

3310F/G 電子負載及6020 ATE 提供 BMS 電池管理系統測試驗證解決方案 (Battery Management system)



手持式裝置(筆電、平版及手機)已經越來越普遍，前述裝置內部均包含可充電的鋰電池，另外車輛裝置如電動自行車、電動機車及電動汽車也都搭載容量不同的可充電電池，由於電池是能源動力的來源，除了供應裝置所需的電力外，還需處理異常狀況，避免產生起火燃燒，甚至爆炸的發生，所以幾乎所有二次充電電池都會搭配電池管理系統(BMS)來確保安全。

具體來說，電池管理系統(BMS)是一塊電路板，它與二次充電電池相連接BMS電路板內能監控電池電壓、充電電流、放電電流、溫度及控制連接充電及放電開關，它必須在異常狀況或有危險狀態下，將電池與充電器或與裝置斷開，避免起火燃燒或爆炸得情形產生，所謂的異常狀況是指：

- a. 過電流，包括充電電流與放電電流兩種模式
- b. 充電時過高電壓
- c. 放電時，過度放電時的過低電壓(Under-Voltage)
- d. 過高溫度
- e. 過低溫度



BMS為確保電池能夠工作於安全工作區域內，所以具有一內部開關(通常是MOSFET 半導體固態開關)，當電池工作於安全區域外時，此一內部開關會斷路(OPEN)來確保電池安全。

在電池搭配BMS電路板前，必須先單獨測試驗證BMS電路，針對各種異常狀況能夠按照設計來運作，這樣才能確保安全無慮，最後將電池單元與BMS組合為成品後，再做最終成品的測試驗證達到零瑕疵的品質要求。

PRODIGIT針對BMS測試認證有完整的測試解決方案有2種，分別是在電子負載3310F/G系列內部增加測試BMS功能以及6020 ATE的自動測試系統，本文僅針對電子負載內部增加BMS測試功能部份加以說明，在3310F/G系列負載選購增加BMS測試功能後，包括電池充電、放電及溫度等條件都能精確模擬，並能夠快速測試BMS動作的實際參數，如過充或過放電流及動作時間等模擬，另外可模擬過高過低溫度，來驗證充電或放電是否降低等，關於BMS的溫度測試部份請參考”電池充電器溫度測試解決方案”一文

以下逐一說明3310F/G系列BMS Option的功能與操作，提供BMS電路板測試驗證的解決方案。

1. BMS 的短路，過充電流，過放電流保護原理

BMS 電路保護原理如下圖，是透過關閉 MOSFET (回路電流=0A) 來達到保護電池功能。

在 BMS 內，MOSFET 開關是雙向的，在正常狀態下二個開關都是 ON 的；由於 2 個 MOSFET 開關有 $R_{ds\ ON}$ 電阻，電流流過會產生壓降，電池 BMS 就靠此特性用來偵測充電與放電電流之用，下圖所示 MOSFET 開關狀態是過放電電流狀態，IC 第 3 腳控制 MOSFET 為 ON，此時放電開關為 OFF (由 IC 第 1 腳控制)。

當 BMS 偵測到短路，過放電流或電池過低電壓時，會將放電開關 OFF 來保護電池安全。

當 BMS 偵測到過充電流或電池過高電壓時，會將充電開關 OFF 來保護電池安全。

當電池被意外短路或過流時，IC 第 2 腳的電壓 (MOSFET 的導通電阻的分壓) 大於過流檢出電壓時，IC 第 1 腳放電端輸出低電平，放電 MOSFET 斷開，停止放電。

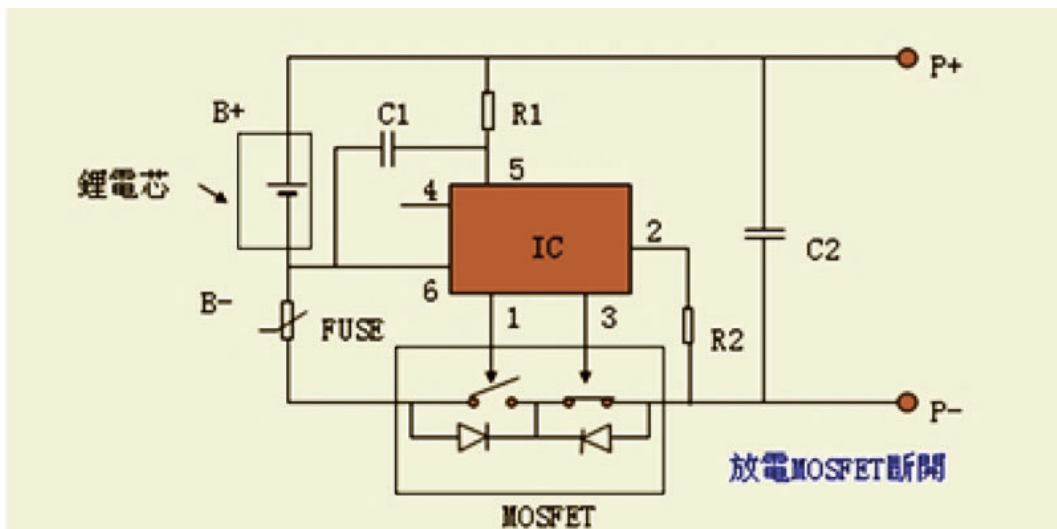
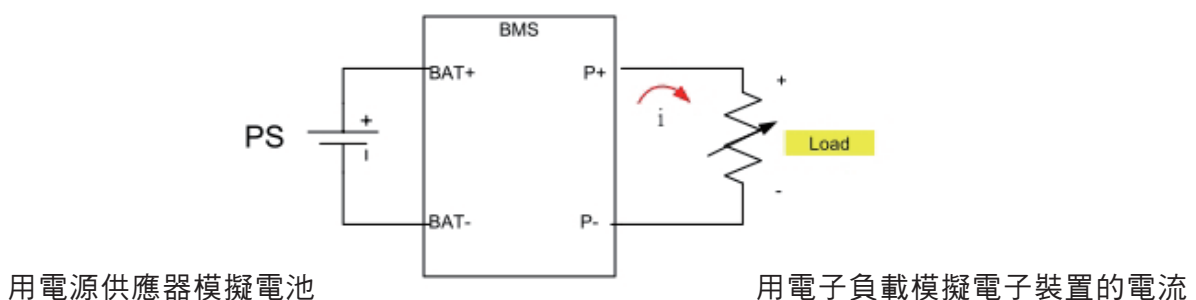


圖1 BMS 的內部架構

2. 短路保護 (SHORT) 測試方法：電源 (PS) & LOAD 連接如圖 2，LOAD 測試程序如圖 3。

在短路保護測試模式下，電子負載會拉載到該機型的最大電流值 (例如 3311F/G 為 60A) 同時啟動計時器來計算實際流過 BMS 的時間 (註：此時間係指超過所設定閾值電流 I_{th} 到 BMS 動作 MOSFET 開關 OFF，即低於所設定閾值電流 I_{th} 之間的時間，除此之外電子負載會測量實際的最大短路電流值，圖 4 為 4000 mAh 行動電源使用 3311F/G BMS 測試的示波器電流波形 (左圖) 及電子負載上電錶顯示短路最大實際電流與短路保護反應時間 (右圖)。



用電源供應器模擬電池

用電子負載模擬電子裝置的電流

圖2

SHORT Protection Test Procedure

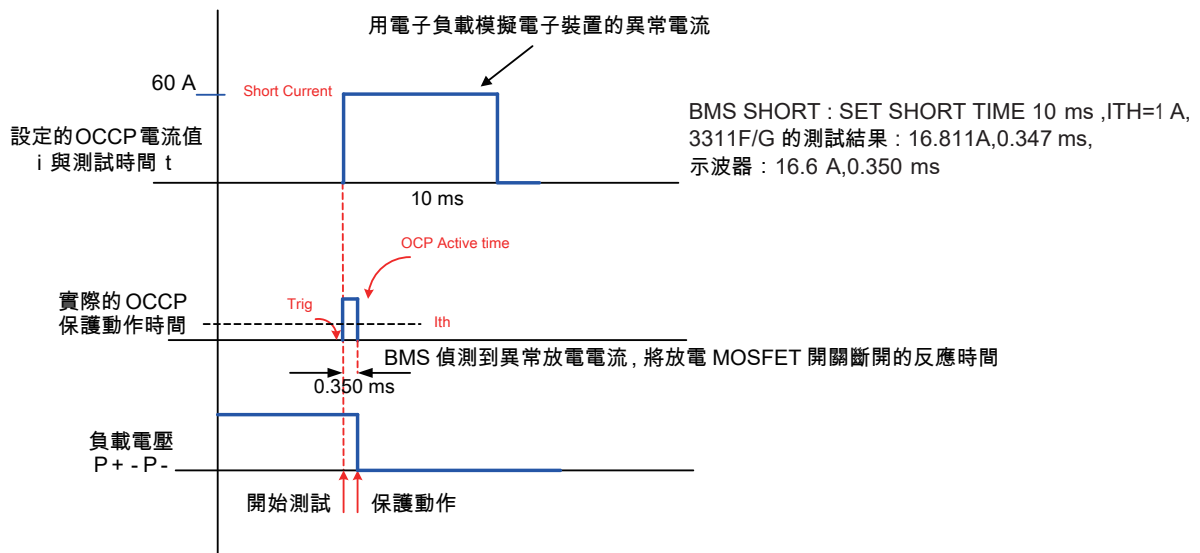


圖3 3311F/G的BMS短路電流測試程序圖

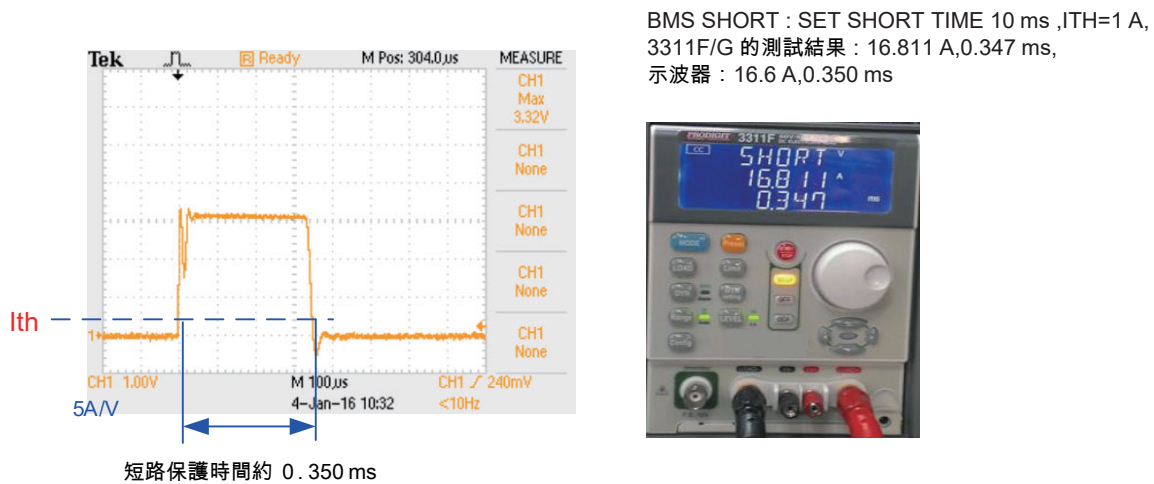


圖4 4000 mAh Power Bank 實際短路測試波形

3. 過充電流保護(OCCP)測試方法：測試方式分為單脈衝及連續Step 脈衝，單脈衝可用於快速測試時使用適合生產線的大量快速測試之用，連續Step 脈衝則可用於掃描實際過電流保護點，適合研發等需要精確的動作點電源(PS) & LOAD連接及測試程序如圖5。

3.1 單脈衝的過電流保護測試模式下，電子負載會拉載到所設定的電流值，(例如 3311F/G為0 到 60 A 之間的電流值)，此時電子負載會測量實際的最大過電流保護值與過電流的動作反應時間值，圖6為 3311F/G單脈衝電流的BMS過充電流測試程序圖，圖7為實際測試結果，左圖為BMS過充電流保護時的示波器電流波形圖，右圖為3311F/G BMS的實際測試過充電流值與保護反應時間。

3.2 連續STEP脈衝的過電流保護測試模式，與單脈衝模式類似，連續STEP脈衝模式除起始的電流設定外，增加了每個STEP的時間，每個STEP增加的電流及最終STEP的電流值，圖8為3311F/G單脈衝電流的BMS過充電流測試程序圖，圖9為實際測試結果，左圖為BMS過充電流保護時的示波器電流波形圖，右圖為3311F/G BMS的實際測試過充電流值與保護反應時間。

連續STEP脈衝模式下，電子負載所測量的最大過電流保護值與過電流的動作反應時間值是在每個STEP下的測量結果，舉例來說，若設定ISTART 為1.000 A OCT TSTEP為500 ms，OCP ISTEP為0.1 A，OCP ISTOP為5.000 A，則測量過程為電子負載先拉載1.000 A並測試電池BMS在500 ms是否動作，若是測量出動作電流值與動作反應時間，若電池BMS在1.000 A下並未動作，則電子負載就依ISTEP設定拉載增加為1.100 A，並測試在500 ms是否動作，若是則測量出在1.100 A下的動作電流值與動作時間，若電池BMS在1.100 A下並未動作，則依上面方式在增加拉載電流到1.200 A，直到在電池BMS測試的最終測試電流值5.000 A為止。

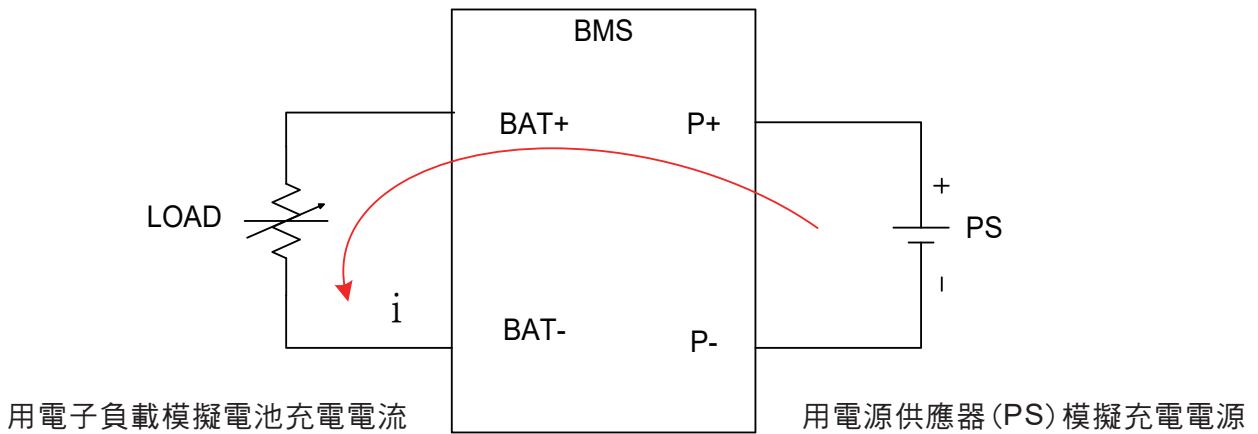


圖5 BMS充電時的等效模擬圖

3.3 單脈衝：快速測試時使用

OCCP(Over Current Charge Protection) Test Procedure

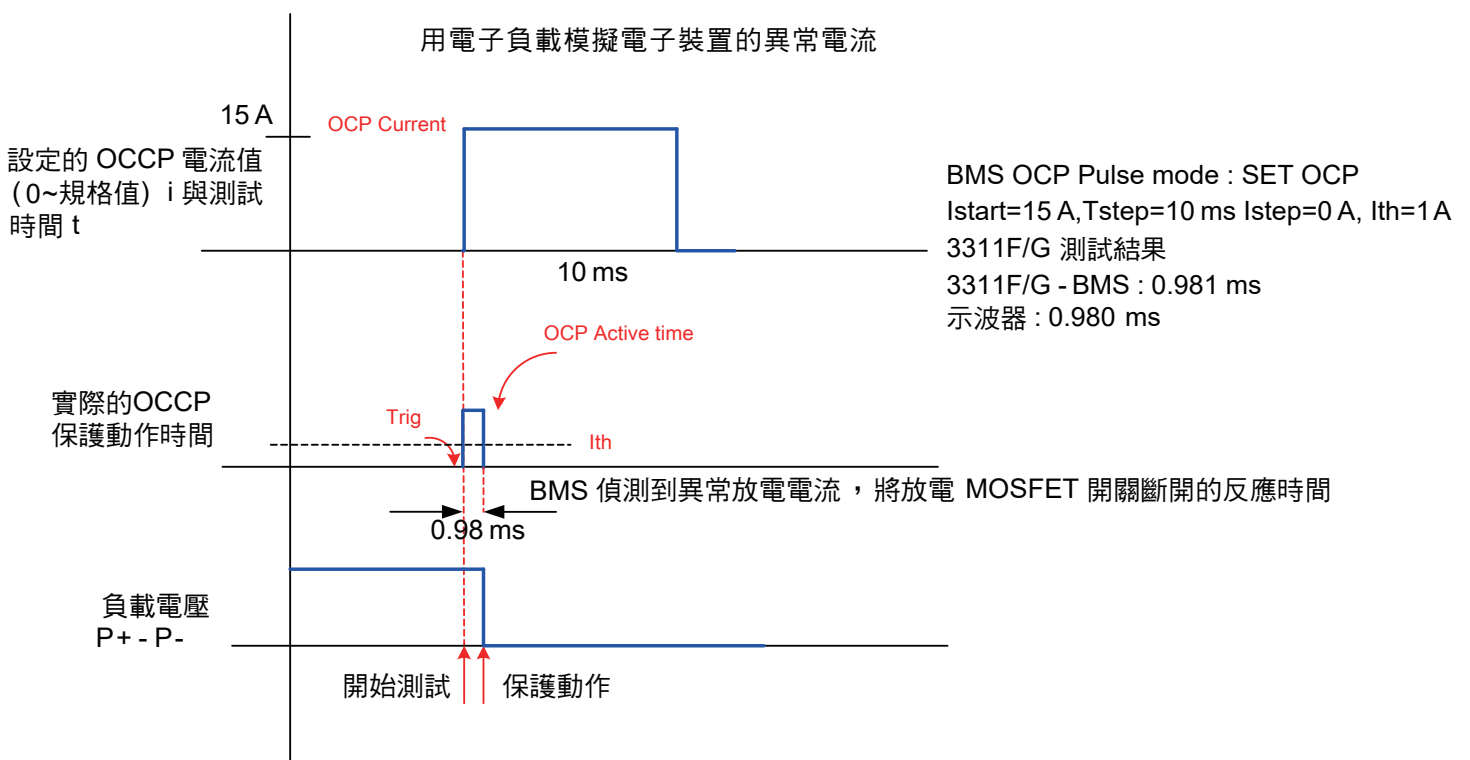
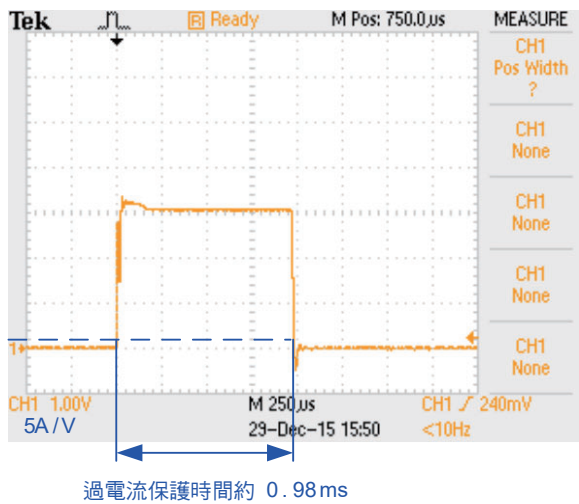


圖6 3311F/G的BMS過充電流測試程序圖 (單脈衝)



BMS OCP Pulse mode : SET OCP
 Istart=15 A, Tstep=10 ms Istep=0 A, Ith=1 A
 3311F/G 測試結果 :
 3311F/G - BMS : 0.981 ms
 示波器 : 0.980 ms



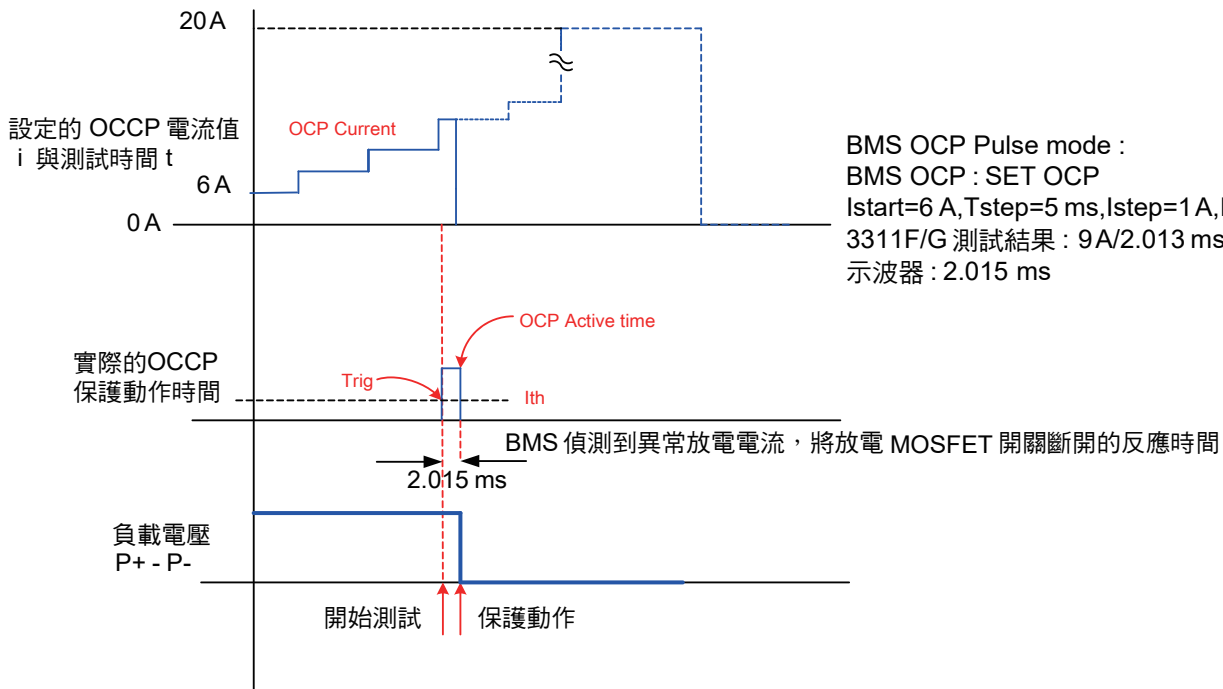
過電流保護時間約 0.98 ms

圖7 3311F的BMS過充電流測試結果 (單脈衝)

3.4 連續Step脈衝：掃描充電時實際過電流保護點時使用

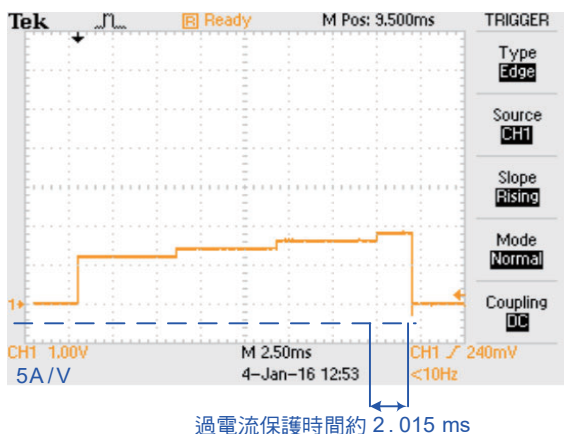
OCCP(Over Current Charge Protection) Test Procedure

用電子負載模擬電子裝置的異常電流



BMS OCP Pulse mode :
 BMS OCP : SET OCP
 Istart=6 A, Tstep=5 ms, Istep=1 A, Ith=1 A, Istop 20 A
 3311F/G 測試結果 : 9A/2.013 ms,
 示波器 : 2.015 ms

圖8 3311F/G 的BMS過充電流測試程序圖 (連續STEP脈衝)

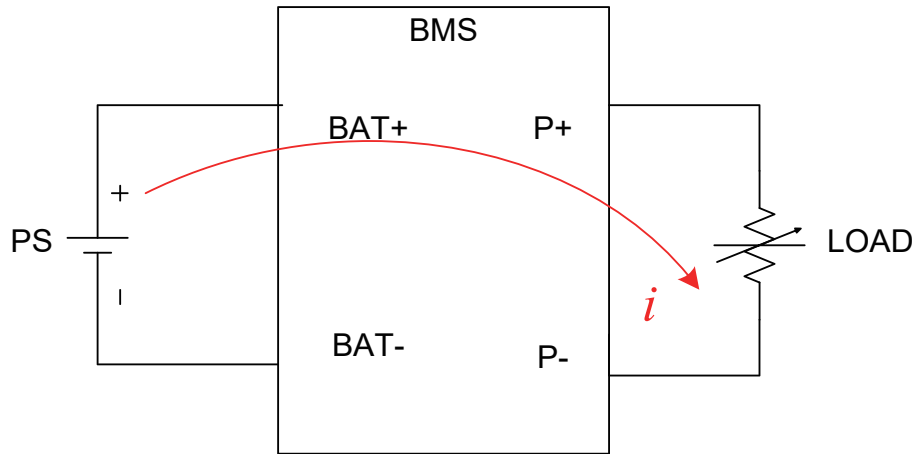


BMS OCP Pulse mode :
 BMS OCP : SET OCP
 Istart=6 A, Tstep=5 ms, Istep=1 A, Ith=1 A, Istop 20 A
 3311F/G 測試結果 : 9 A/2.013 ms,
 示波器 : 2.015 ms



圖9 3311F/G 的BMS過充電流測試結果(連續STEP脈衝)

4. 過放電流保護(OCDP)測試方法：電源(PS)& LOAD連接及測試程序如圖10所示。



用電源供應器 (PS) 模擬電池電源

用電子負載模擬電子裝置的電流

圖10 BMS放電時的等效模擬圖

4.1 單脈衝：快速測試時使用

OCDP(Over Current Discharge Protection) Test Procedure

圖11為3311F/G 單脈衝電流的BMS過放電流測試程序圖，圖12為實際測試結果左圖為BMS過放電保護時的示波器電流波形圖，右圖為3311F/G BMS的實際測試過充電流值與保護反應時間。

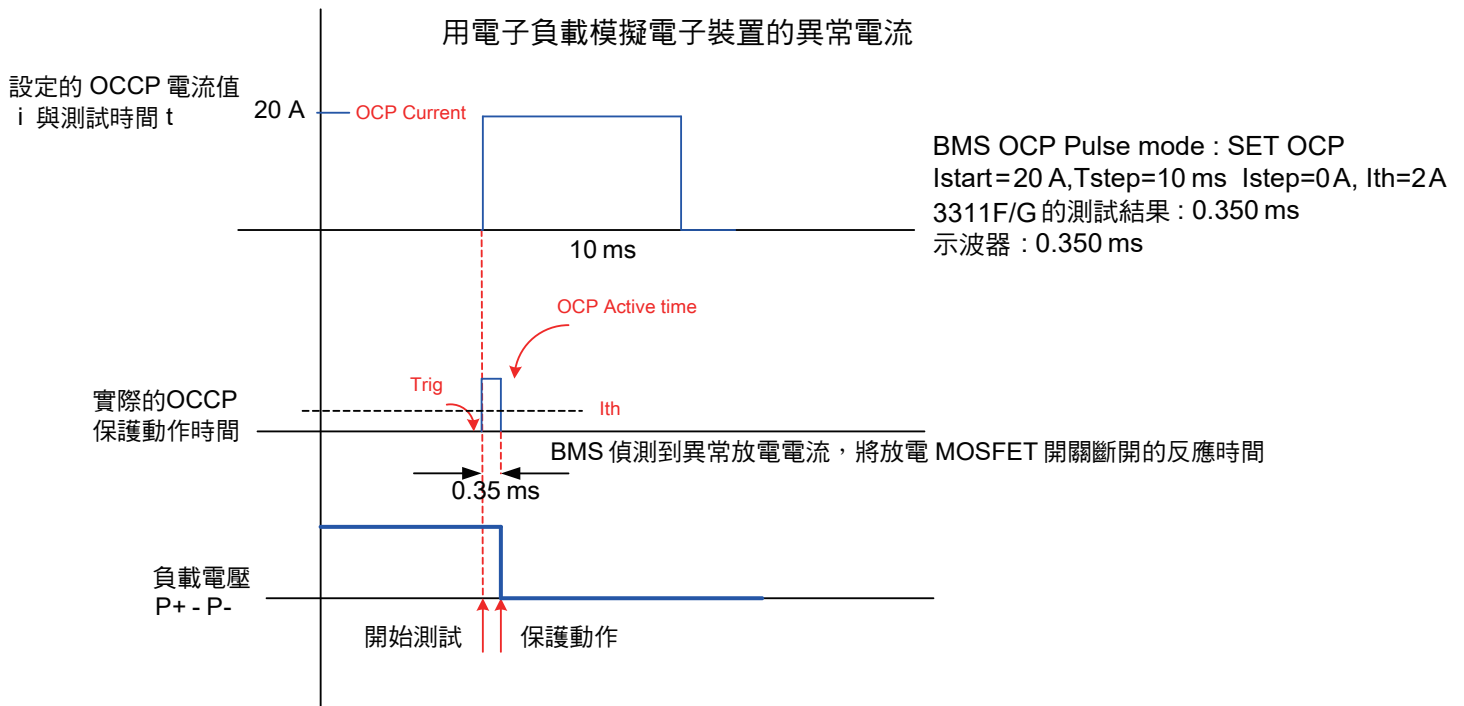
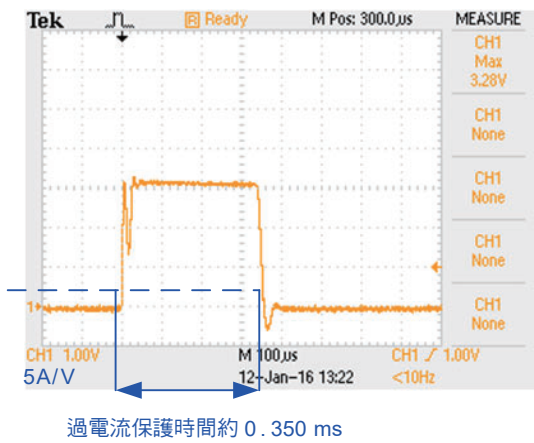


圖11 3311F/G 的過放電流測試程序圖



BMS OCP Pulse mode : SET OCP
 Istart=20 A, Tstep=10 ms Istep=0 A, Ith=2A

3311F/G 的測試結果 : 0.350 ms
 示波器 : 0.350 ms



圖12 3311F/G 的BMS過放電流測試結果(單脈衝)

4.2 連續Step脈衝：掃描放電時實際過電流保護點時使用

OCDP(Over Current Discharge Protection) Test Procedure

圖13為3311F/G 連續脈衝電流的BMS過放電流測試程序圖，圖14為實際測試結果左圖為BMS過放電流保護時的示波器電流波形圖，右圖為3311F/G BMS的實際測試過充電流值與反應時間。

用電子負載模擬電子裝置的異常電流

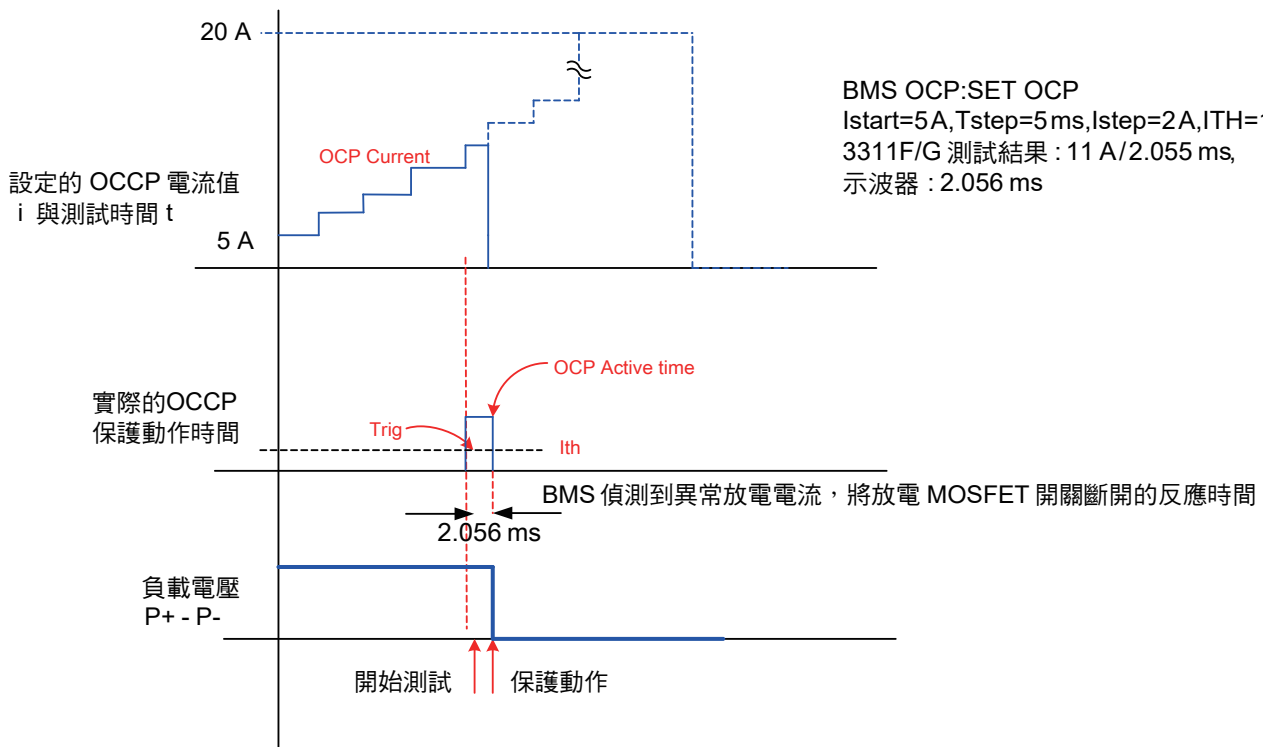
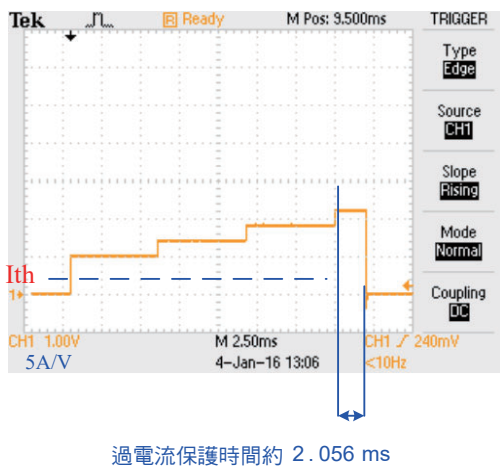


圖13 3311F/G 的BMS過放電流測試程序圖(連續STEP脈衝)



BMS OCP:SET OCP
 Istart=5 A, Tstep=5 ms, Istep=2 A, Ith=1 A, Istop 20 A

3311F/G 的測試結果：11 A/2.055 ms,
 示波器：2.056 ms



圖14 3311F/G 的BMS過放電流測試結果(連續STEP脈衝)

5. 前面已經將電池BMS的功能及實際動作反應做了詳細的解說，電池BMS確實能夠對電池異常電壓電流溫度等情況立即做出保護斷路措施，避免產生危險的發生，由於電池BMS是安全性措施必須要做到100 % 全功能測試驗證，安全才能確保，雖然測試驗證電池BMS可用示波器測量出BMS動作時的電流值及動作反應時間，用示波器在研發階段可以詳細測試是無庸置疑，但在大量生產階段，需要快速且完整測試就有產能產量的限制，博計針對這個困難，特別將電池BMS測試整合在電子負載內除了正常3310F/G系列的功能外再增加電池BMS測試所需的設定測試電流，電流動作值及動作反應計時器都整合在3311F/G BMS Option內，讓大量快速測試驗證電池BMS變成精確可靠又快速的好方法，以下針對 3311F/G - BMS Short, OCCP, OCPD保護功能所提供的測試功能，操作說明如下：

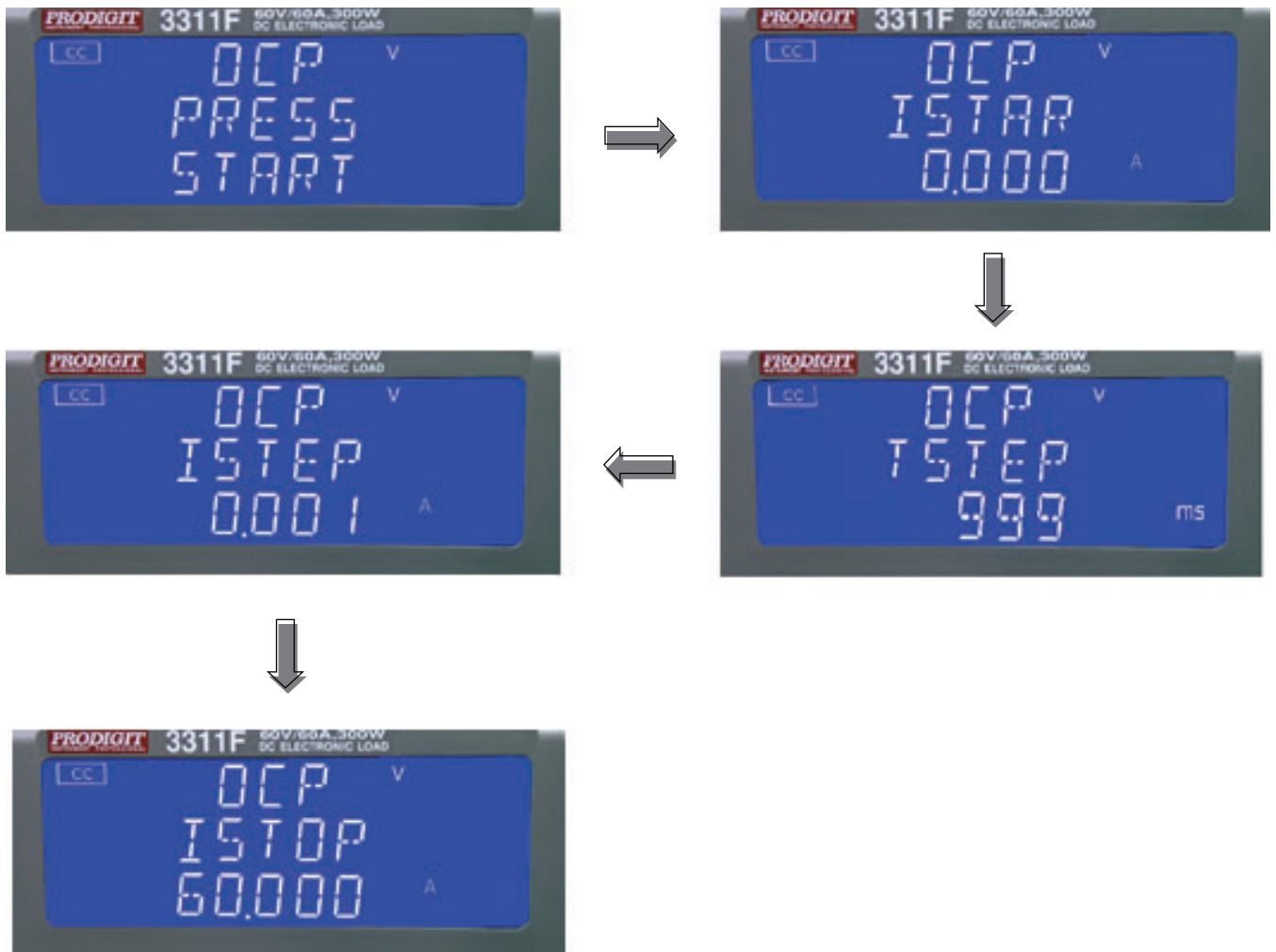
5.1 Config 功能參數下設定 BMS“ON”，此時面板上的 OCP/Short 按鍵為 BMS 測試模式，OPP 為一般 OPP測試功能，當BMS 設定為“OFF”時，則為一般 OCP/OPP/Short 功能

5.2 SHORT 測試：BMS P+、P- 端發生短路之保護狀態，需量測短路電流，保護時間，設定方法：按Short key，可設定Short test time (0.010 ms to 10.000 ms，預設1ms)，Ith (0.01~60 A)，按 Start key 開始測試Load 自動吃最大電流60 A，測試時DISPLAY顯示”SHORT TEST”，當 $I_m (I \text{ measuring }) < I_{th}$ 時測試結束，LCD第二行顯示短路電流，第三行顯示保護時間。



5.3 OCP(OCCP/OCDP)：測試BMS 發生過充電(OCCP)或過放電(OCDP)之保護狀態，需量測過充電或過放電之電流，保護時間，OCCP/OCDP皆使用OCP測試，其差別在電源(PS)& LOAD 與BMS 連接方式不同，設定方法：按OCP key，可設定Istart ->Tstep(1 ms to 1000 ms) ->Istep ->Istop -> Ith (0.01 A~ < Istart)，按Start key 開始測試Load從Istart開始吃載並設定time out (Tstep)，若在此時間內未發生保護，則增加電流Istep(若Istep設為0，則直接結束)，直到發生保護(I_m(I measuring)<I_{th})或到Istop為止，測試時DISPLAY顯示”OCP TEST”，測試結束時LCD第二行顯示OCP電流，第三行顯示保護時間。

Note：當測試方式為一個PULSE時，則僅需設定Istart與Tstep，再按Start key開始測試(Istep 預設為0)



5.4 3311F/G和BMS選項測試功能規格如表一，它包含了個別的SHORT測試及OCP測試，對於其他型號的BMS規格，請聯繫銷售部門以了解詳情

ITEM	3311F/G- BMS
SHORT TEST	
Sink Current	60 A
Time Range	0.01 ms to 10.000 ms
Time Resolution	0.01 ms
Measure Resolution	0.001 ms
Time Accuracy	±0.005 ms
Ith	0.010 A to 60.000 A
Ipeak Accuracy	±1 %(reading+60 A)
OCP TEST	
Istart	0.1 A to 60 A
TimeRange(Tstep)	0.01 ms to 10 ms/1ms to 1000 ms
Time Resolution	0.01 ms/1 ms
Measure Resolution	0.001 ms/0.1 ms
Time Accuracy	±0.005 ms/ ±0.2 ms
Ith	0.010 A ~ <Istart
Current Accuracy	±0.1 %(setting+60 A)

表1 3311F/G 選購BMS的規格

5.5 前述測試說明中，當單獨對BMS測試時需使用電源供應器做為電池模擬(放電測試)之用，若電池單元與BMS組合為成品後就不需要電源供應器，直接對成品測試就可以，博計的6020 ATE內有BMS單元或電池單元+BMS成品所需的直流電源供應器，BMS測試電子負載，充電/放電時的連接開關等都能在6020 ATE的測試程式下執行。

5.6 從前面詳細的測試結果來看，博計3311F/G 含BMS功能的電子負載所測量的數據幾乎與示波器測試的讀值相同，而且測試的條件參數可依需要逐一設定具備了彈性精確又快速方便的測試驗證，另外6020 ATE支援所有的博計電子負載，將3311F/G BMS電子負載安裝於6020 ATE上面就能夠執行BMS的精確又快速的自動程式。