

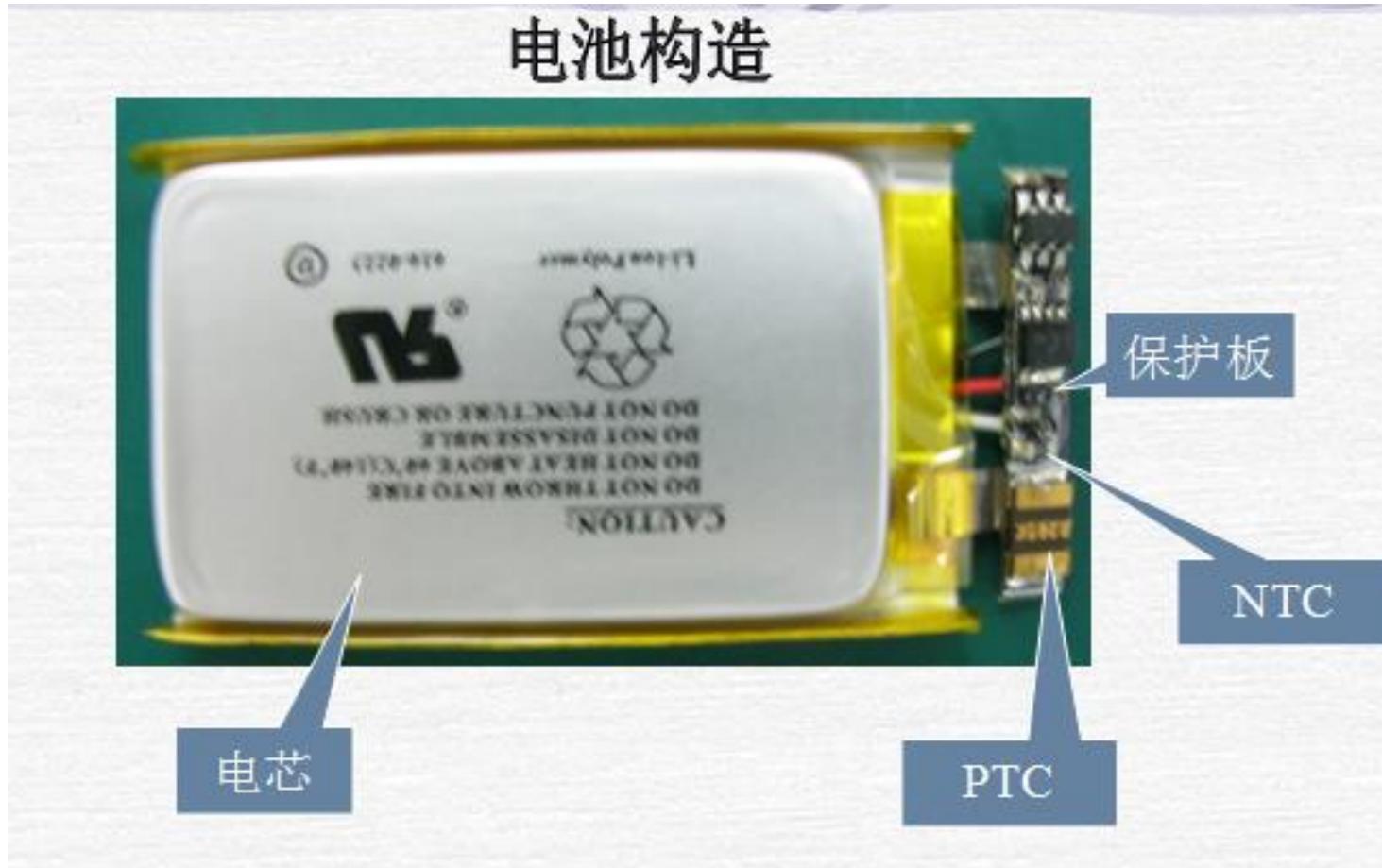
Tektronix

REVOLUTION **ENGINEERING**
CHANGE SALES
UNIVERSITY
2017

Power Track: 电池相关测试

31 MARCH 2017

电池结构: (Cell/Pack/保护电路)



□ PTC Positive temperature coefficient.

□ NTC Negative temperature coefficient.

- A Battery combined by Battery Cell, BMS or Protection PCB, and Assembly.

电池结构: (Cell/Pack/保护电路)

- The **lithium-ion cells** can be either cylindrical batteries that look almost identical to AA cells, or they can be prismatic, which means they are square or rectangular

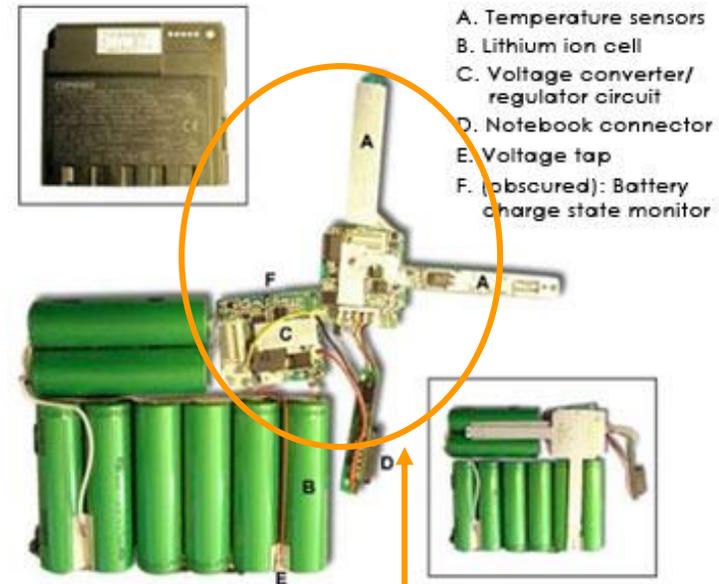
- A shielded **connector** that lets power and information flow in and out of the battery pack

- A **voltage tap**, which monitors the energy capacity of individual cells in the battery pack

- One or more **temperature sensors** to monitor the battery temperature

- A **voltage converter** and regulator circuit to maintain safe levels of voltage and current

- A **battery charge state monitor**, which is a small computer that handles the whole charging process to make sure the batteries charge as quickly and fully as possible.



电池保护电路

电池使用环境:

When a battery been charge or discharge over voltage, it will damage the battery or burning even explode.

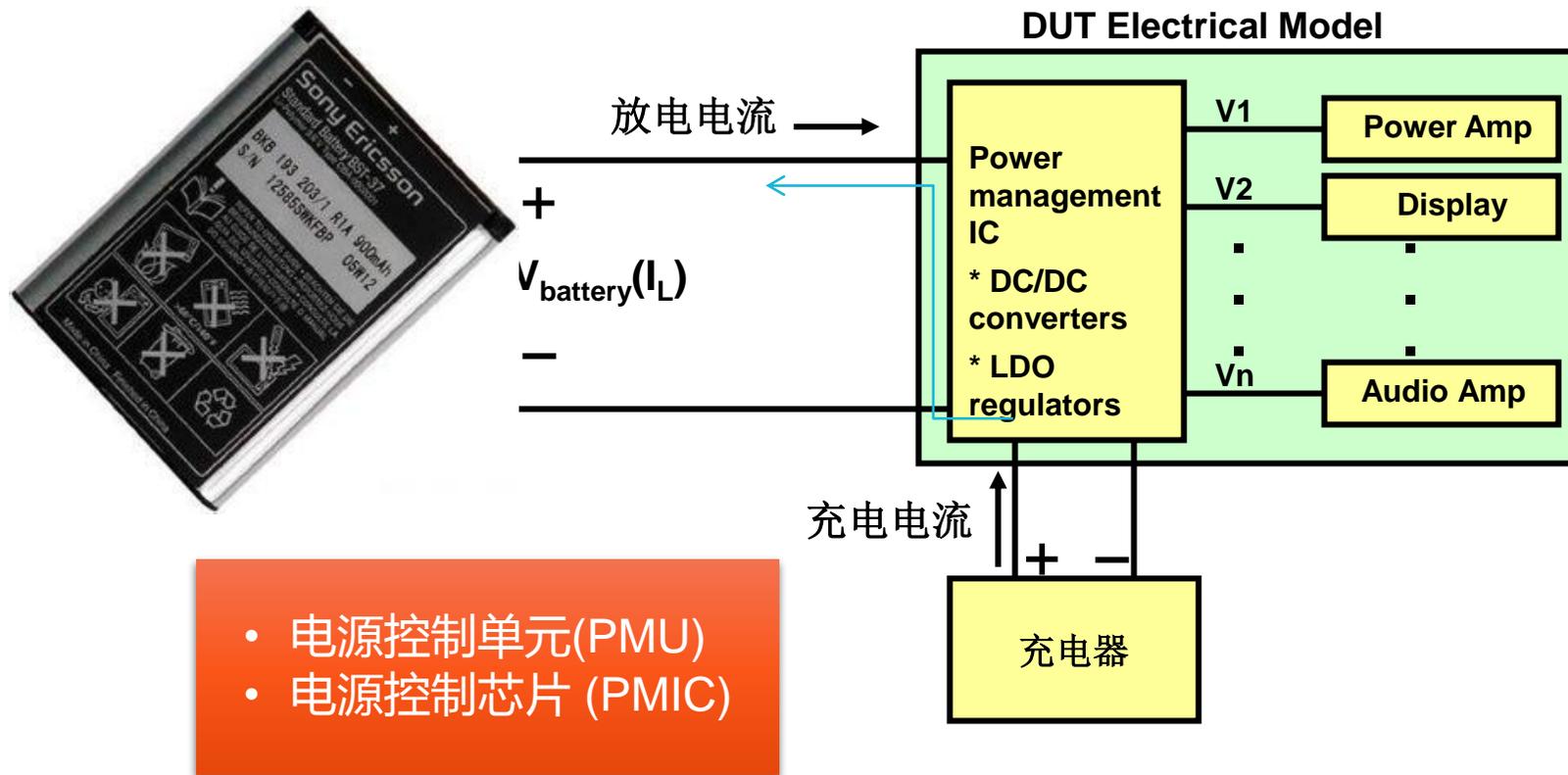
Usually we can category the batter voltage by five region:

- =====
- Over Voltage Dangerous (4.35V-)
-
- Over Voltage Warning (4.275~4.35V)
-
- Normal (3.00V-4.20V)
-
- Low Voltage Warning (2.50~3.00V)
-
- Low Voltage Dangerous(- 2.50V)
- =====



移动通信产品中的电池

锂离子电池被广泛应用于消费类电子产品中



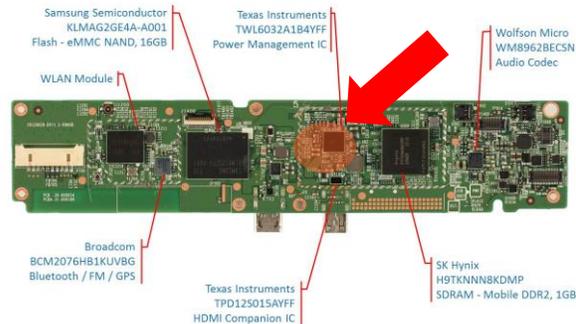
什么是PMIC

- PMIC用于精确控制电源功率的去向，包含多组复杂的 Linear regulators，Buck Boost Regulators, switching regulators，LDO 等器件，将电池输出的能量传递给其他用电单元



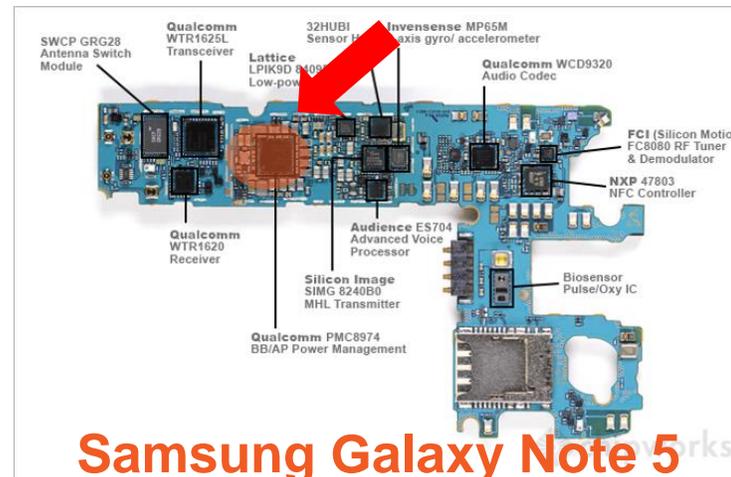
Amazon Kindle Fire HD
Disassembly - Main PCB, Bottom

Teardown Analysis

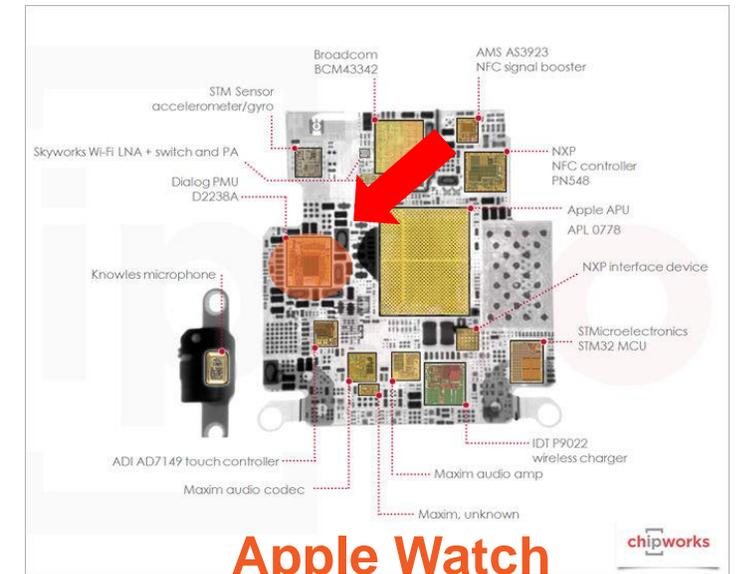


Copyright © 2012 iSupply Corporation - a Company Which was Acquired by IHS, Inc.

Amazon Kindle HD



Samsung Galaxy Note 5



Apple Watch

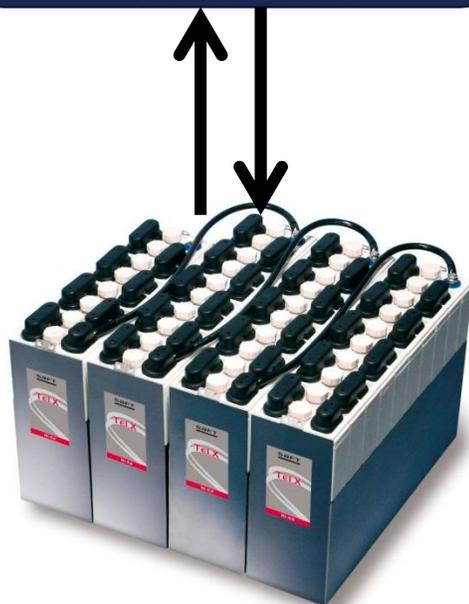


卫星上的电池

卫星上的蓄电池作为备份电源

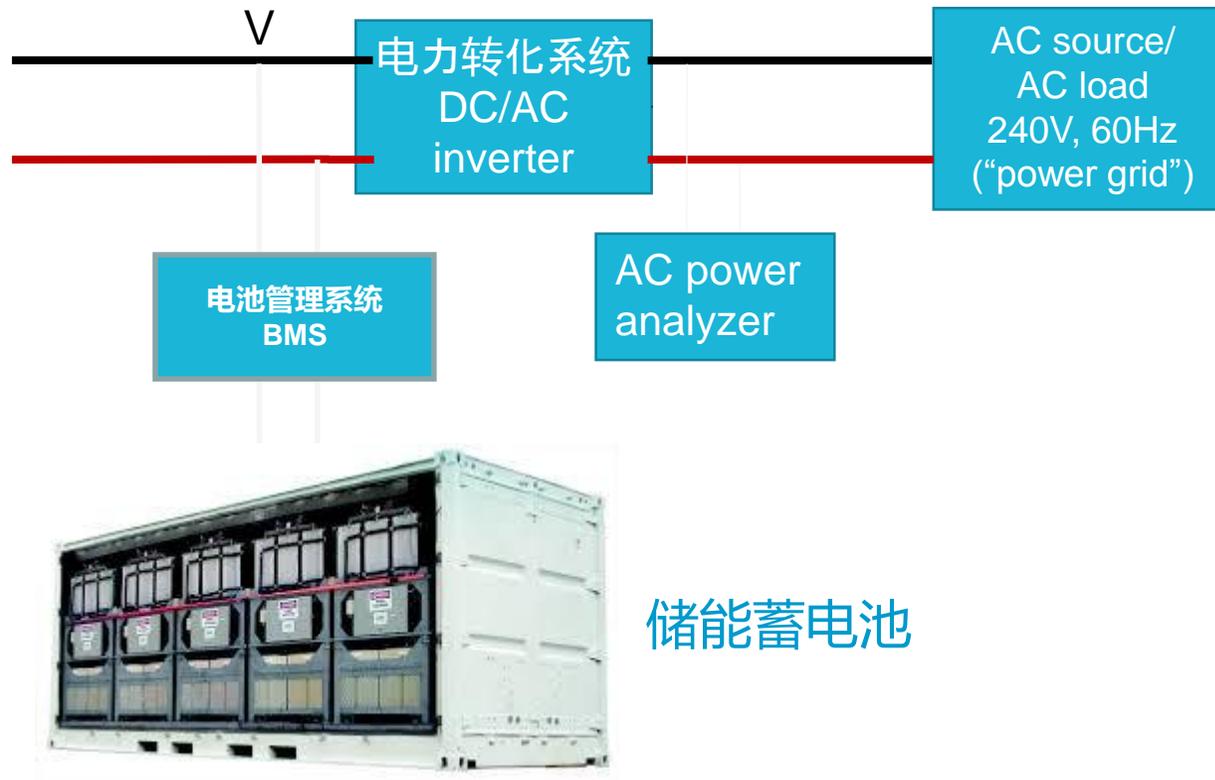


- 电源控制单元(PCU)
- 电源分配单元 (PDU)
- 电源控制和分配单元 (PCDU)
- 星上蓄电池测试



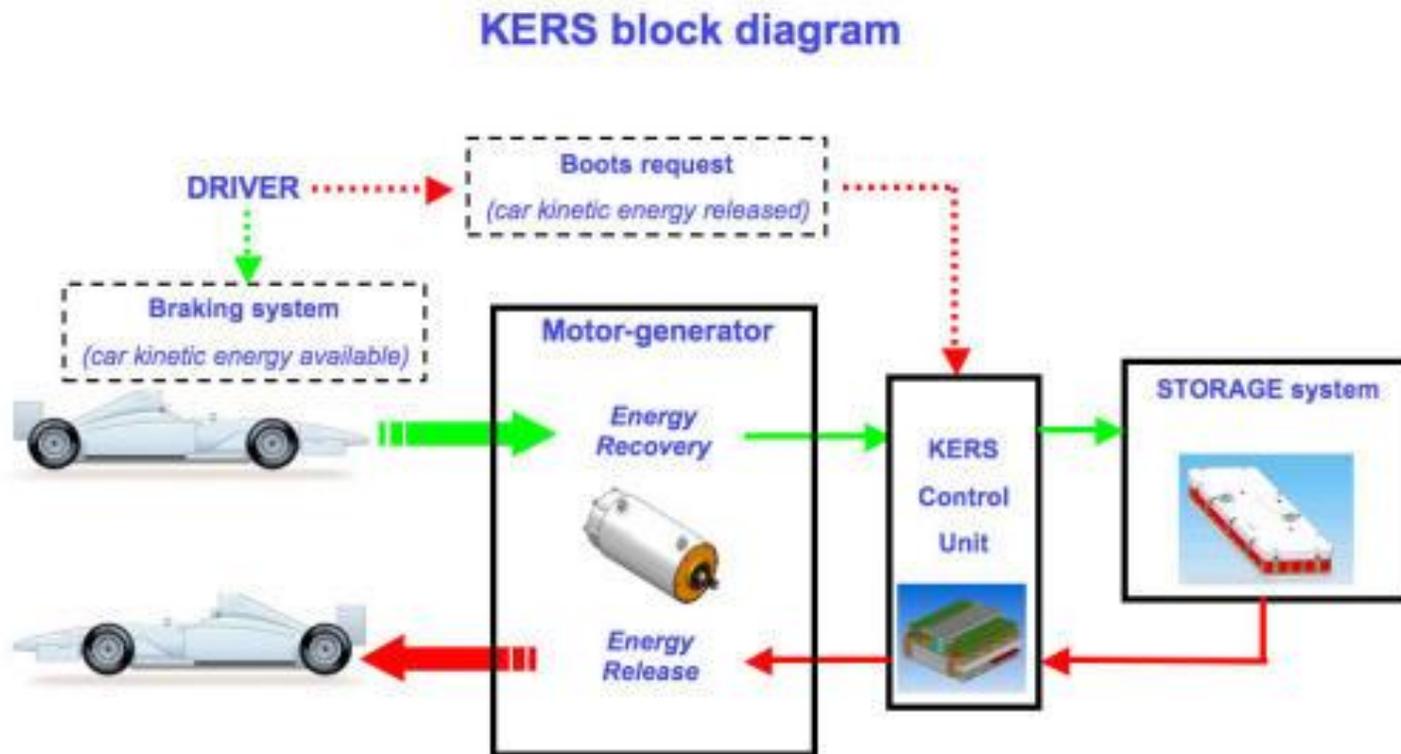
能源行业中的电池

新能源行业中的储能蓄电池



电池在汽车行业的应用

KERS 电能回收系统



电池在电动汽车上的使用



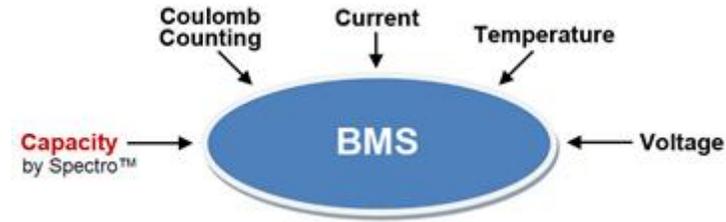
Battery Pack:
一个电池包有8256个电芯



Battery Cell:
18650 battery



什么是 BMS



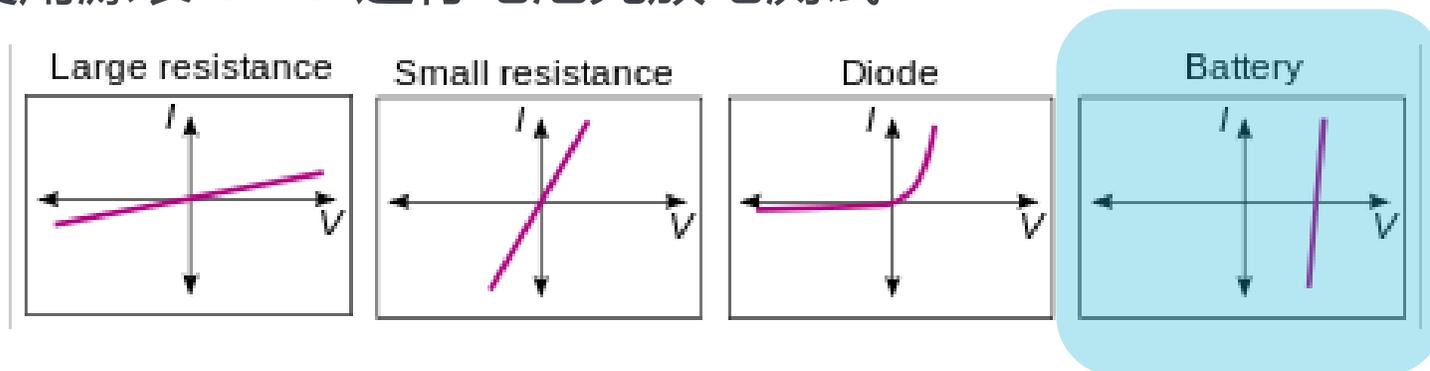
- 电池管理系统（BMS）主要就是为了能够提高电池的利用率，防止电池出现过度充电和过度放电，延长电池的使用寿命，监控电池的状态。随着电池管理系统的发展，也会增添其它的功能
- BMS 的主要功能：
 - **(1)电量计，准确估测SOC**：电池剩余电量
 - **(2)动态监测和保护**：实时采集蓄电池组中的每块电池的端电压和温度、充放电电流及电池包总电压，防止电池发生过充电或过放电现象。同时能够及时给出电池状况，挑选出有问题的电池，保持整组电池运行的可靠性和高效性
 - **(3)电池间的均衡**

与电池相关的测试

- 电池性能测试
 - 电池容量
 - 充放电特性，曲线
 - 电池内阻
 - 电池老化特性
- 电池安全测试
 - 环境测试（温度，压力，腐蚀，振动，穿刺）
 - 保护电路测试（过充、过放、短路...）
- PMIC和BMS的测试
 - PMIC 功能测试（高精度 DC-DC 转换器测试，效率，输入输出功率，纹波噪声）
 - BMS功能测试（SOC验证，充电、放电功能，均衡）

电池性能测试——容量

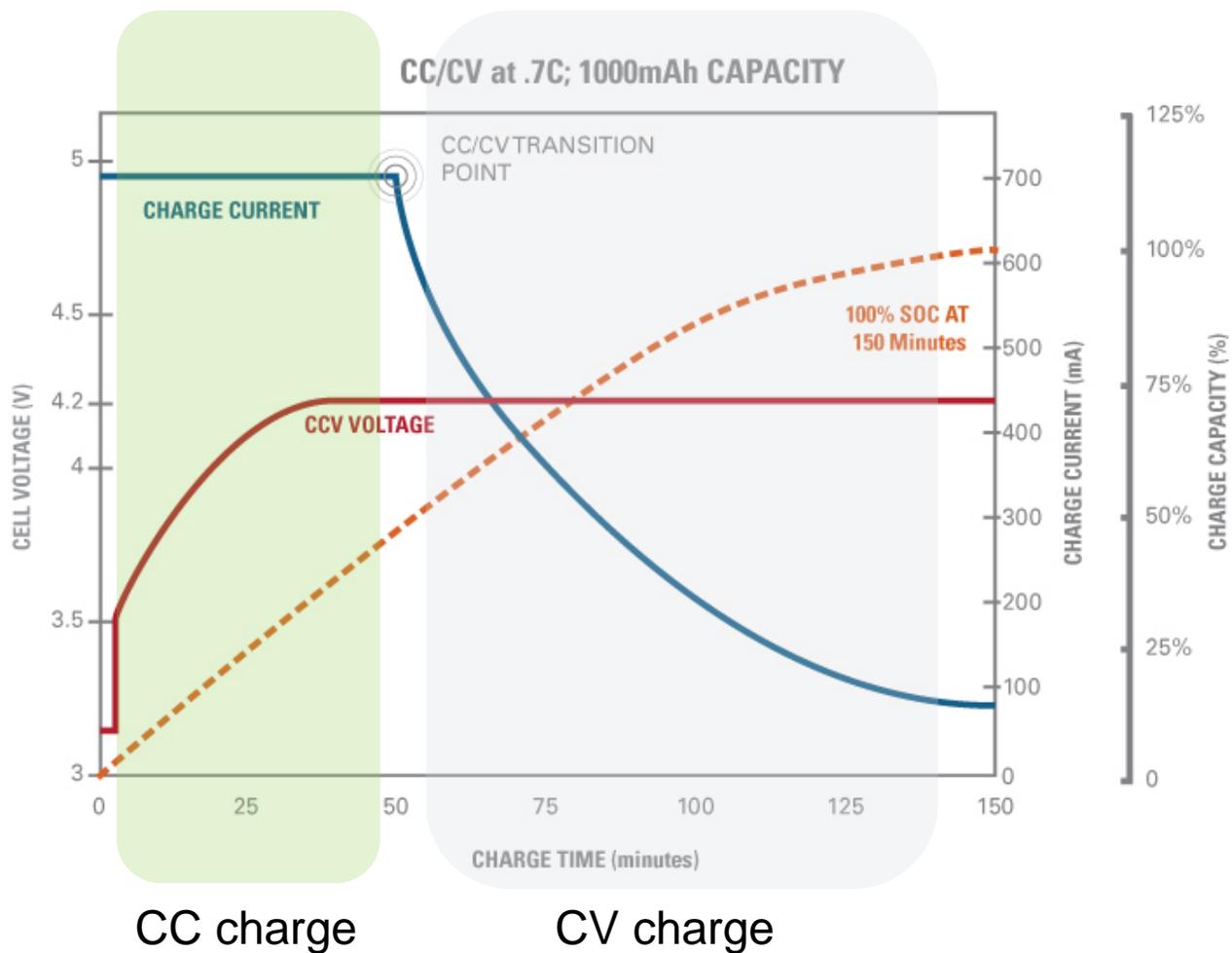
- 容量测试方案：冲、放电测试
 - 使用源表 SMU 进行电池充放电测试



工作在 1、4 相限，可以直接为电池完成充放电操作
高精度电流测量功能，可以连续记录充、放电电流，计算 AmpHour 电量
通常功率较小，无法完成大容量电池测试

- 电源、电子负载进行电池充放电测试
 - 使用大功率电源电子负载可以进行大容量 battery pack 的测试
 - 精度较低，需要开发程序

典型电池充电曲线



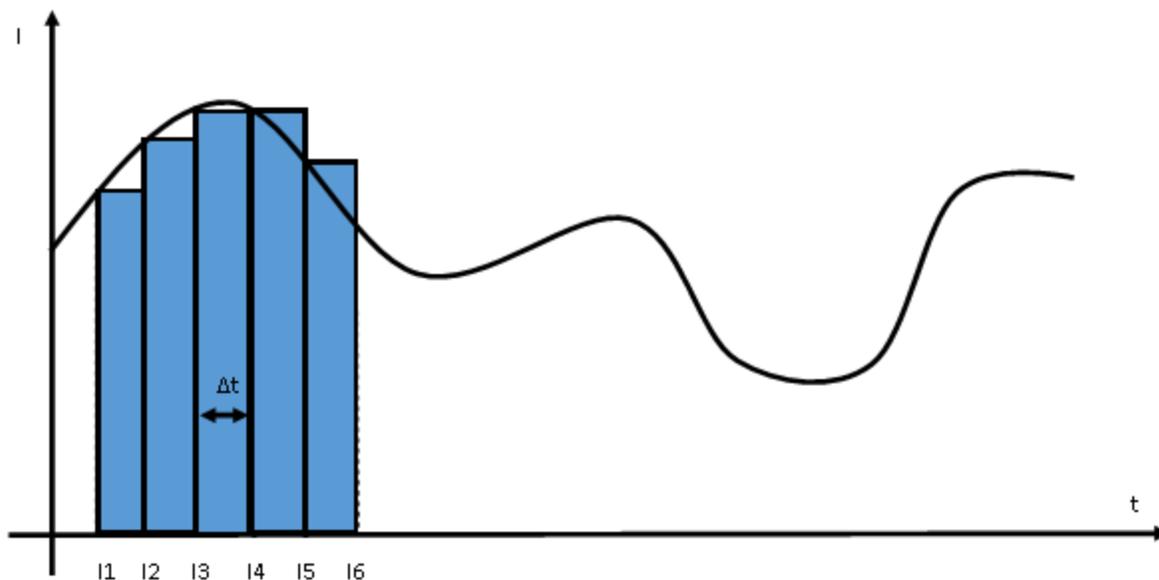
Recording voltage, current, Amp-hour and ESR* measurement result in whole charging process.

The charging process from SOC 0%~100% will be used to build up battery model for battery simulation use

电池容量的计算方案

- Measuring current at fixed sampling rate, calculate Amp-Hour by:

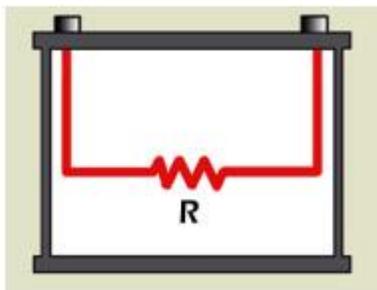
$$A-H = \sum I(n) * \Delta t :$$



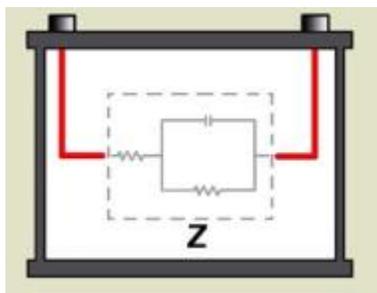
- 需要编程实现
- 如果使用

电池性能测试——内阻

- 电池内阻的表达方式：直流、交流
 - 直流内阻：静态负载条件下

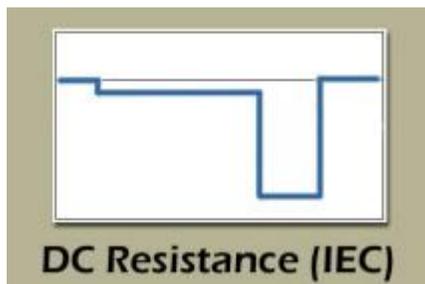


- 交流内阻：动态负载条件下更关心交流内阻



电池性能测试——内阻

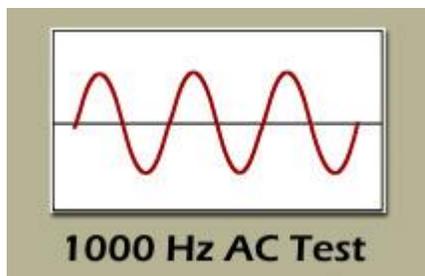
- 测试内阻的方式：直流、交流法（不能使用万用表直接测试内阻）
 - 直流内阻测试：通常使用电子负载或者 2281S 进行测试



- $R = \Delta V / \Delta I$

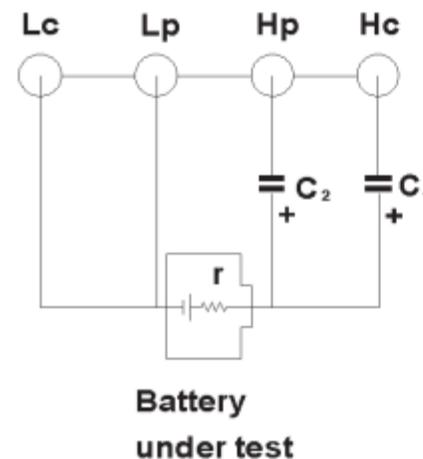
直流内阻与交流内阻并不相等，以18650 锂离子电池为例，直流电阻约为 110mΩ，交流内阻约为 36mΩ

- 交流内阻测试：通常测试 1000Hz 频率下的电池阻抗，使用电池测试仪或者LCR表测试



交流内阻测试

- 使用 LCR 表测试
 - 测试频率固定在 1000Hz
 - 需要增加隔直电容
 - 否则电池会向LCR表放电导致仪表损坏



$$C_1: \geq \frac{1}{10\pi f}$$

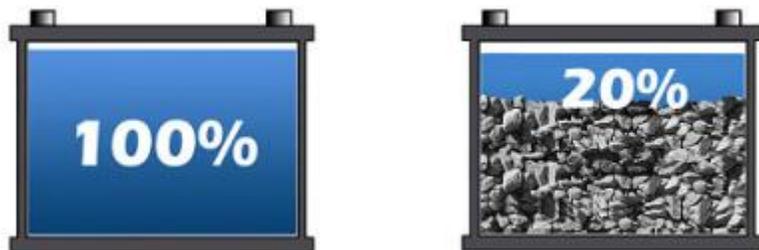
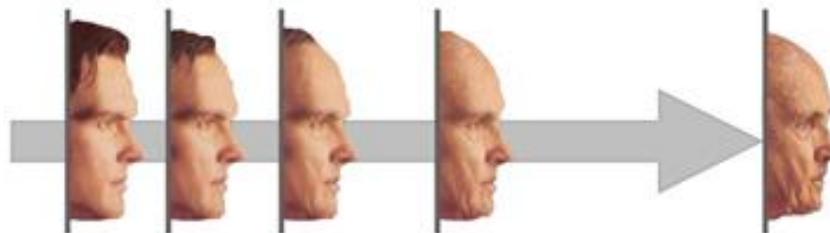
(f: Measurement frequency)

$$C_2: 1\mu F$$

- 其他电池测试仪



电池的老化特性测试



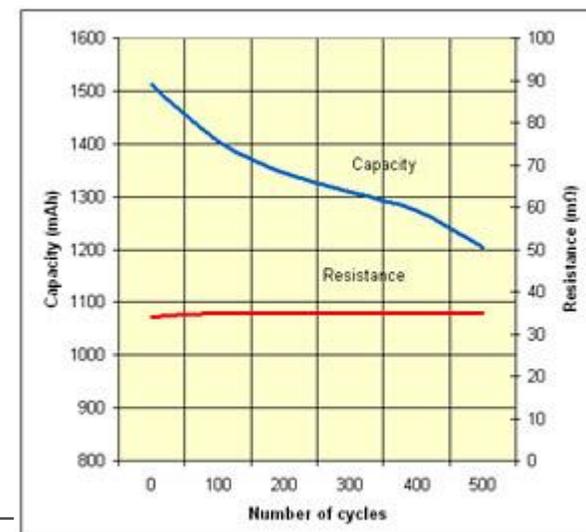
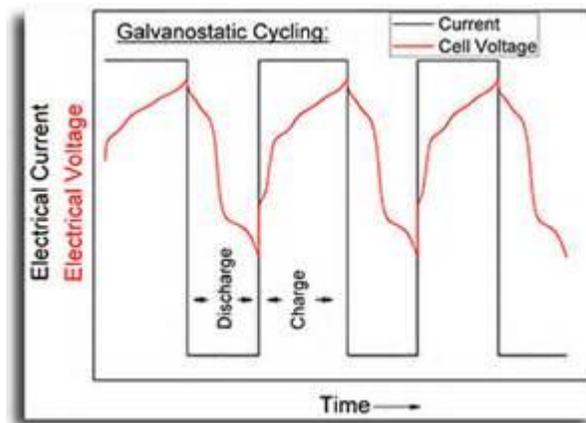
→
电池容量变低



→
电池内阻变大

- 方法：循环充放电测试

测试电池反复充放电后容量和内阻的变化



电池安全测试

测试电池保护电路的功能

- 环境测试（基本与电子测试无关）
- 电池保护电路的功能测试：
 1. 过充保护（充电电压过高）
 2. 过放保护（放电电压过低）
 3. 短路保护（放电电流过大）
 4. 高温保护（电池温度过高）
 5. 低温保护（环境温度过低）
- 出现以上现象时，电池保护电路负责切断电池充放电回路



电池安全测试

测试电池保护电路的功能

- 电池保护电路的测试方法：

1. 过充保护（充电电压过高）

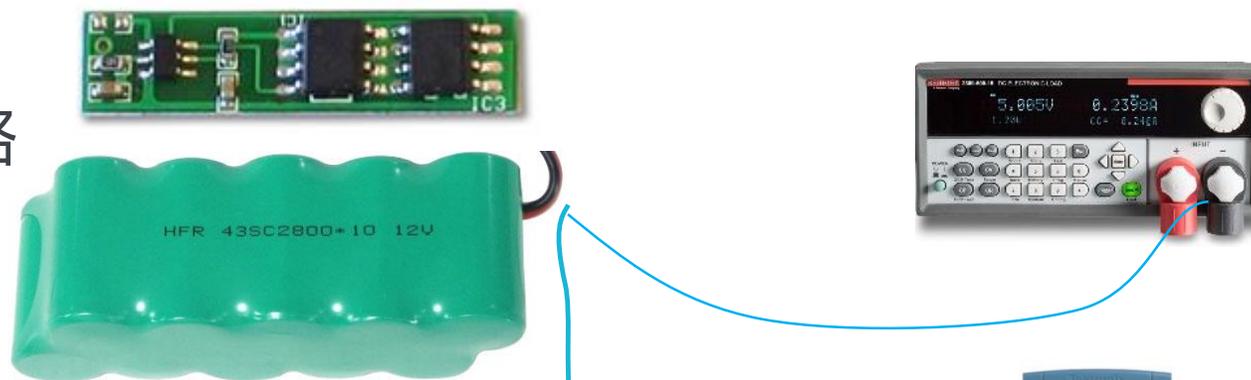
使用电源，设置比较高的充电电压，检测保护电路是否能截断充电电流（充电电流接近0）
电压恢复正常后，是否能迅速恢复正常充电

2. 短路保护（放电电流过大）

使用电子负载，设置比较高吸收电流，检测保护电路是否能截断放电电流（放电电流接近0）
放电电流恢复正常后，是否能迅速恢复正常放电

电子负载完成短路保护测试

电池 + 保护电路



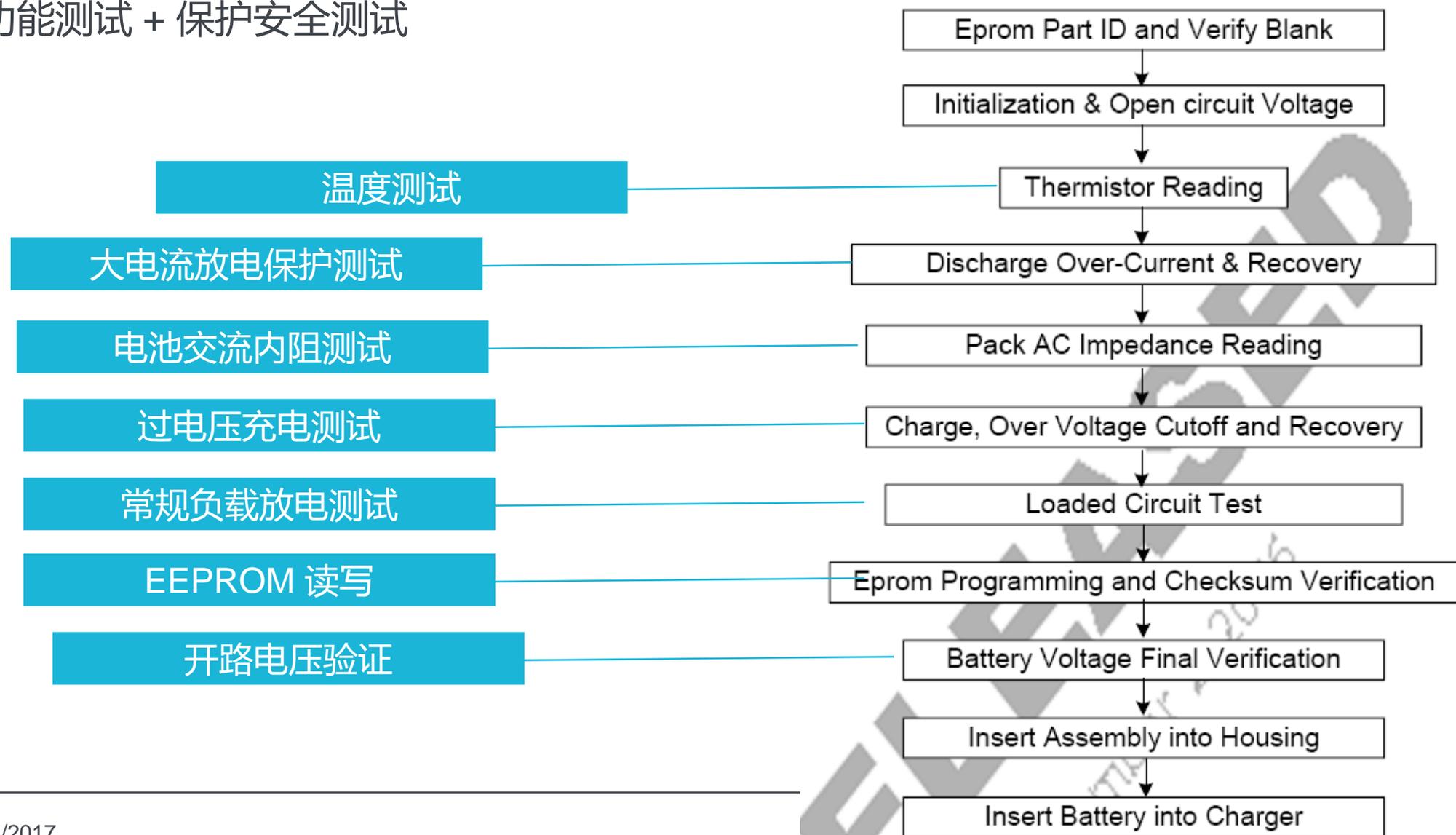
短路电流保护点

负载电流波形

过流保护截止时间

实例：电池下线测试

电池功能测试 + 保护安全测试



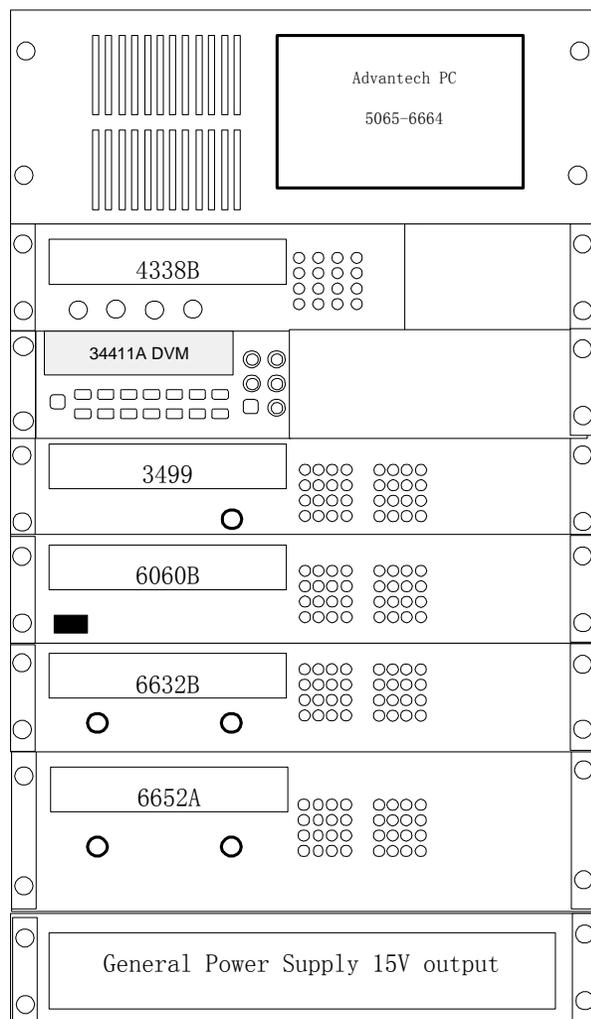
电池下线测试需要的典型设备

• 所需要的典型测试仪器和设备包括:

- 直流电源
- 直流电子负载
- 热敏电阻测试设备
- 交流内阻测试设备 (1KHz)
- 直流电压测试设备
- 直流电流测试设备
- 多路复用开关
- EEPROM 读写
- 测试夹具
- 上位机软件



电池下线测试系统



LCR 表/电池测试仪



K2000 万用表



K2700 开关数据采集



2380 电子负载

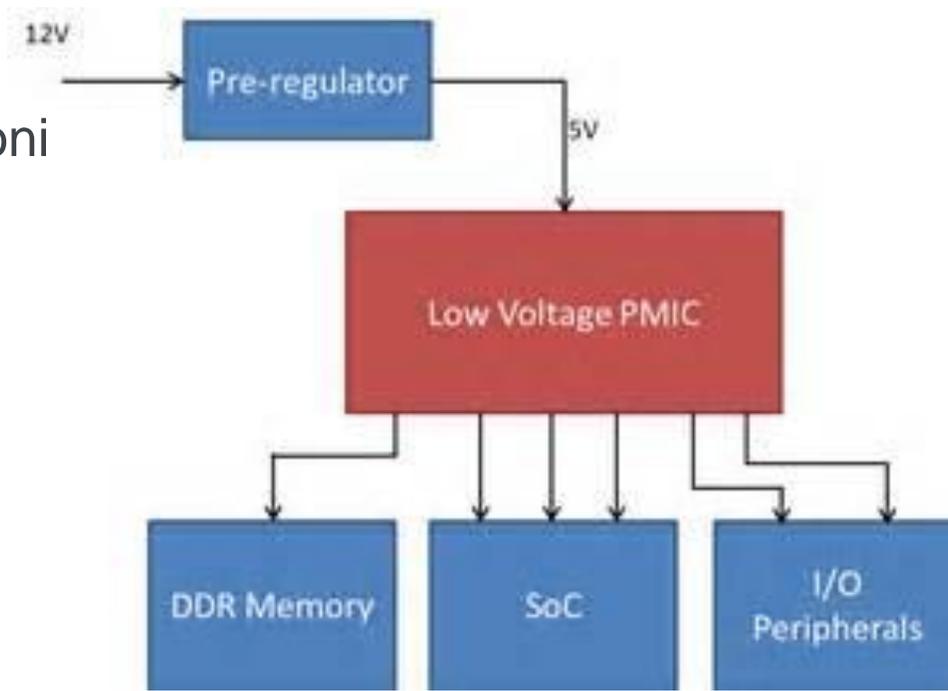


2260B系统电源

PMU/PMIC 的测试

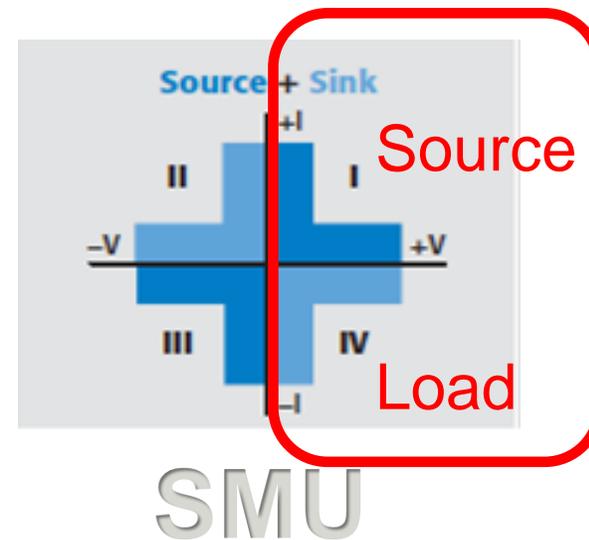
- PMU (power management unit) 就是电源管理单元，一种高集成的、针对便携式应用的电源管理方案，即将传统分立的若干类电源管理芯片，如低压差线性稳压器(LDO)、直流直流转换器(DC/DC)，但现在它们都被集成到手机的电源管理单元(PMU)中，这样可实现更高的电源转换效率和更低功耗，及更少的组件数以适应缩小的板级空间，成本更低

- **Dialog**
- **Qualcomm**
- NXP
- **Analog Devices**
- Intersil
- Intel
- Samsung
- TSMC
- SK Hynix
- Micron
- TI
- Toshiba
- Broadcom
- MediaTek
- STMicroelectronics
- Avago Technologies
- Renesas
- NXP
- Sony
- Freescale
- Infineon

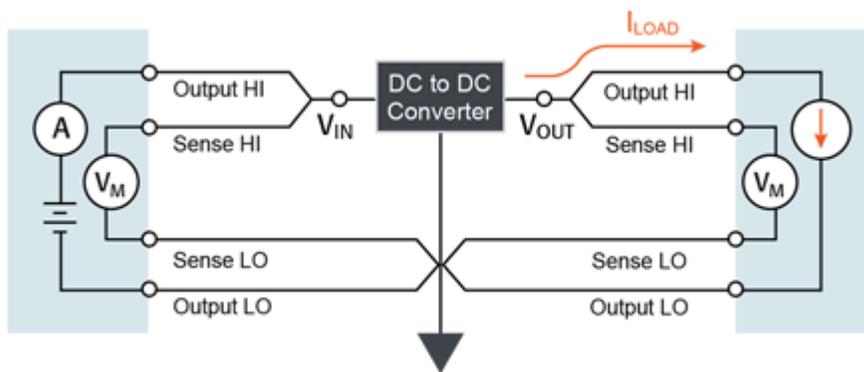


使用SMU测试和表征PMIC直流特性

- 电源✓
- 电子负载✓
- 高精度电压测试✓
- 高精度电流测试✓



Source:
Input SMU #1

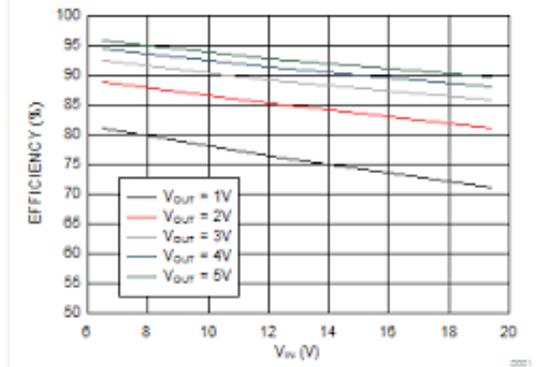
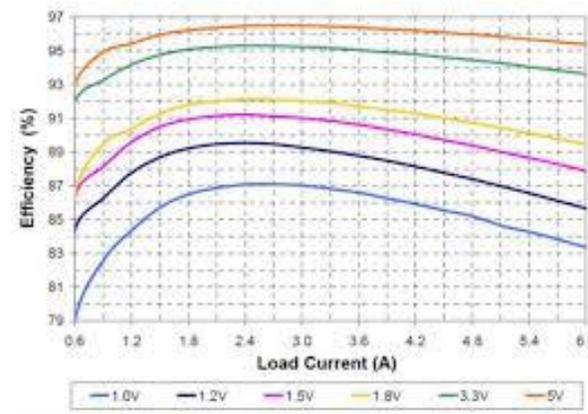
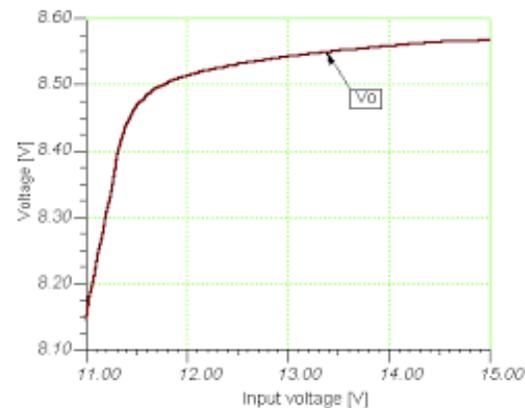


Load:
Output SMU #2

PMIC需要测试的参数

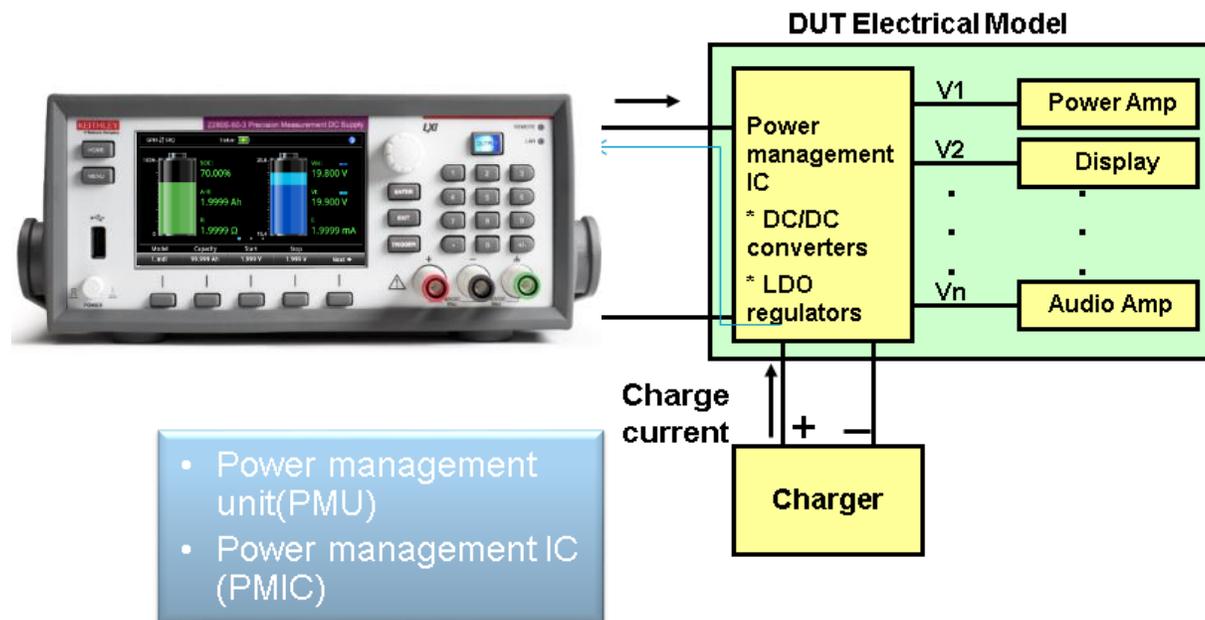
- Line Regulation 源调整率 (SMU)
- Load Regulation 负载调整率 (SMU)
- Power Efficiency vs. load 效率 (SMU)
- Power Efficiency vs. line 效率 (SMU)
- Quiescent current 静态电流 (SMU)
- Rds-on 导通电阻 (SMU)

- Turn-on (Power on), Turn-off (Power off) characteristics (Scope)
- Power Loss, PWM (scope)
- Output ripple voltage, inductor ripple current (Scope)
- Load transient response and recovery (Scope)



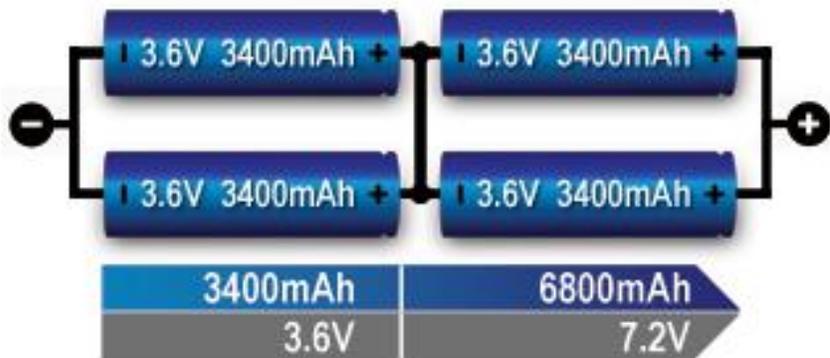
电池控制单元 (BMS) 的测试

- 使用电池模拟器测试电池控制单元 2281S
 - 模拟电池在不同SOC 状态下的充放电功能是否正常
 - 验证充电截止电压
 - 验证放电截止电压
 - 快速设置电池状态，不需要使用真实电池

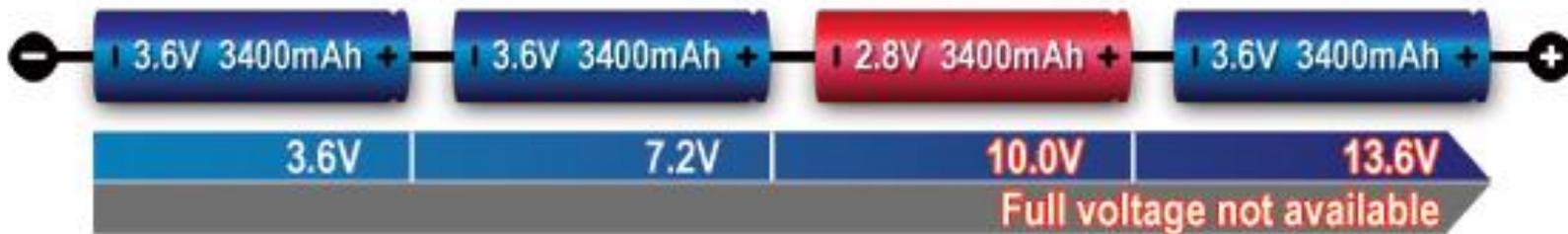


电池均衡电路的测试

- 什么是电池均衡电路



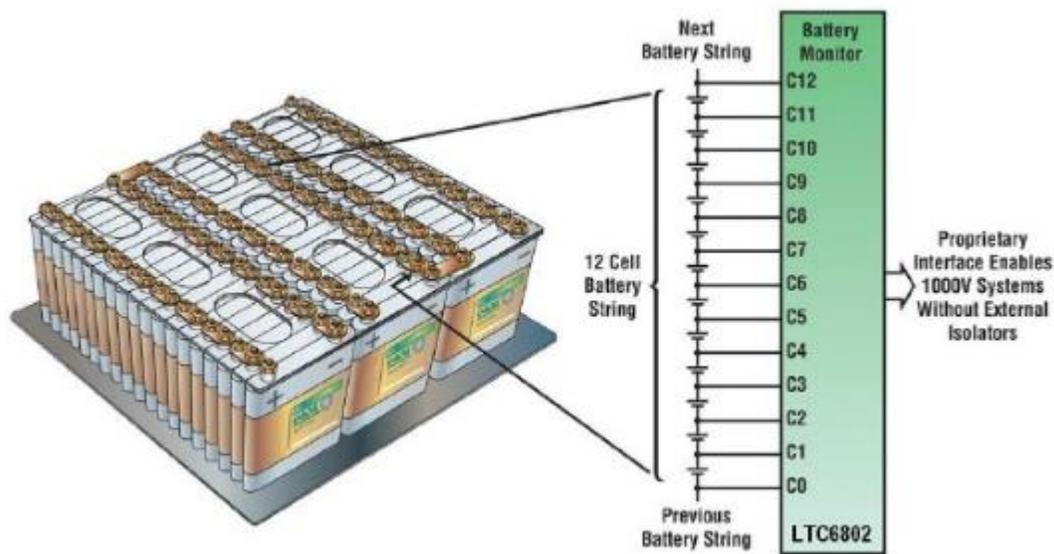
多组电芯通过串并联获，组成电池pack，以得到更高的输出电压和电流



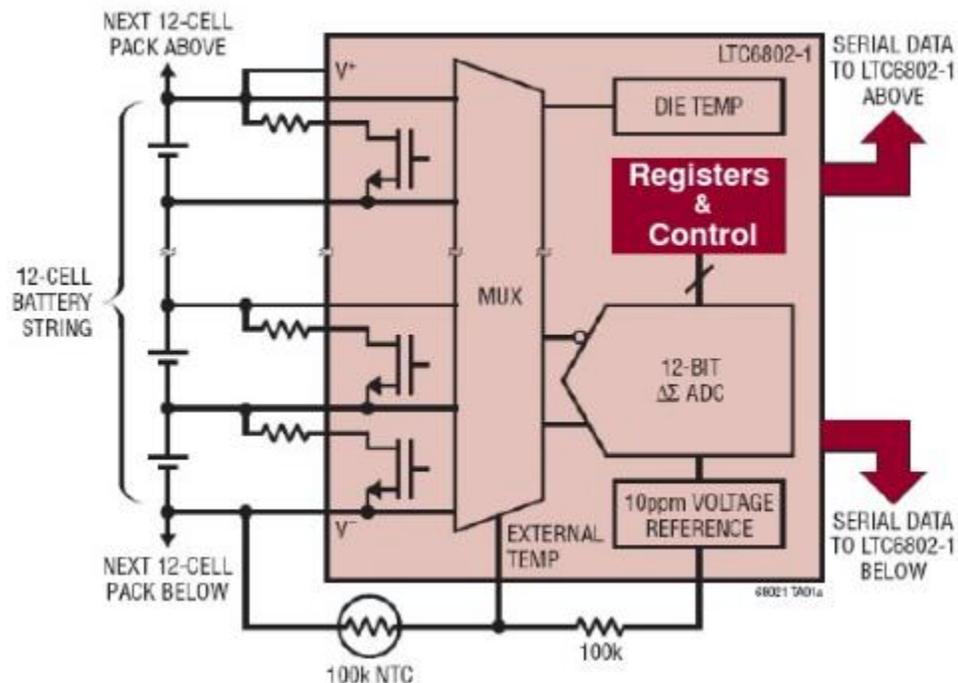
电芯间的不均衡导致电池性能下降，或损害电池寿命

电池均衡的实现方式

- 对每个电池单元的进行监测，并控制其充放电状态



实时监测所有电芯的电压状态



对过充状态的电芯进行单独放电

电池均衡电路的测试

