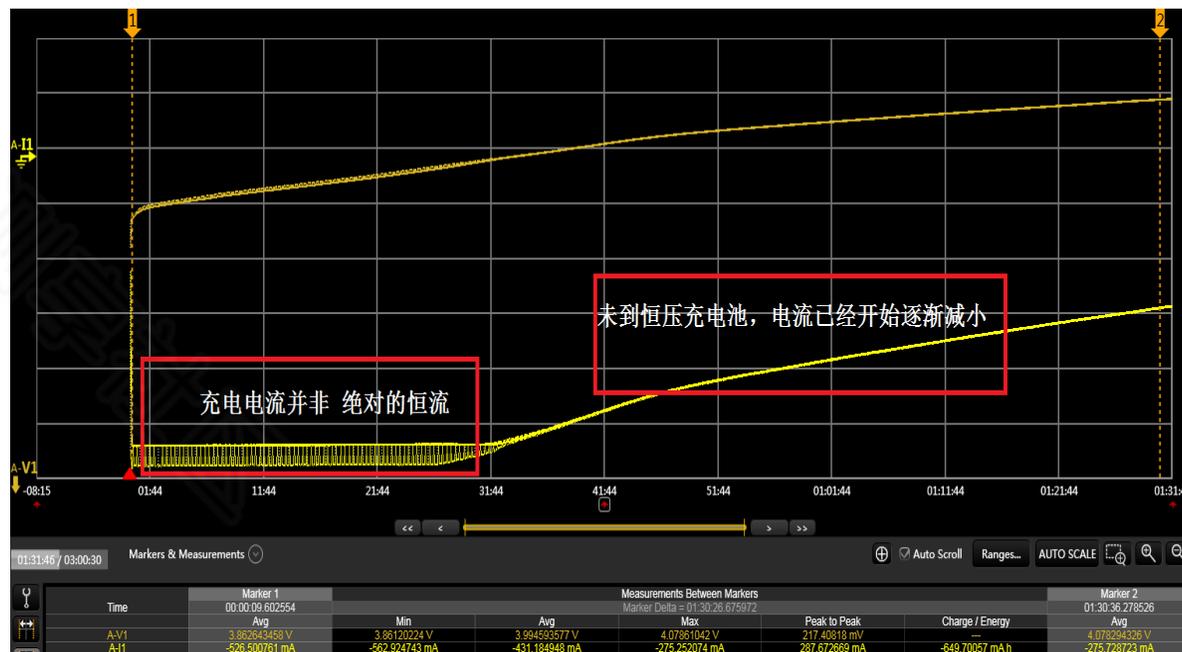
用真实的充电器、手机给电池充电, 作为电压, 电流表测试充电容量



最真实的电池容量

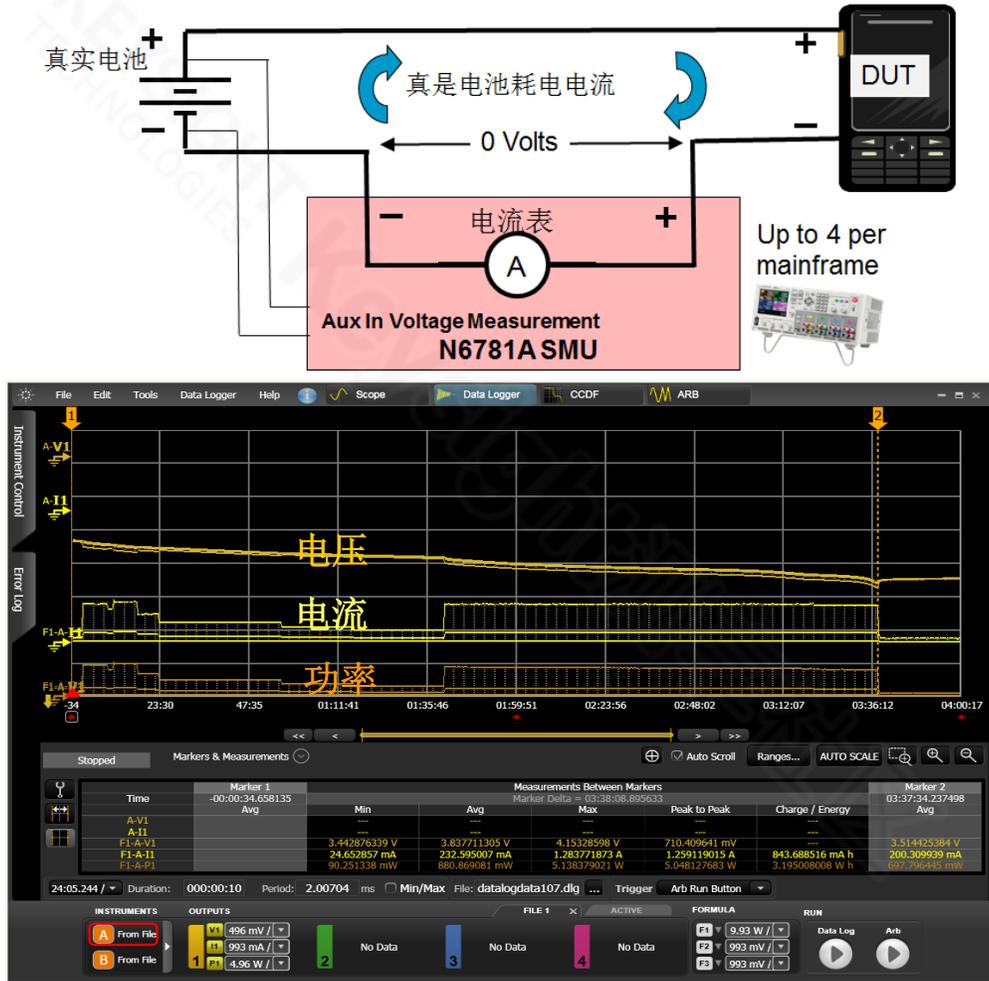
测试连接框图

- ❑ 手机充电与直接用电源充电的充电模型完全不同, 最真实的反映电池容量。
- ❑ 与任何其他方式不同, N6705B的电流表做到0V压降, 不对电池电压产生任何影响。



# N6705B进行电芯/成品电池容量测试 (3)

用真实手机对电池放电, 作为电压, 电流表测试放电容量



□ 我们可以得到:

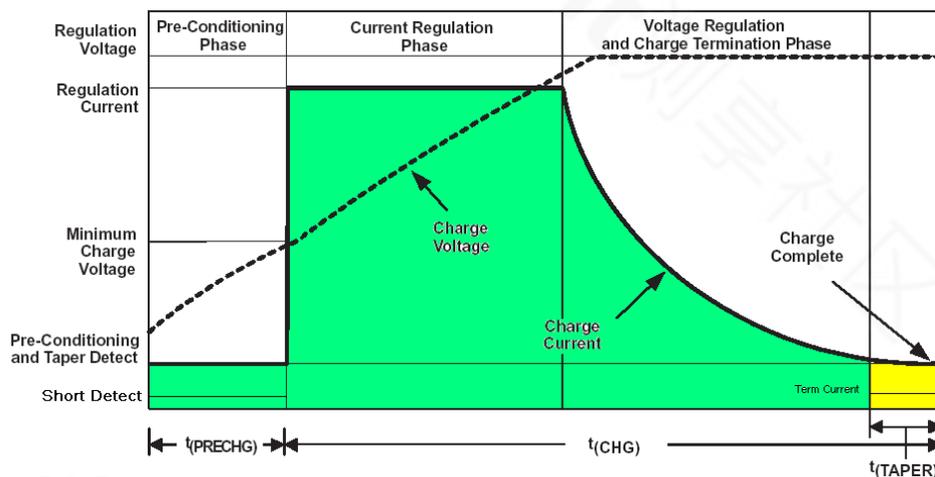
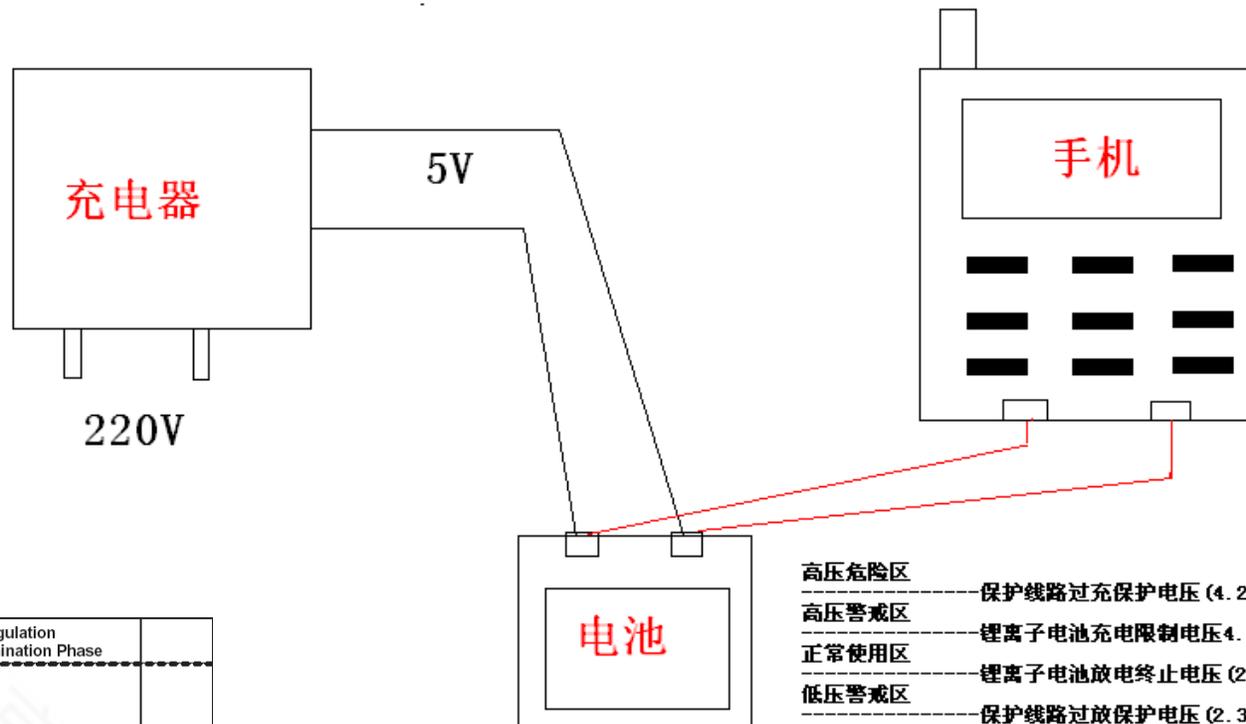
- 平均电流 = 233 mA
- 平均电压 = 3.82 V
- 放电容量 = 843 mA-h
- 放电能量 = 3.19 W-h
- 时间 = 3 hr 38 min
- 关机电压 = 3.44 V

□ 结论:

- 放电量 (843 mA-h) 小于电池指标 (1000 mA-h)
- 关机电压高于预期 (期望3V)

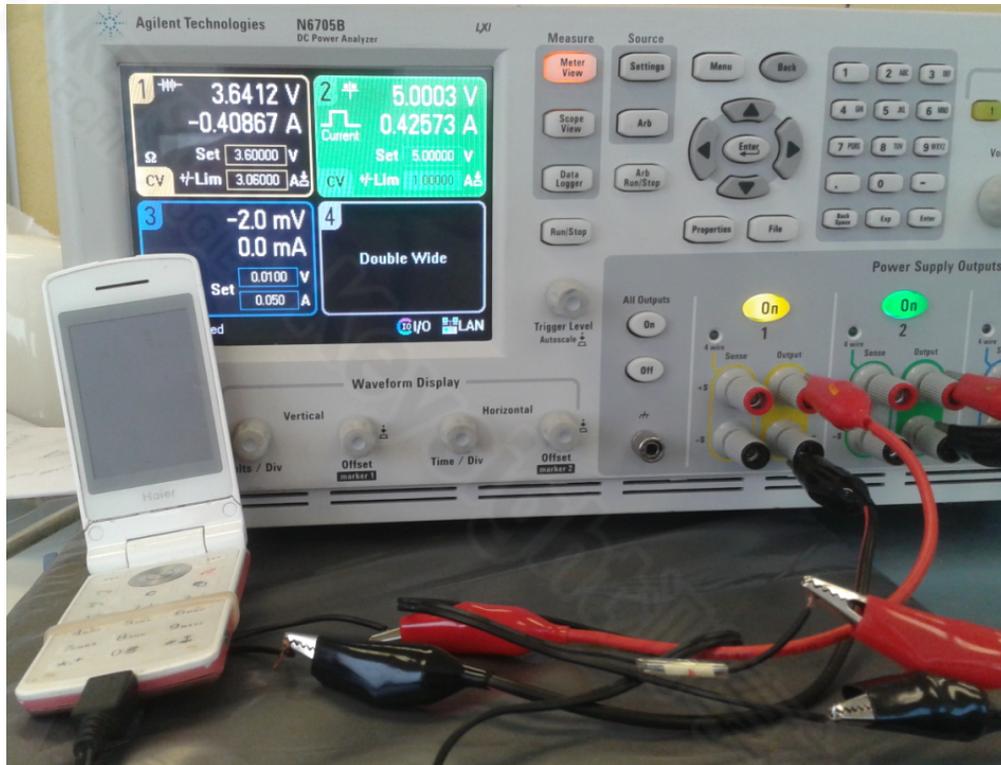
# 设备的充电管理特性评估

- 充电电流大小控制;
- 恒流工作区域 ;
- 恒压工作区域;
- 充电截止电压;
- 充电效率;



**高压危险区** ----- 保护线路过充保护电压 (4.275~4.35V)  
**高压警戒区** ----- 锂离子电池充电限制电压4.20V  
**正常使用区** ----- 锂离子电池放电终止电压 (2.75~3.00V)  
**低压警戒区** ----- 保护线路过放保护电压 (2.3~2.5V)  
**低压危险区** -----

# 手机充电管理芯片对充电的控制



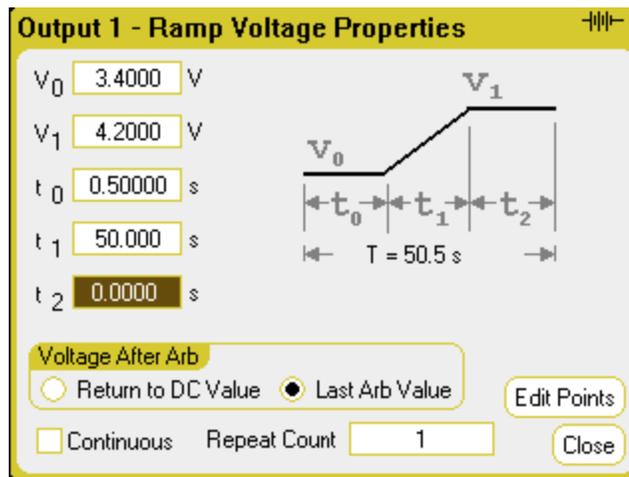
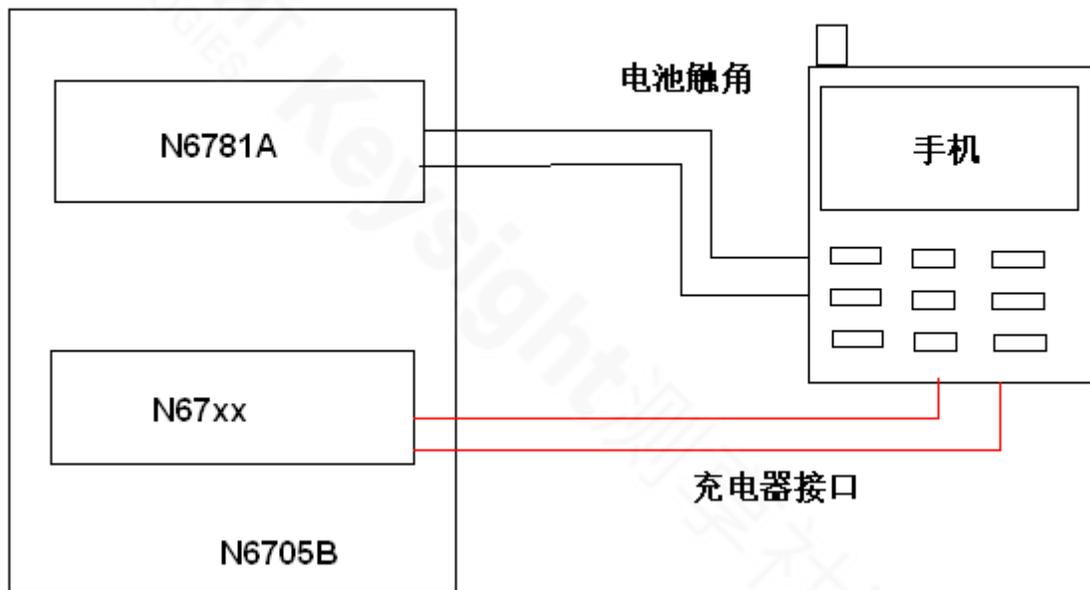
1. 电池电压3.6V充电电流大小？是否恒流充电？
2. 电池电压4.2V充电电流大小？是否恒压充电？
3. 电池充电终止电压？
4. 不同充电能力充电器的影响，如最大输出电流500mA 或300mA或1000mA？ 充电电流控制？充电器电压不稳，充电控制？
5. 充电效率？

# 手机充电恒流恒压模式验证

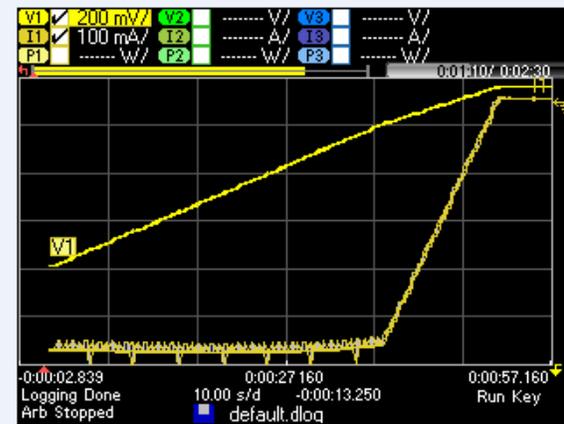
## ——N6705B 1分钟内完成手机充电曲线的验证

N6781A --电池仿真模式, 3.3V-4.3V

N67xx --模拟充电器输出电压5V



充电器输出无输出噪声, 恒流恒压转换点电压为4.07V;



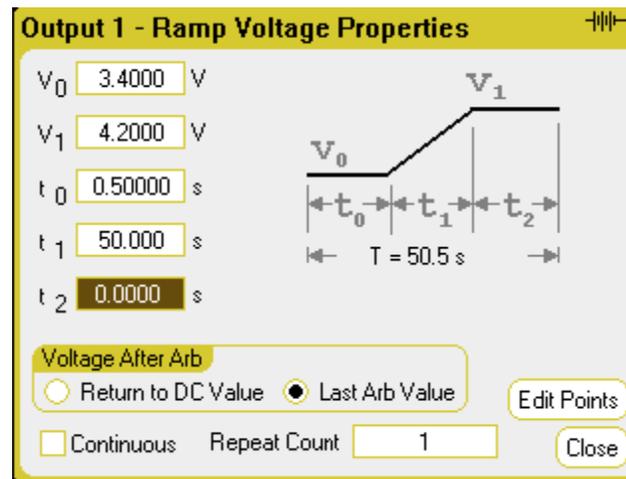
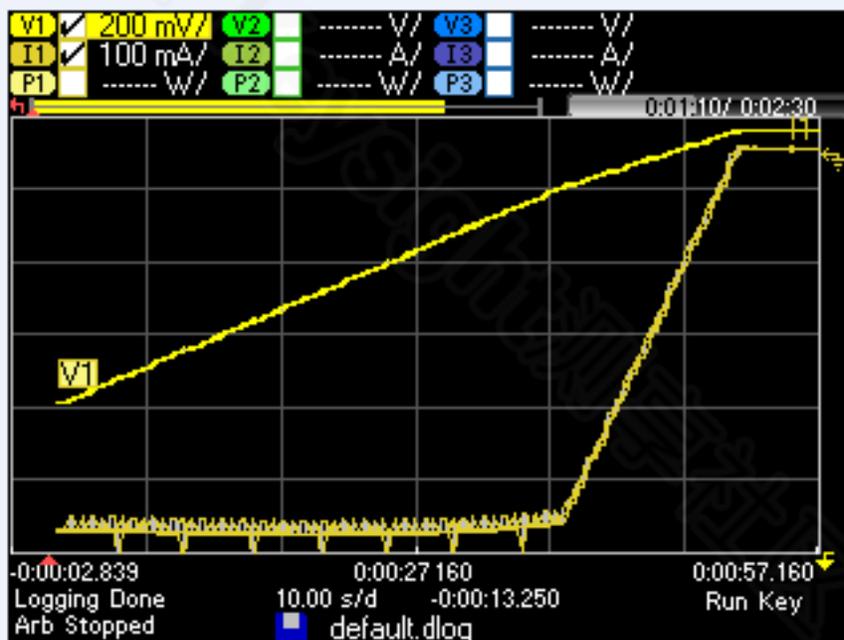
# N6705B 双通道进行电池充电管理验证



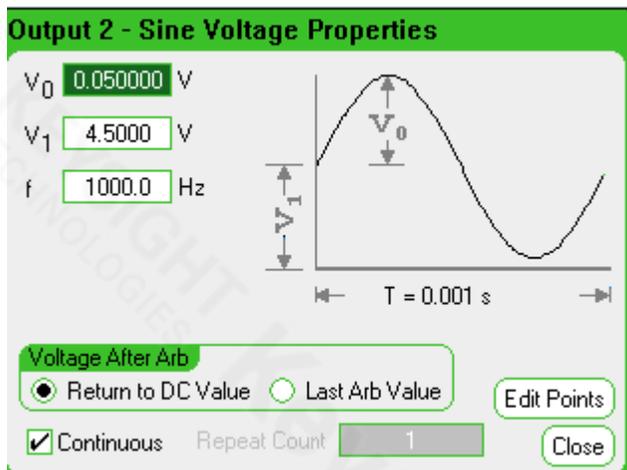
# N6705B电压爬升波形

## ——快速验证充电管理模式

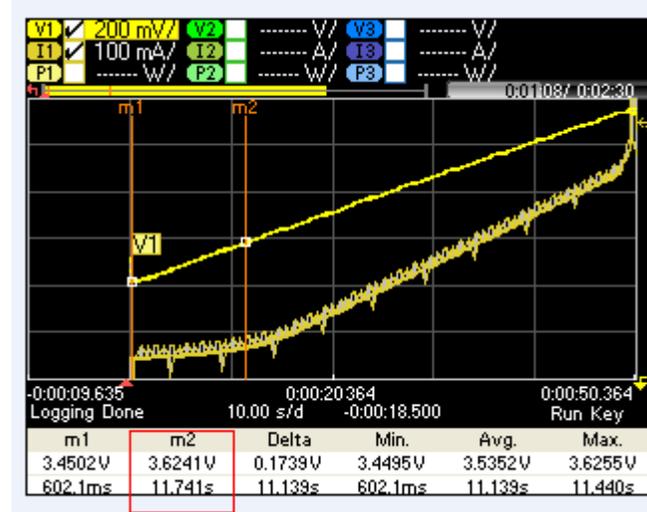
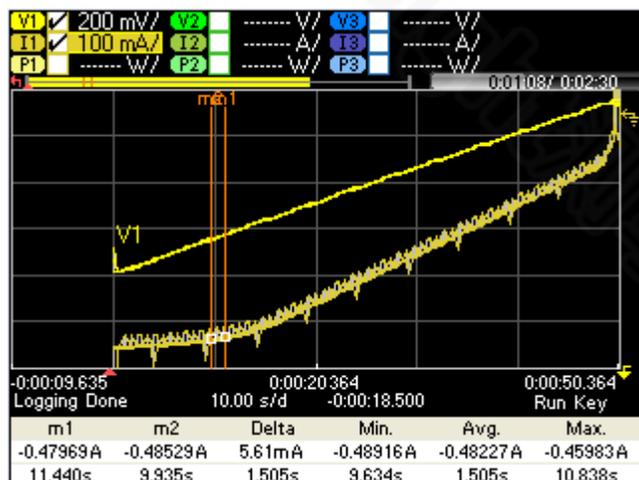
充电器输出无输出噪声，恒流恒压转换点电压为4.07V；



充电器输出  $V=4.5V$ ,  $V_{pp} = 100mV$

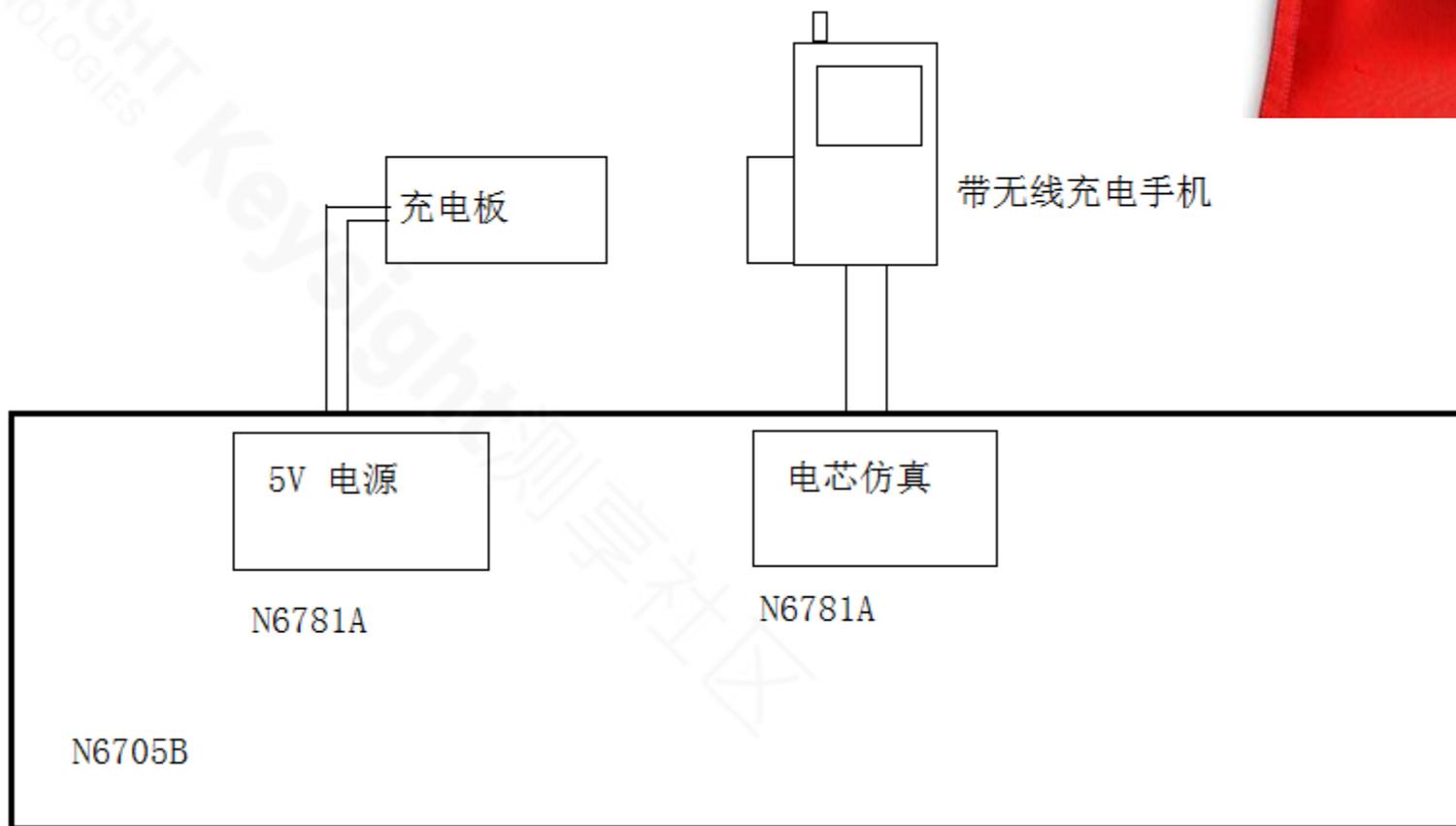


恒流 恒压切换点电压 = **3.624V**



# 双通道电源实现无线充电效率测试

- ❑ 通道1模拟5V充电器；
- ❑ 通道2模拟电池的电芯，实时统计充电效率



## 议程

低功耗测试的挑战-手机功耗测试

14585A+N6705B测试智能手表

电池与充电器的测试与验证

延长电池寿命的考虑

# 提高电池寿命，延长续航时间的建议

## • 设备耗电优化

- 硬件——主要器件，如芯片，显示屏，无线模块等
- 系统软件——默认参数耗电优化，定时器，后台管理等
- **APP**应用开发——软件针对手机进行耗电优化
- 电池——容量提升，充、放电控制优化；
- 充电器——输出性能优化；

# 联系是德科技

了解是德科技更多信息，请访问是德公司网站：

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

或致电安捷伦电话客服中心：

400-810-018-9

800-810-018-9

Q&A

Thank You!