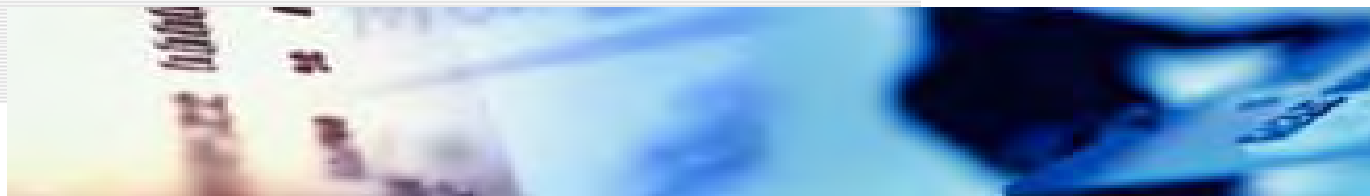


致力創新 追求卓越

Chroma

動力電池測試方案



Galen Chou

Working on Better Solutions

大綱

1. **Battery cell** 直流阻抗量測
2. **Battery Pack** 充放電軟體簡介
3. **Battery Pack** 動態放電模擬測試

電動車廠電池測試需求

1. 電池芯 (Battery Cell)

- 阻抗檢驗, 異常測試



2. 電池塊 (Battery Module)

- 研發品保信賴性(Reliability)測試
- 放電性能 (Performance) 測試



3. 電池模組 (Battery Pack)

- 性能 (Performance) 測試
- 功能 (Function) 測試
- 整車模擬 (Simulation) 測試



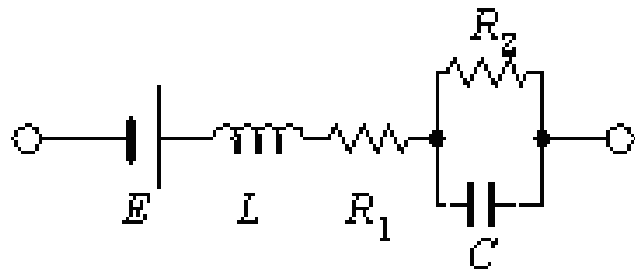
Prius battery pack.

- 
1. **Battery cell** 直流阻抗量測
 2. **Battery Pack** 充放電軟體簡介
 3. **Battery Pack** 動態放電模擬測試

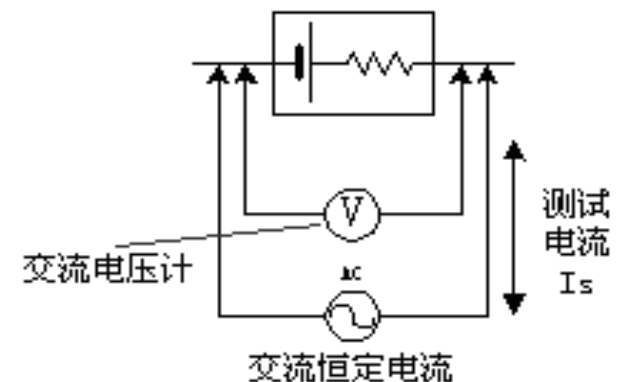
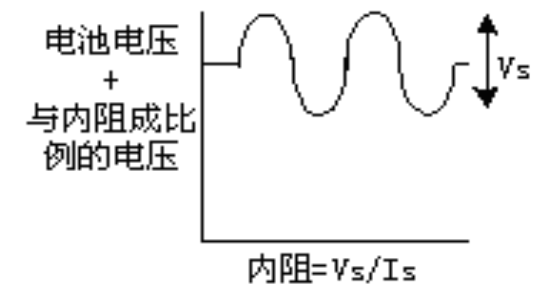
Battery cell 進料交流阻抗檢驗

交流阻抗測量：對電池施加交流電流，會有與電池的內阻成比例的交流電壓發生(與電池電壓重疊)。可用作為測量信號的交流電流與產生的交流電壓求得阻抗。在電池內阻的測量中，根據一直以來的習慣，通常用1kHz的交流，來測量阻抗的有效阻抗（實部）

無需負載裝置
測量包括電解液電阻、電極板電阻



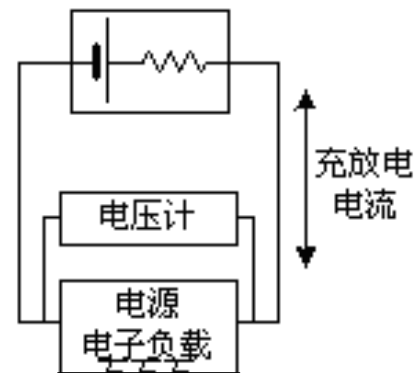
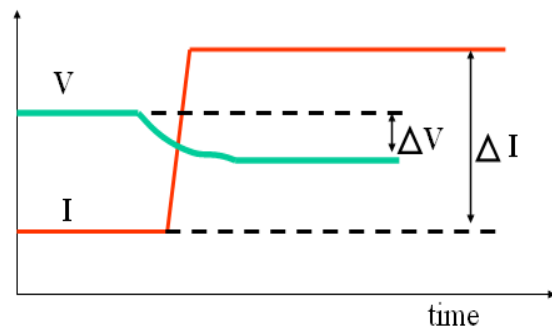
E ：產生電壓、 L ：電感、 R_1 ：電解液電阻+電極板電阻
、 R_2 ：極化反應電阻、 C ：雙層電容



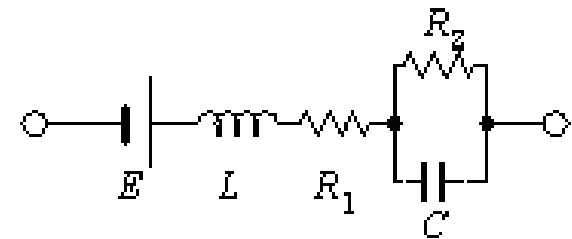
Battery cell 進料直流阻抗檢驗

直流阻抗量測: 因為動力電池芯需並聯大電流使用, 阻抗一致性更顯重要.

IR損耗測量: 測量電池的充電或放電的電流變化(ΔI), 一定時間後(譬如在10秒後時)再測量電池電壓的變化量(ΔV), 然後通過 ΔI 與 ΔV 計算內阻。



$$R_{dc} = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$



測量包括電解液電阻、電極板電阻、極化反應電阻

直流阻抗檢驗設備

Chroma 電子負載 63600系列 Model 63640-80-80 (80V/80A/400W)

電壓範圍: 80V/16V/6V range (0.025%+0.01%F.S., resolution: 0.1mV)

不僅有高精準度量測, 還有波型數位化取樣功能:

最快取樣率: 2us, 波形擷取點數: 4096 points

Module: 80V/80A/400W 可並聯5台

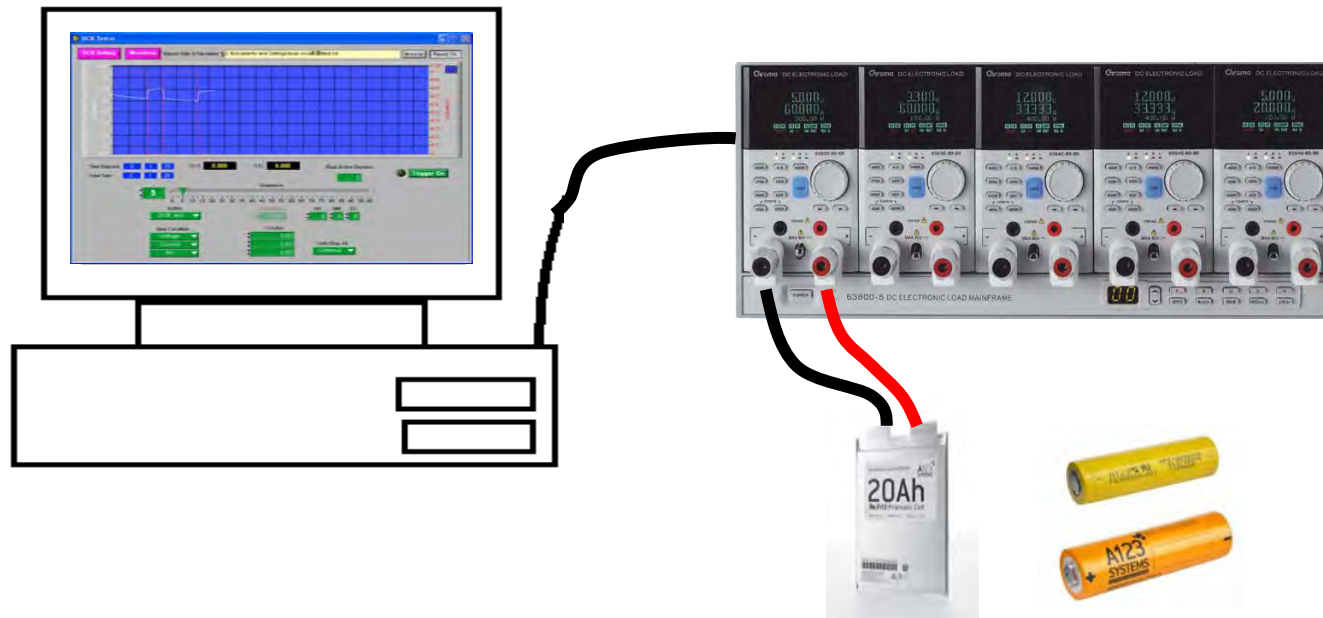
最大電流400A. 可測20AH的battery cell 做20C放電



直流阻抗檢驗設備

控制軟體: Chroma Battery DCR Measurement Software

The software controls 63600 DC Load via GPIB/USB interface.



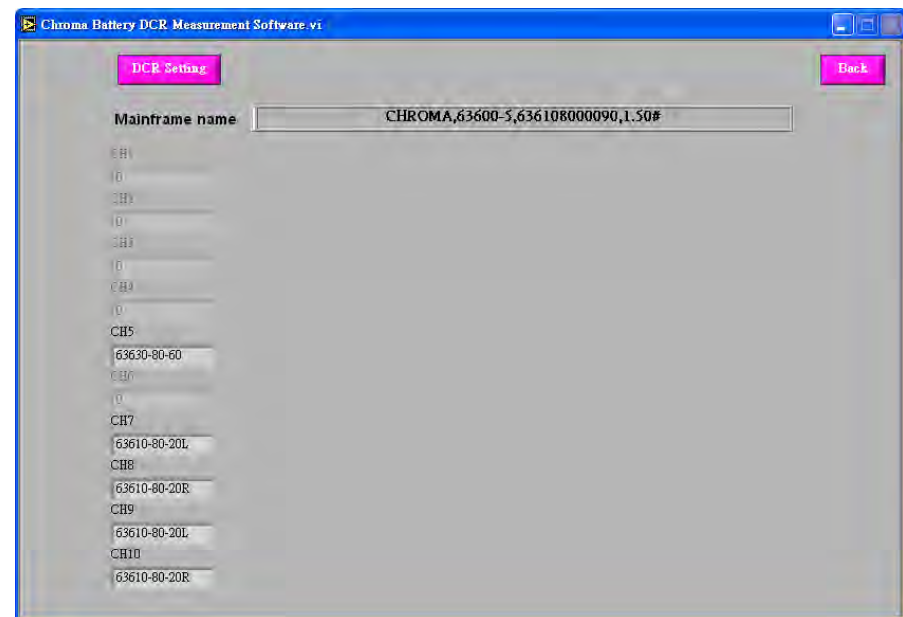
直流阻抗檢驗軟體

控制軟體: Chroma Battery DCR Measurement Software

開始畫面



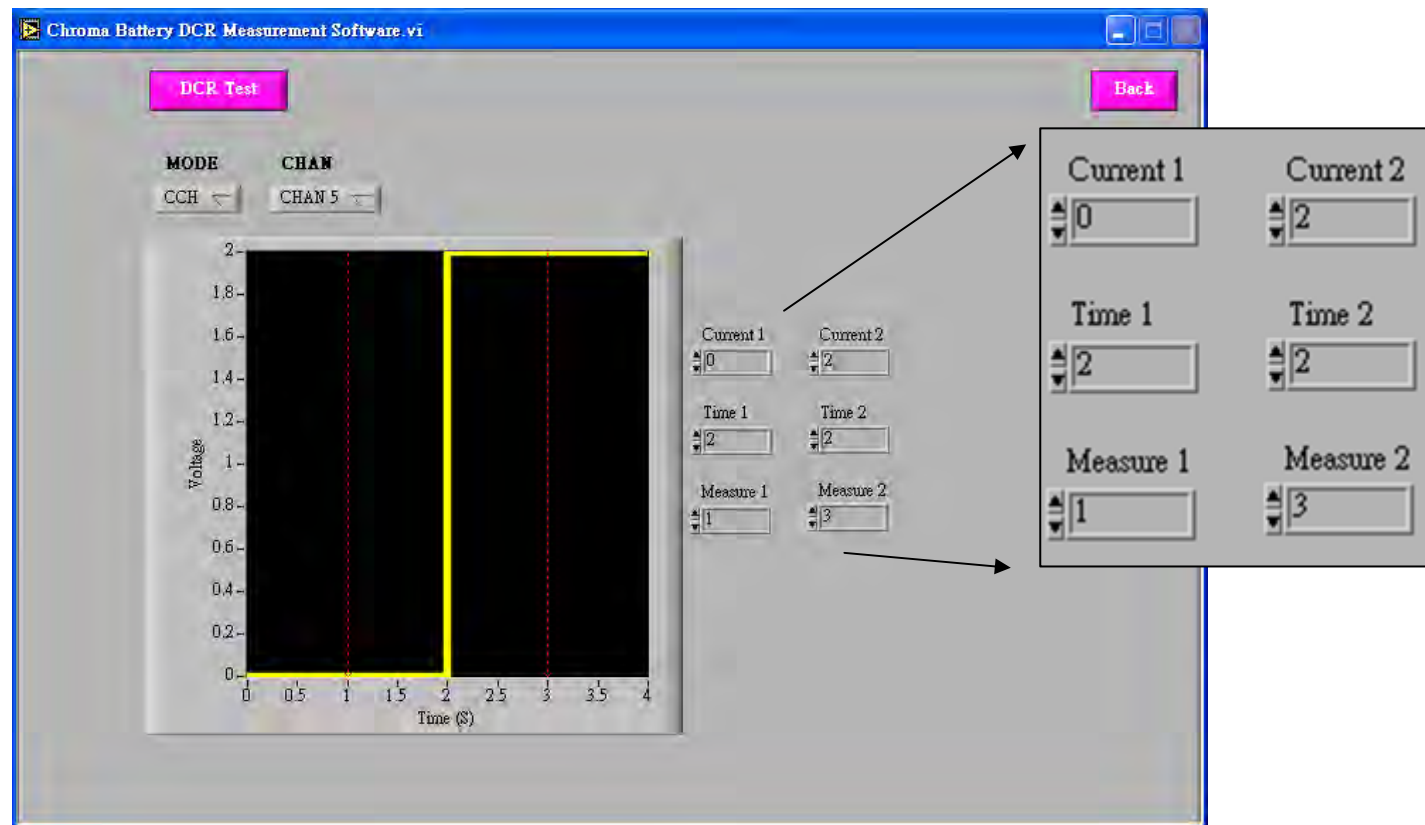
Initial之後的畫面



直流阻抗檢驗軟體

控制軟體: Chroma Battery DCR Measurement Software

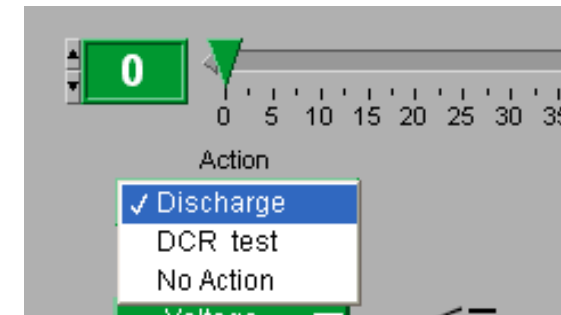
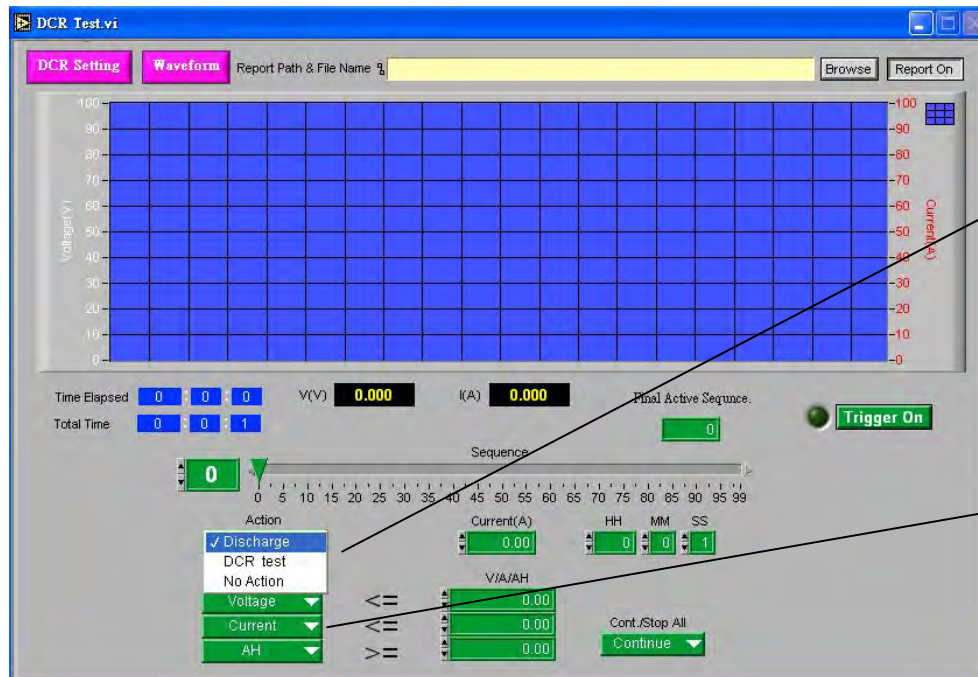
設定如何量測DCR的參數



直流阻抗檢驗軟體

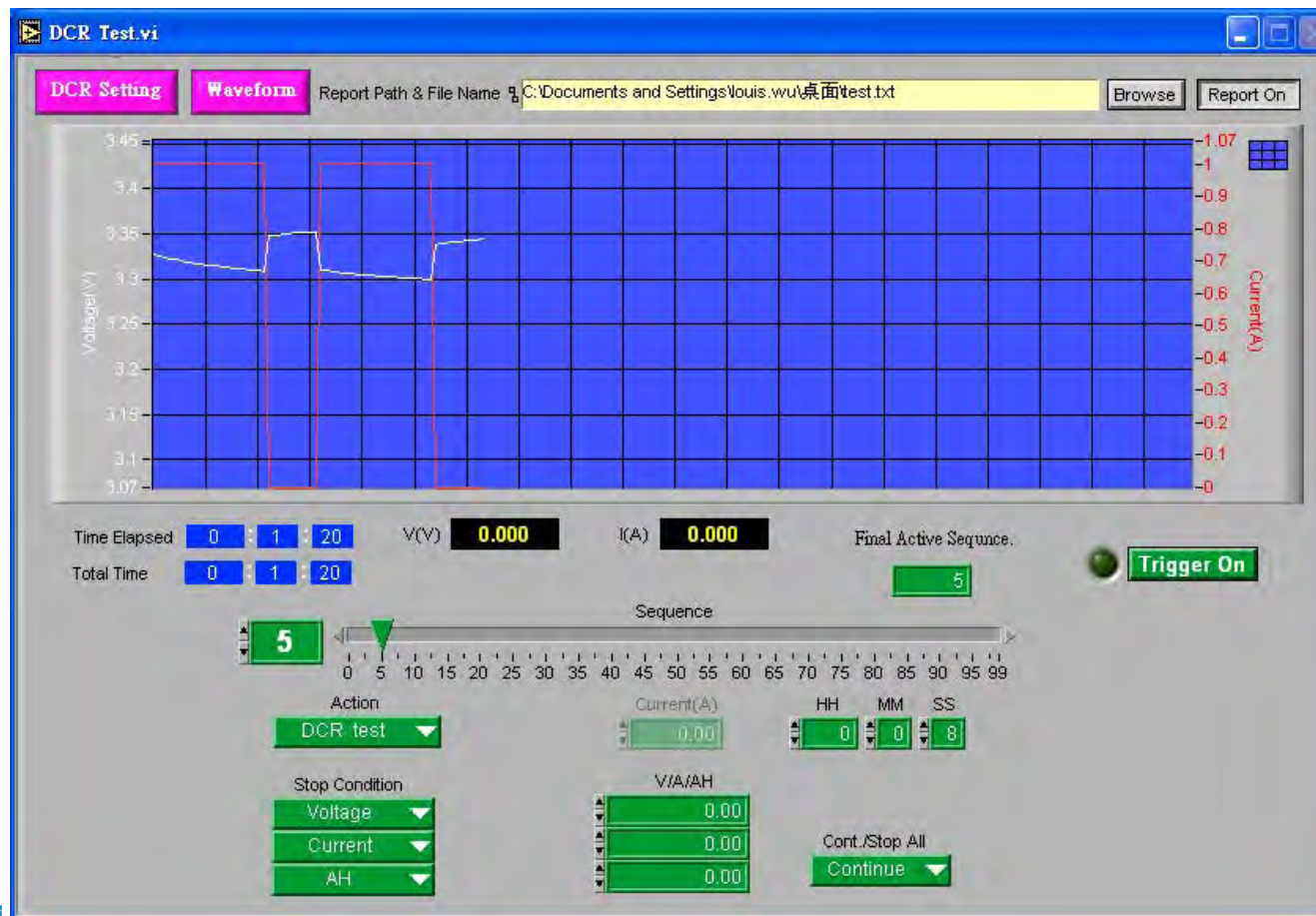
控制軟體: Chroma Battery DCR Measurement Software

1. 編輯放電程序及測試DCR的動作, 可自動測試電池於不同SOC下的DCR.
2. 一般先將電池充飽電後, 以放電/靜置/DCR的程序來進行.



直流阻抗檢驗軟體

控制軟體: Chroma Battery DCR Measurement Software 測試進行中的畫面



直流阻抗檢驗軟體

控制軟體: Chroma Battery DCR Measurement Software

測試結果報告

test.txt - 記事本

檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

Battery Charge/Discharge Testing Report

===== Setting =====

Sequence	Action	Current(A)	Duration(Sec)	Stop Condition
0	Discharge	1.00	0:0:22	Voltage <=
1	No Action	0.00	0:0:10	Don't care
2	DCR	0.00	0:0:8	Don't care
3	Discharge	1.00	0:0:22	Voltage <=
4	No Action	0.00	0:0:10	Don't care
5	DCR	0.00	0:0:8	Don't care

===== DCR =====

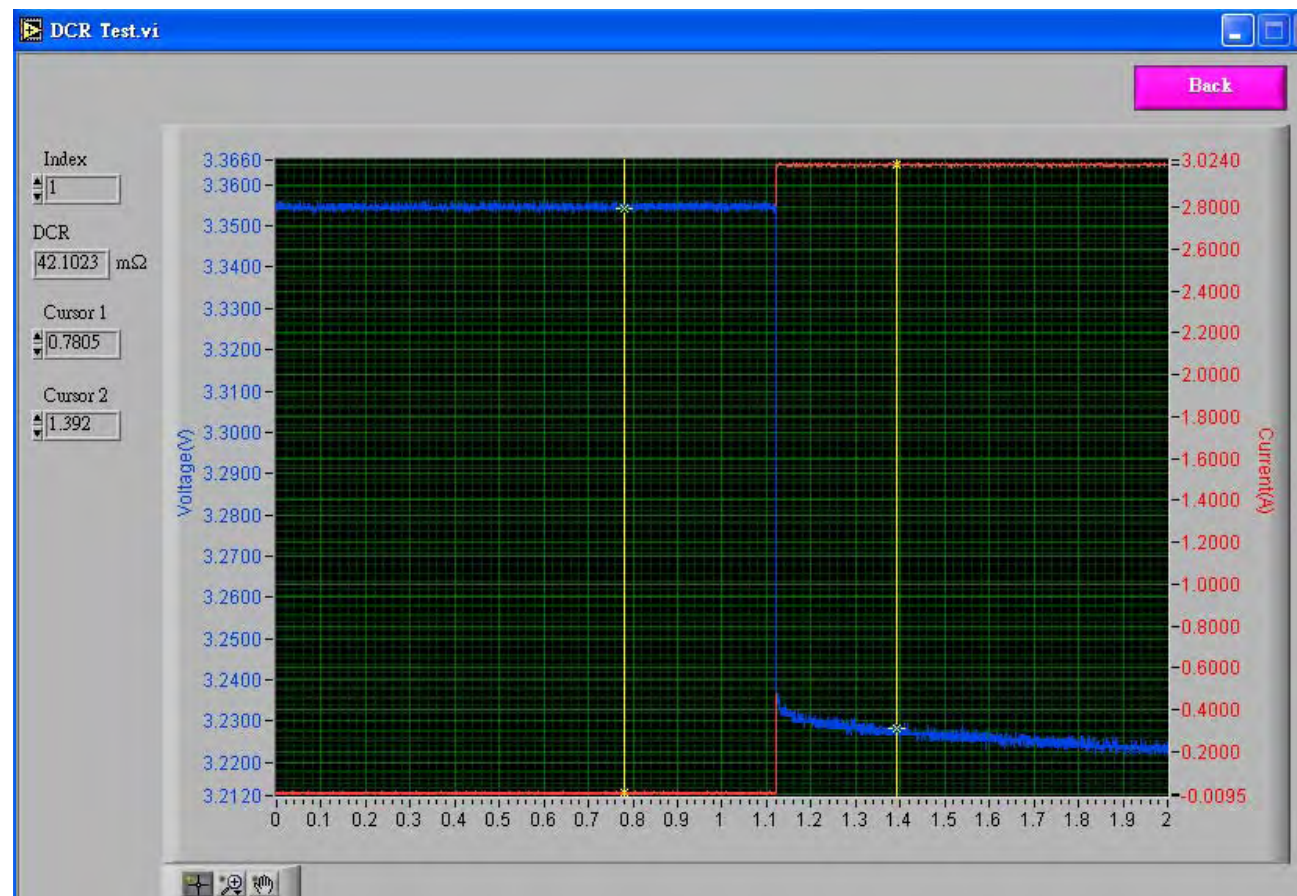
39.695
38.756

===== Reading =====

Date/Time	Voltage(U)	Current(A)	mAh(mAh)
2010/11/15 05:12:35	3.3269	1.001700	0.278250
2010/11/15 05:12:36	3.3251	1.001700	0.556500
2010/11/15 05:12:37	3.3237	1.001800	0.834778
2010/11/15 05:12:38	3.3226	1.001700	1.113028
2010/11/15 05:12:39	3.3214	1.001700	1.391278
2010/11/15 05:12:40	3.3203	1.001700	1.669528
2010/11/15 05:12:41	3.3194	1.001700	1.947778
2010/11/15 05:12:42	3.3184	1.001600	2.226000
2010/11/15 05:12:43	3.3175	1.001500	2.504194
2010/11/15 05:12:44	3.3167	1.001600	2.782417

直流阻抗檢驗軟體

控制軟體: Chroma Battery DCR Measurement Software 量測DCR電壓電流波形分析



- 
1. Battery cell 直流阻抗量測
 2. **Battery Pack** 充放電軟體簡介
 3. Battery Pack 動態放電模擬測試

Battery Module 品保信賴性測試

1. 依據需要充放電的規格, 選擇Chroma的直流電源及電子負載來整合.
2. 使用軟體去設定及編程, 做到自動化充放電測試
3. 可選擇控制記錄器做溫度量測, 監控電池在充放電過程中的溫度變化。



Battery Module 信賴性測試

若以此圖為例, 此 module約為 $2.5\text{AH} \times 20 = 50\text{AH}$, $3.7\text{V} \times 7 = 25.9\text{V}$

若要對此module進行充放電測試
(電流1.5C), 則須要

1. 直流電源:
Model 62024P-40-120
(2.4KW/40V/120A)



圖說: 將 140 個(並列 20 個 $\times$ 7 排)18650 規格(直徑 18mm $\times$ 高 65mm)的電池 Cell 做成一個模組。粉紅色排列的產品由 20 個電池並列所組成。

資料來源: NIKKEI BP, MIC 整理, 2010 年 6 月

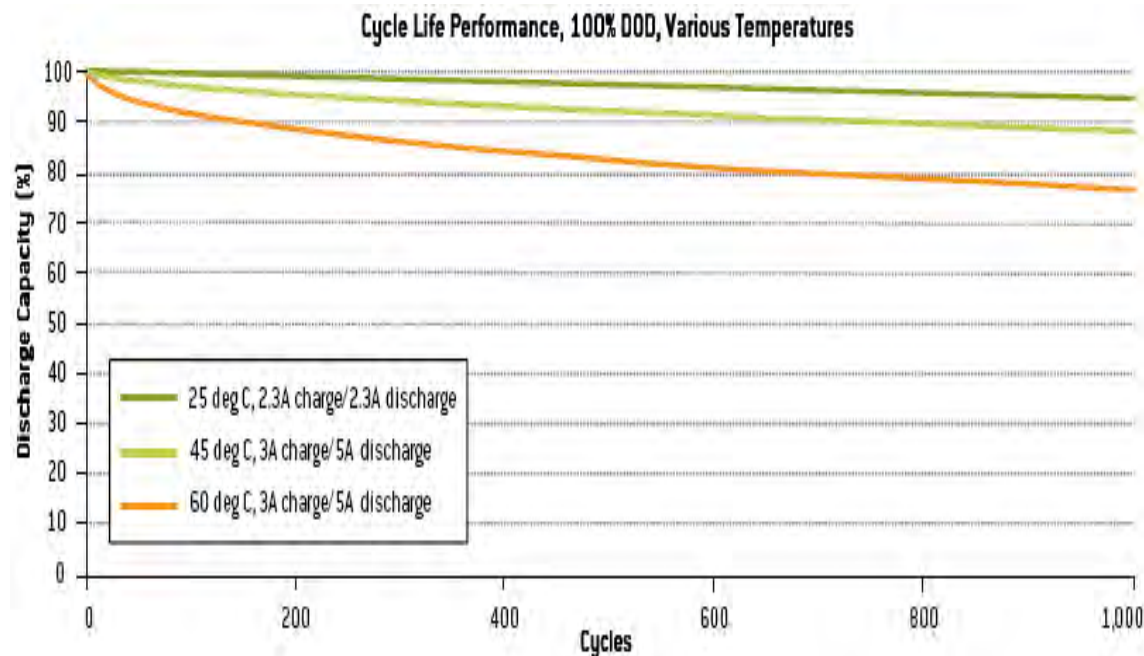
2. 電子負載:
Model 63201
(2.6KW/80V/300A)



Battery Module 信賴性測試

此系統可方便RD/品保及產線測試電池的:

- a. 容量測試(Capacity Test)
- b. 放電性能測試(Discharge performance)，在不同的放電率下得到C-V曲線
- c. 循環壽命測試 (Endurance in Cycles)



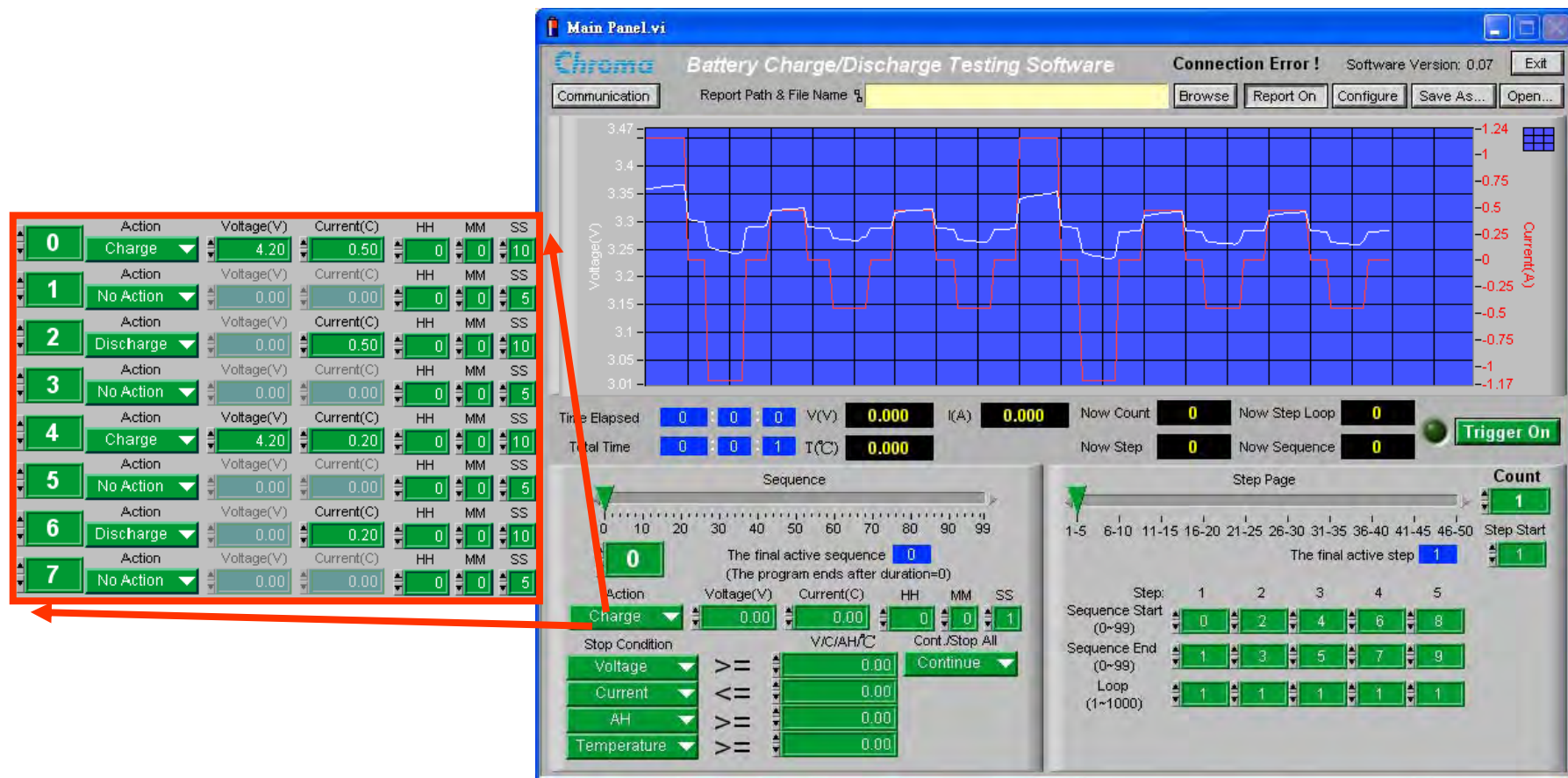
Chroma



Working on Better Solutions

Battery Module 信賴性測試

編輯測試Sequence充電/放電/靜置, 測試迴圈的設定, 及停止的條件.



Battery Module 信賴性測試

0.2C充電 5秒 or 截止電壓為3.6V

靜置 3秒

0.2C放電 5秒 or 截止電壓為3.0V

靜置 3秒

Step 1	Action	Voltage	Current	Duration	Stop condition
Sequence 0	Charge	5V	0.2C	5	Voltage>3.6V
Sequence 1	No Action	--	--	3	--
Sequence 2	Discharge	--	0.2C	5	Voltage<3.0V
Sequence 3	No Action	--	--	3	--

重覆1次

Loop = 1

重覆2次

Count = 2

0.5C充電 5秒or 截止電壓為3.6V

靜置 3秒

0.5C放電 5秒or 截止電壓為3.3V

靜置 3秒

Step 2	Action	Voltage	Current	Duration	Stop condition
Sequence 4	Charge	5V	0.5C	5	Voltage>3.6V
Sequence 5	No Action	--	--	3	--
Sequence 6	Discharge	--	0.5C	5	Voltage<3.3V
Sequence 7	No Action	--	--	3	--

重覆3次

Loop = 3

Battery Module 信賴性測試

產生測試報表, 供分析檢驗

test1.txt - 記事本

檔案(E) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

Battery Charge/Discharge Testing Report

===== Setting =====

IC: 2.300(A)
Count: 2
Sample time: 1(S)

Sequence	Action	Voltage(V)	Current(C)	Duration(Sec)	Stop Condition	Voltage	Stop Condition
0	Charge	4.20	0.50	0:0:10	Voltage >=	4.40	Current <=
1	No Action	0.00	0.00	0:0:5	Don't care	-----	Don't care
2	Discharge	0.00	0.50	0:0:10	Voltage <=	2.00	Current <=
3	No Action	0.00	0.00	0:0:5	Don't care	-----	Don't care
4	Charge	4.20	0.20	0:0:10	Voltage >=	4.40	Current <=
5	No Action	0.00	0.00	0:0:5	Don't care	-----	Don't care
6	Discharge	0.00	0.20	0:0:10	Voltage <=	2.00	Current <=
7	No Action	0.00	0.00	0:0:5	Don't care	-----	Don't care

Step	Seq. Start	Seq. End	Loop
1	0	3	1
2	4	6	2
3	7	7	1
4	8	8	1
5	9	9	1

===== Reading =====

Date/Time	Voltage(V)	Current(A)	Capacity(Ah)	Remaining Capacity(%)
2008/12/25 19:06:42	3.3590	1.162132	0.000323	100.032%
2008/12/25 19:06:42	3.3595	1.162140	0.000646	100.065%
2008/12/25 19:06:44	3.3615	1.162082	0.000968	100.097%
2008/12/25 19:06:44	3.3620	1.161999	0.001291	100.129%
2008/12/25 19:06:46	3.3630	1.161874	0.001614	100.161%
2008/12/25 19:06:46	3.3635	1.161849	0.001937	100.194%
2008/12/25 19:06:48	3.3645	1.161799	0.002259	100.226%
2008/12/25 19:06:48	3.3650	1.161882	0.002582	100.258%
2008/12/25 19:06:50	3.3660	1.161891	0.002905	100.290%
2008/12/25 19:06:50	3.3660	1.161808	0.003228	100.323%
2008/12/25 19:06:51	3.3060	-	-	100.323%
2008/12/25 19:06:53	3.3025	-	-	100.323%
2008/12/25 19:06:53	3.3020	-	-	100.323%

- 
1. Battery cell 直流阻抗量測
 2. Battery Pack 充放電軟體簡介
 3. **Battery Pack 動態放電模擬測試**

Battery Module 放電性能測試

一般電子負載或放電機, 都只能固定放電模式.

穩定電流 (CC, CR, CP mode)

動態電流: 固定週期



實際動力電池應用, 其放電波形是不規則形, 不同電池容量雖然容量標示一樣, 因為材料及BMS的差異, 放電效率會不一樣, 實際應用時, 導致行駛距離也會不同.

建議不僅充放電壽命測試, 還需要以實際電流波形對電池做放電測試, 做為評價電池的一種方法, 也可為選擇電池材料或BMS的依據.

Chroma電子負載

任意電流仿真測試: Chroma電子負載提供類比訊號輸入(0-10V),
可直接控制拉載電流.

63600 模組式負載

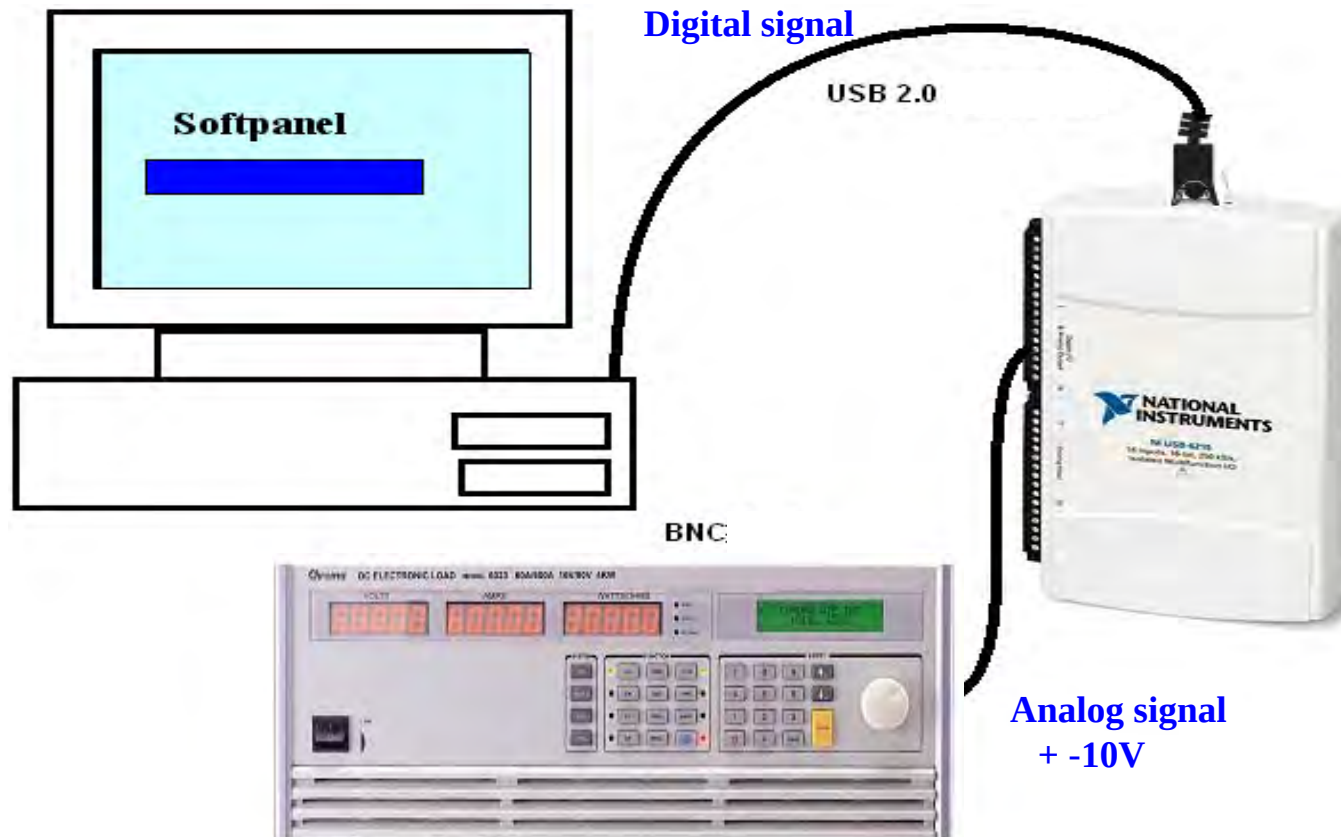


63200大功率負載(2.6KW-14.6KW)



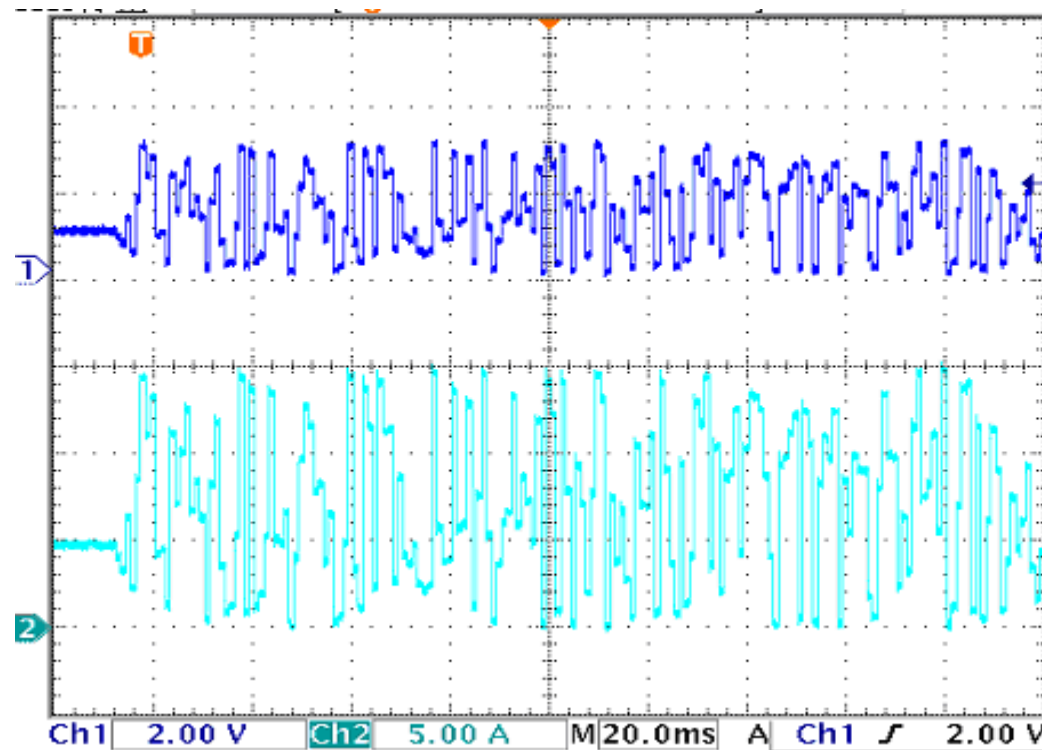
動態放電架構

E-load + Software: 能讀取數位檔案(.xls), 透過dc/ac converter 轉為類比訊號直接控制E-load的拉載電流.



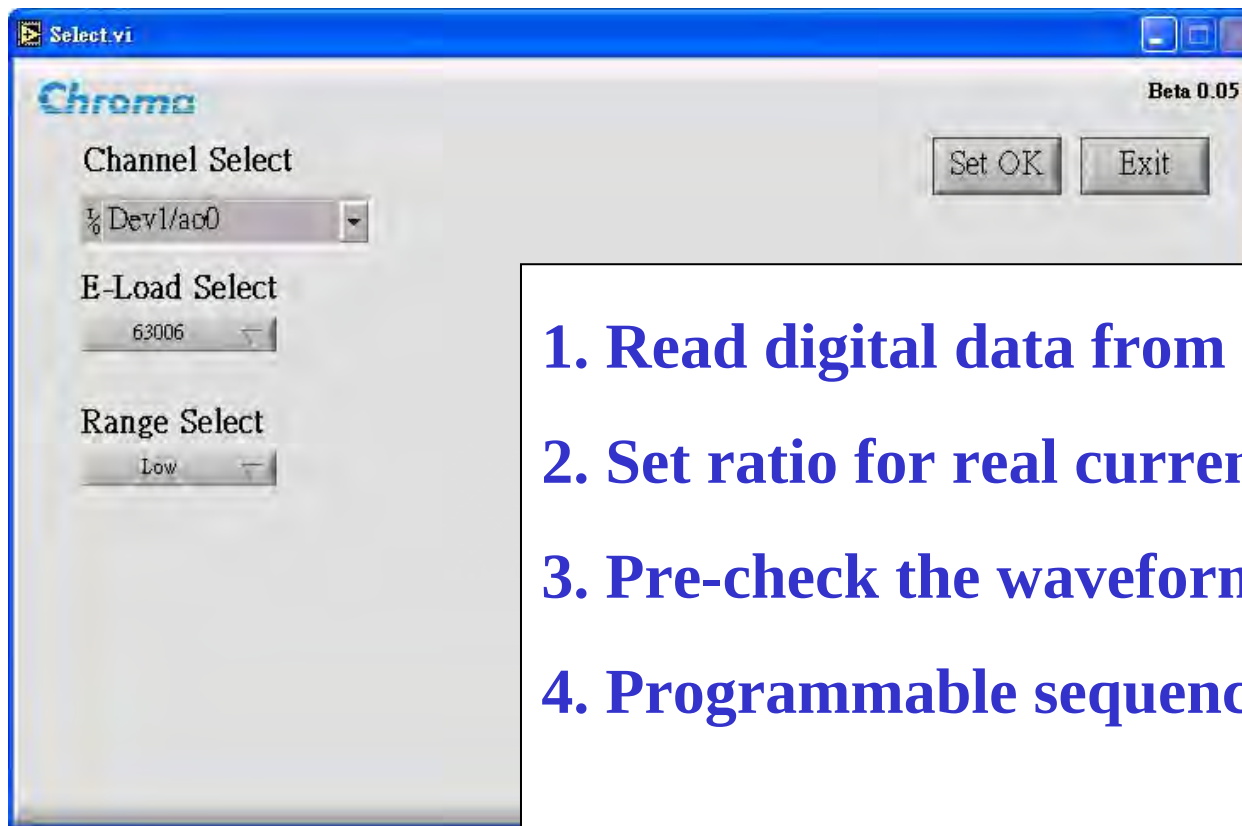
電子負載動態放電

E-load 的類比輸入控制, 相對頻寬要夠高, 電流波形才能不失真.
Chroma 電子負載頻寬 > 20KHz



Battery Module動態放電測試

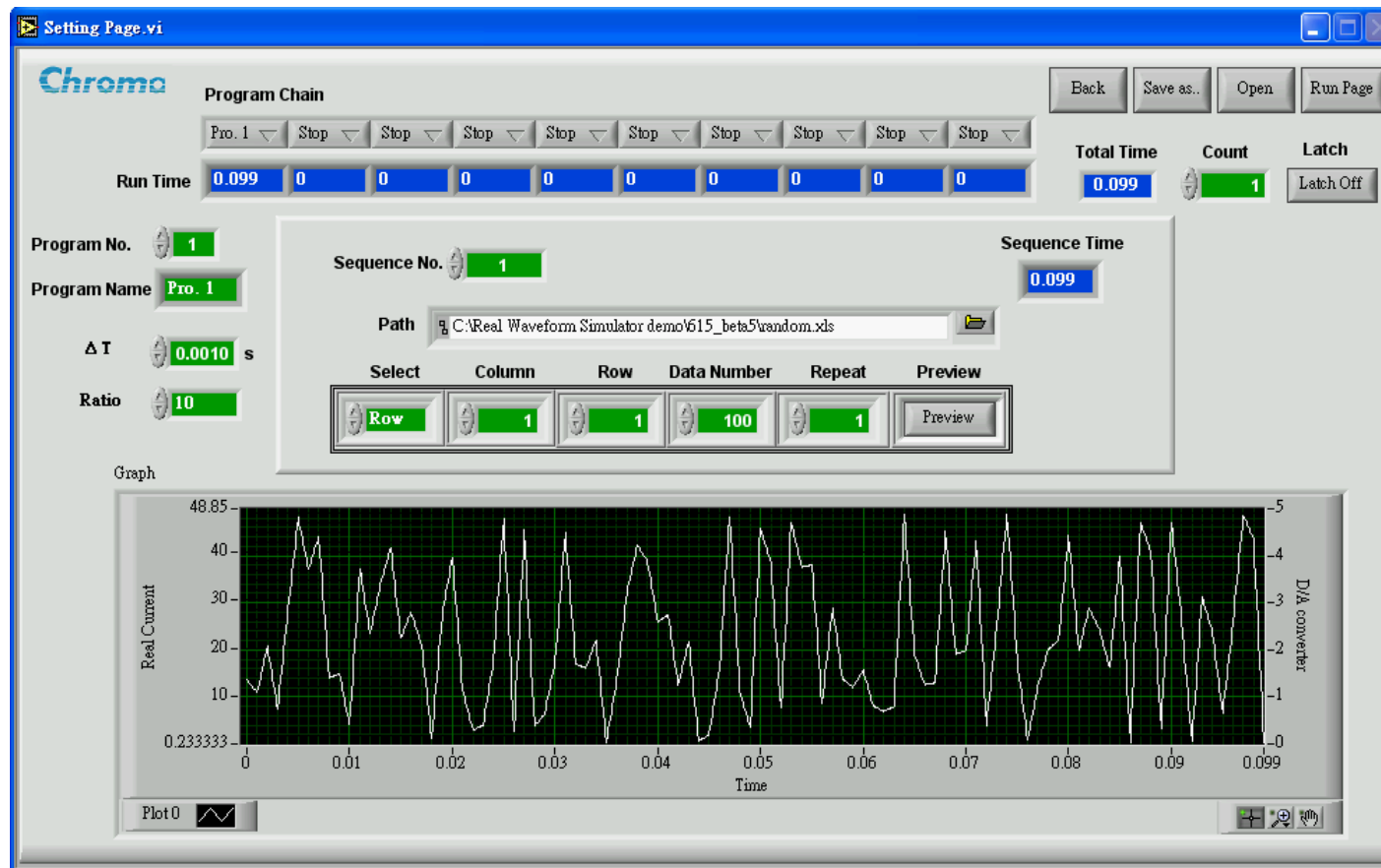
Dynamic Current Waveform Simulator Software:



1. Read digital data from files (Excel)
2. Set ratio for real current
3. Pre-check the waveform
4. Programmable sequences

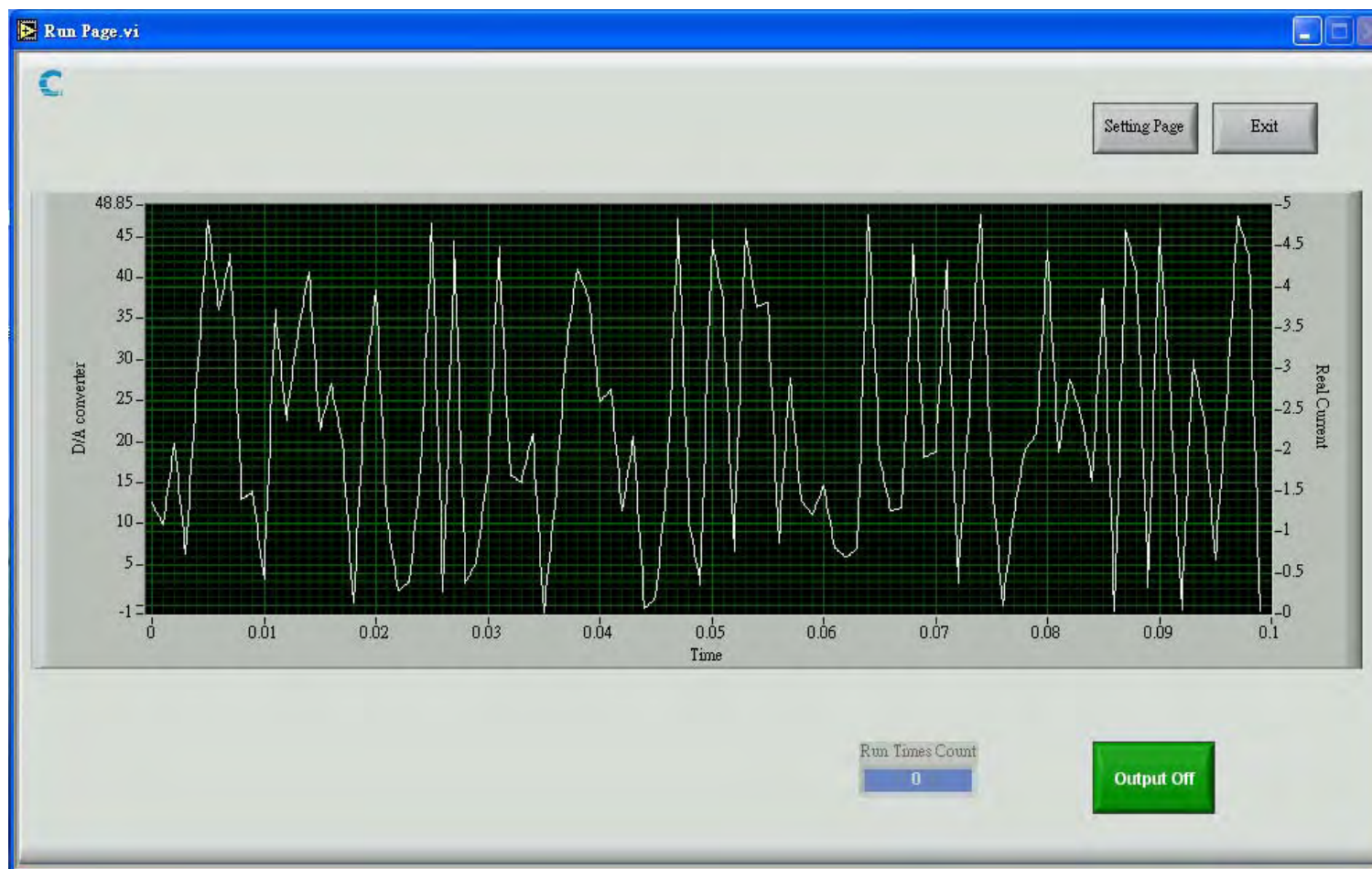
Battery Module動態放電測試

編輯測試Sequence放電的設定, 及E-load 停止的條件, 並計算電池放電量(取樣1Hz).



Battery Module動態放電測試

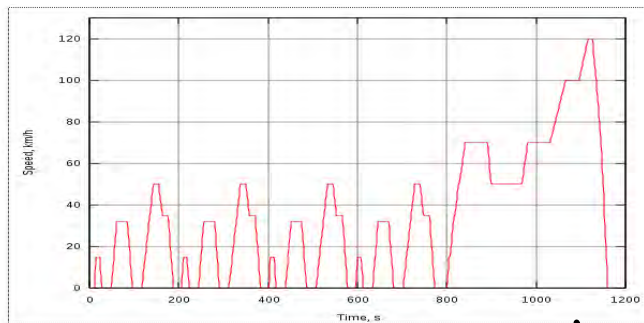
放電執行畫面



Battery Module動態放電測試

長時間的不規則波形, 使用**Recorder**紀錄(**Fluke 199**)下, 可存為**Excel**檔.
再由**Software**來讀取, 重現.

- a. New European Drive Cycle
- b. Federal Urban Driving Schedule



Excel file
存入電腦



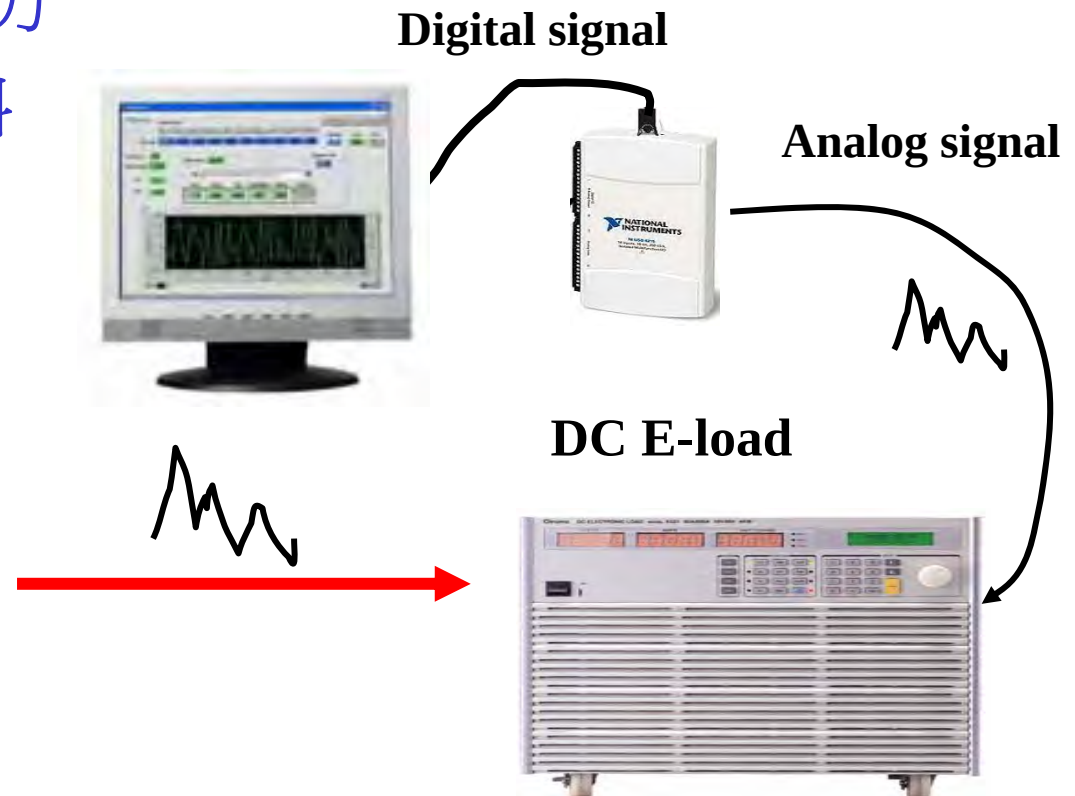
Battery Module動態放電測試

在實驗室中做重複性的測試, 不需要開車實測.

1. 車廠評估電池模組續航力
2. 模組廠評估電池cell材料



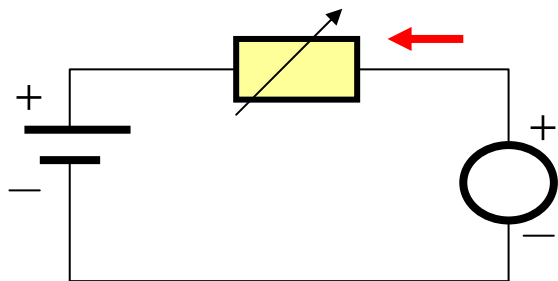
Prius battery pack.



Battery Module動態充電測試

模擬電動車煞車電流回充電池的狀況

1. 雙向式線性電源大功率少, 價格高
2. 一般直流電源速度不夠快
3. 採用直流電源+電子負載



Prius battery pack.



Digital signal

Analog signal

DC Source



Battery Module動態放電測試

短時間的不規則波形, 例如電流surge, 使用示波器紀錄存下.csv 檔
再由Software來讀取, 波形重現.

Ignition coil current test for battery

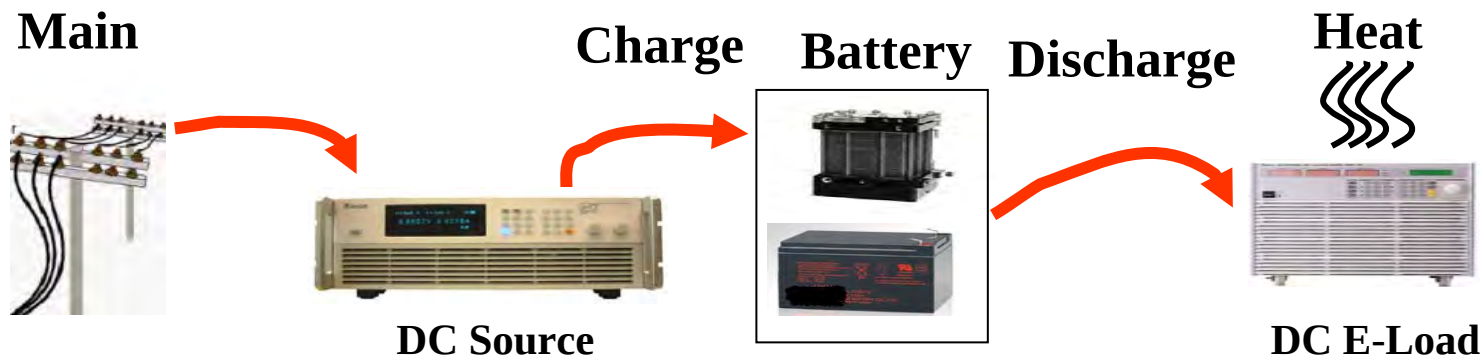


結 論

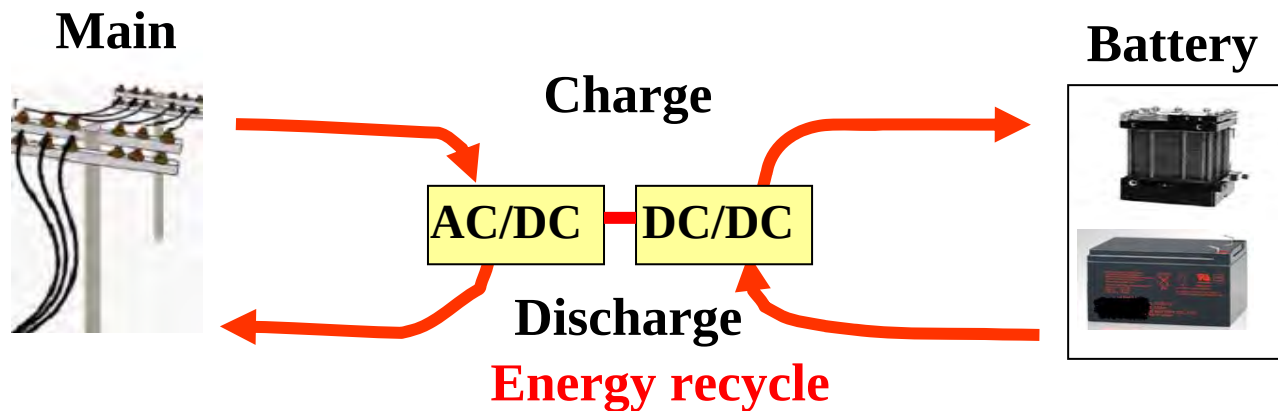
1. 動力電池的應用越來越廣，對特性的要求也更嚴格
2. 電池於不同組成階段，有不同的測試要求
3. 電池測試不限於單純穩態充放電的壽命測試
4. 充份利用充放電儀器的幫助，有助於更了解電池特性，
或設計出更好的產品

可回收式充放電測試儀(開發中)

傳統: 放電時將能量以熱能消耗掉



新概念: 可兼顧充放電功能的測試儀, 且可將放電時的能量回授到市電.



可回收式充放電測試儀(開發中)

Battery charge/discharge test:

研發品保單位 Life cycle test, reliability test, performance test
可外加控制溫溼度控制箱.



Chamber

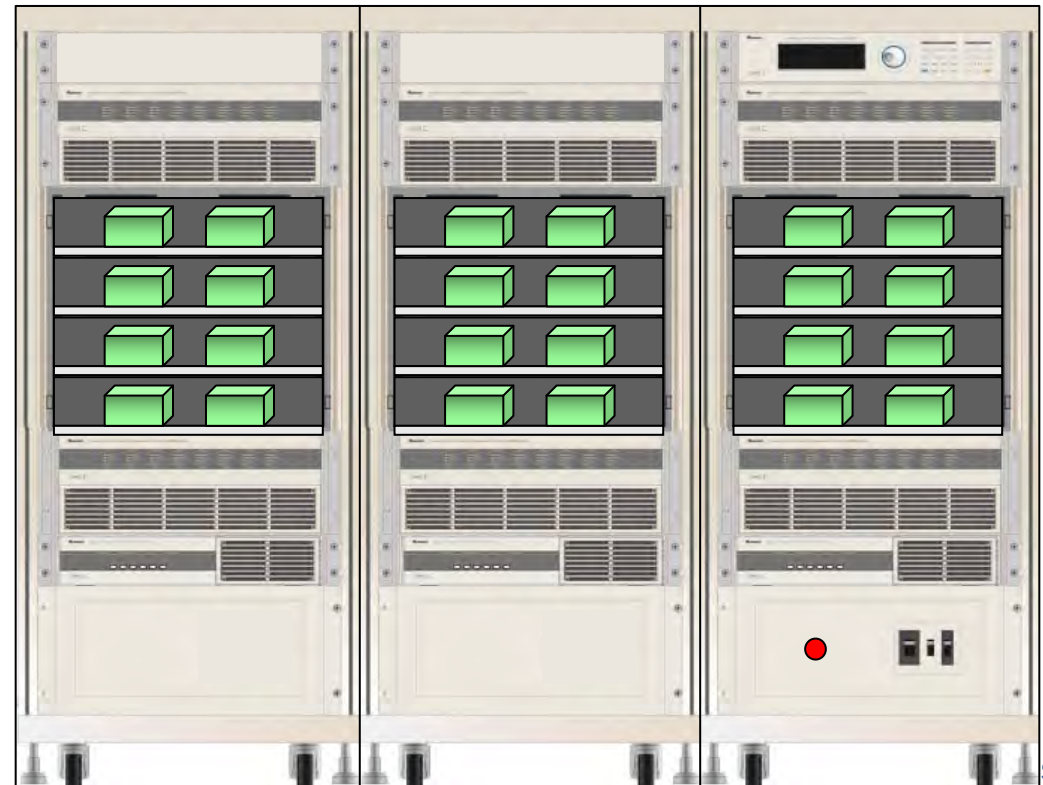
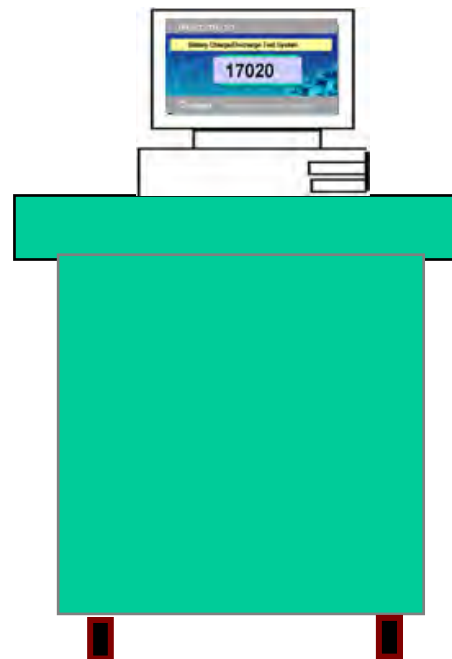
可回收式充放電測試儀(開發中)

Battery Pack Charge/Discharge Test System 17020:

A691101 x 3 + 69266-60-8 x 6 + 69200-1

Total : 24 Channels (Parallel 2 to 1 channel)

Each channel: 60V/24A/1200W



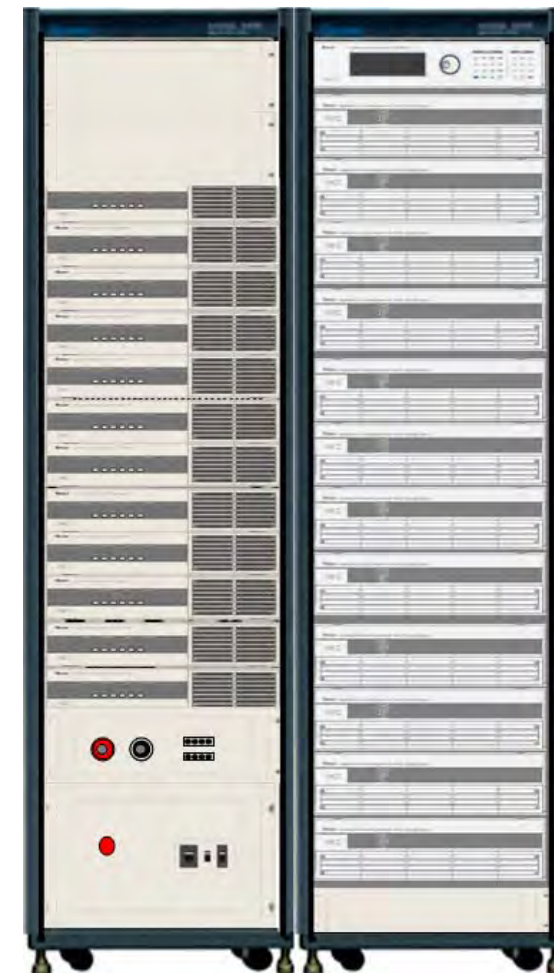
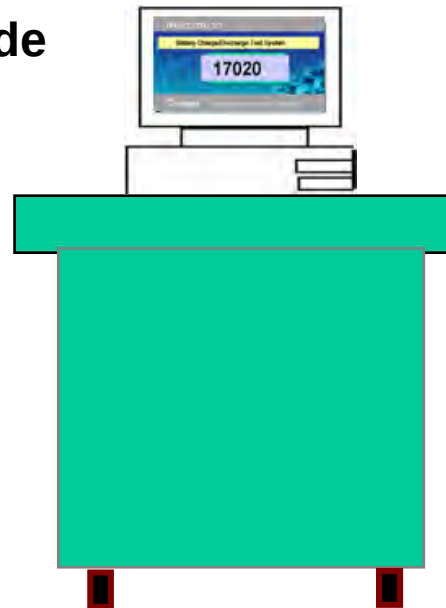
可回收式充放電測試儀(開發中)

Battery Pack Charge/Discharge Test System 17020:

600V / 300A / 115.2KW Charge/Discharge
(可擴充)

Charge: CC, CV, CP Mode

Discharge: CC, CV, CP Mode



41U

致力創新 追求卓越



Thank you very much