

Keysight Technologies

# 最佳化物聯網裝置電池電流消耗的五個秘訣

應用說明

## 秘訣一：查看電流洩漏波形，深入瞭解電池續航力

### 深入瞭解裝置運作，最佳化電池續航力。

為了簡單有效地驗證電池續航力，您可直接量測其執行時間，也可以長時間量測電流消耗狀態，然後根據標示的電池容量進行推導。然而，如果想要將電池續航力最佳化，您需進行多項測試來瞭解更多情況，例如對裝置及其子電路和電池進行測試與特性分析。這兩個項目既要分別進行，也要一起搭配進行。詳細的電池消耗分析可讓您更深入地瞭解裝置運作狀況，進而將電池續航力最佳化。

### 高速、高解析度電流消耗數位處理，可讓您獲得更深入的洞察力，以便將電池續航力最佳化。

以 50 kSa/s 或更高速率對電池電流消耗進行數位處理，並採用寬廣的動態量測範圍，能讓您全面掌握電池續航力的細節。不同的方法各有其優點，也存在相對應的限制：

- Keysight N2820A 等電流探棒，如與數位示波器結合使用，可提供高速電流波形數位功能。但是，準確度和雜訊效能，取決於電流探棒所連接的示波器。
- Keysight 34470A 等高階數位萬用電錶具有小數點後幾位的準確度，但因顯示幕的面積很小，可能無法顯示波形細節。您必須將資料轉移到電腦才能進行全解析度分析。
- 快速資料擷取系統和精確的電流分流器，可提供比電流探棒和示波器更出色的準確度和更寬的量測範圍。然而，您必須將電流分流器峰值壓降控制到最小，使其不至於過分影響待測裝置，同時要記住，非常小的分流器壓降會限制量測的動態範圍和準確度。
- Keysight N6781A 和 B2900 系列等專用的電源量測設備（SMU），可將直流電源與高速數位寬動態範圍量測系統相結合，避免外部分流電阻帶來電壓負擔影響，進而準確地分析電流消耗。
- Keysight CX3300 系列元件電流波形分析儀具有出色的準確度、準確度和頻寬。這些特性與大尺寸顯示幕相結合，讓您能看到在其他裝置上不可見的波形特性。

### 以下是根據裝置的電流消耗波形獲得深入瞭解的範例：

以圖 1 為例，圖中所示為一台穿戴式健身監測儀在運作中的電流消耗，它採用 Keysight N6781A 電源量測設備測得。N6781A 是一款電池模擬器，可為行動裝置供應高達 20 W 的電力，並能夠以超過 195 kSa/s 的速率量測 nA 至 A 的電流位準。它具有寬廣的動態量測範圍和高速數位功能，可讓您迅速獲得更深入的洞察，進而能夠最佳化電池續航力。N6785A 電源量測設備模組具有相同的功能，但可以提供高達 80 W 的電力。

如此一來，您可洞察下列特性：

- 閒置電流基準值
- 閒置持續時間
- 閒置期間，活動的電流消耗值和持續時間
- 發射電流值和射頻功率放大器的功率附加效率（PAE）
- 發射電流持續時間

精確的電流消耗量測，可讓您獲得深刻的洞察力，讓您的裝置具有出色的電池續航力。

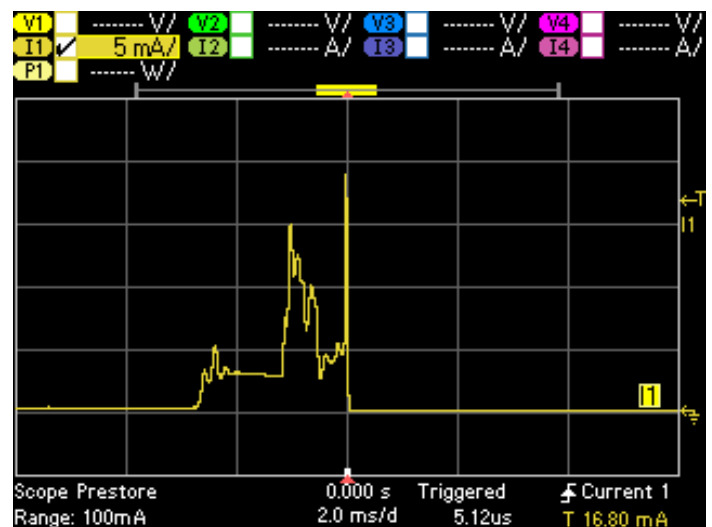


圖 1：配有 Keysight N6781A 電源量測設備的 N6705B 直流電源分析儀，顯示穿戴式健身監測儀的電流消耗波形

## 秘訣二：提高量測準確度，確保在省電模式下獲得更長的電池續航力

### 評估裝置在休眠模式下的電流消耗是最佳化電池續航力的基礎。

大多數物聯網裝置通常都處於待機或其他低功耗模式。裝置會偶爾喚醒並迅速進入運作模式，以處理資料或進行通訊。因此，裝置的電流消耗具有以下特性：

- 週期很長，達到數十秒到數十小時
- 極低的信號週期，通常遠低於 1%
- 極高的波峰因數（100 或更高）
- 寬動態範圍（運作模式和休眠模式間的電流比高達 600,000:1）

雖然休眠 / 待機模式下的功耗非常低，但這些低功耗模式卻消耗了電池的大部分容量。如果長時間處於低功耗模式下，您需以前所未有的準確度來最佳化電池續航力，這對於一般測試裝置來說極富挑戰性。即使儀器（包括數位資料擷取裝置）能夠在適當的持續時間內對量測進行充分的整合，但在其固定的量測範圍內可能沒有足夠的動態範圍來精確量測峰值脈衝和基線休眠電流。由於波形具有相對較高的峰值，因此在所需量測範圍內儀器的偏移誤差通常與平均值相當，導致相當高的量測誤差。一些折衷的解決方法可改善某些方面的量測，卻又會在其他方面受到限制，例如頻寬。

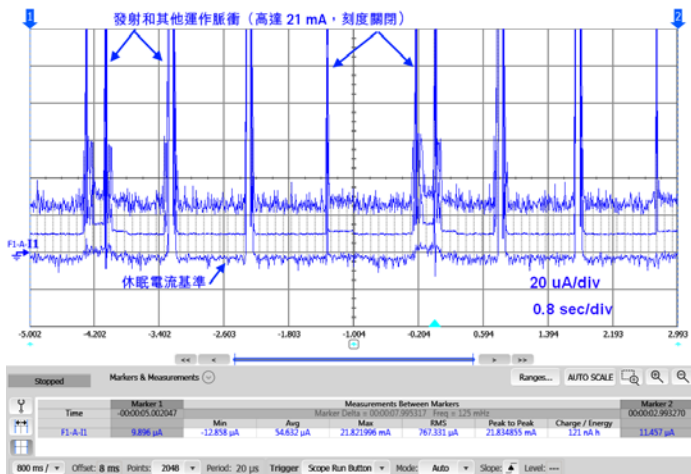


圖 2：使用 14585A 軟體和 N6781A（設定為固定量測範圍）顯示的無線溫度發射器電流消耗量測

### 省電模式下的電流消耗量測範例

考慮無線溫度發射器的脈衝電流消耗具有以下特性：

- 時間長度為 4 秒
- 信號週期為 0.17%
- 波峰因數為 400

由於功率級別低於 20 W，因此採用 Keysight N6781A 直流電源量測設備為溫度發射器的電流消耗提供電源並進行量測。電源量測設備包括用於量測無線裝置上電流消耗的高速數位轉換器。電流消耗首先使用電源量測設備固定的 100-mA 量測範圍加以量測，如圖 2 所示。這與使用常規測試裝置相當。然而，N6781A 還包括一個創新的無縫範圍量測系統，能以超過 195 KSa/s 的速率對裝置從納安級到安培級的電流消耗做數位轉換。這為目前超大的動態範圍提供精確地量測。圖 3 所示為採用 N6781A 無縫範圍得到的改進結果。

採用無縫範圍得到以下結果：

- 休眠電流基準量測誤差改善 100 倍，從 115% 到 1.15%
- 總平均電流量測誤差改善 75 倍，從 18.9% 到 0.245%
- 雜訊底線改善 5 倍，從 47 uA 到 10 uA 峰對峰值

此外，高速數位量測讓您能夠更深入地瞭解休眠和發射活動。結合無縫量測範圍，它可以在最佳化電池續航力時為節電運作模式的評估提供有用的洞察力。

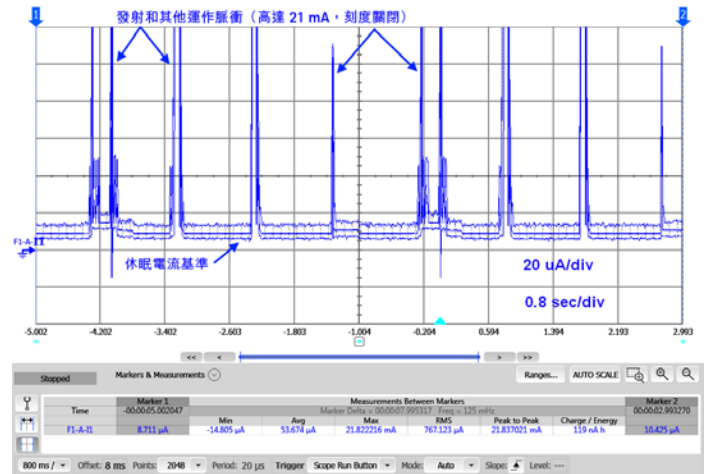


圖 3：無線溫度發射器電流消耗，量測結果使用 Keysight 14585A 軟體和 N6781A（採用無縫範圍）顯示

## 秘訣三：分析分佈曲線，快速最佳化電池續航力

為了最佳化電池續航力，您需要快速、輕鬆地呈現並量化設計變更，對無線行動裝置長期電流消耗帶來的影響。

物聯網裝置各種子電路的活動可能變化多端，這取決於使用者行為、程式設定、無線環境以及裝置本身的複雜性。與之相關的子電路電流消耗也會相應發生變化。要驗證設計變更帶來的改進，您需要對相當長時間的電流消耗加以記錄，進而排除隨機特性。

- 非常耗時
- 由於長期的隨機性，許多值都只是估計值
- 很容易得到不正確的結論，因為在長達數小時的資料記錄中，許多毫秒時長的活動難以檢查和量化

雖然長期記錄設備的電流消耗勢在必行，但僅憑肉眼對詳細的資料記錄進行檢查仍然存在問題。您需要採用其他的方法來快速、有效地分析長期電流消耗記錄。

分析概率分佈函數曲線可以快速、簡明地呈現並量化設計變更所導致的長期電流消耗之細微差異。

您可以對長期電流消耗的概率分佈函數 (PDF) 加以分析，從而快速、簡明地呈現和量化設計更改帶來的影響。PDF 繪製出隨時間變化的電流消耗與給定電流水準的相對發生頻率，總和為 100%。長條圖是 PDF 的最常見形式，但互補累積分佈函數 (CCDF) 特別適用於快速描述長期電流消耗並量化設計變更的影響。

什麼是 CCDF ？

- 累積分佈函數 (CDF) =  $\int$  PDF (曲線下的面積 = 1 或 100%)
- 互補累積分佈函數 (CCDF) = 1-CDF

CDF 曲線從 0% 的概率上升到 100% 的概率，而 CCDF 曲線則從 100% 的概率下降到 0% 的概率，如圖 4 所示。該圖像使用運作 14585A 軟體的 Keysight N6781A 捕獲。X 軸是電流消耗的振幅，Y 軸是其相對發生頻率。曲線中的水平偏移與振幅相關，而垂直偏移則與時間相關。您可使用這些偏移來快速分析和量化設計變更給長期電流消耗帶來的細節差異。

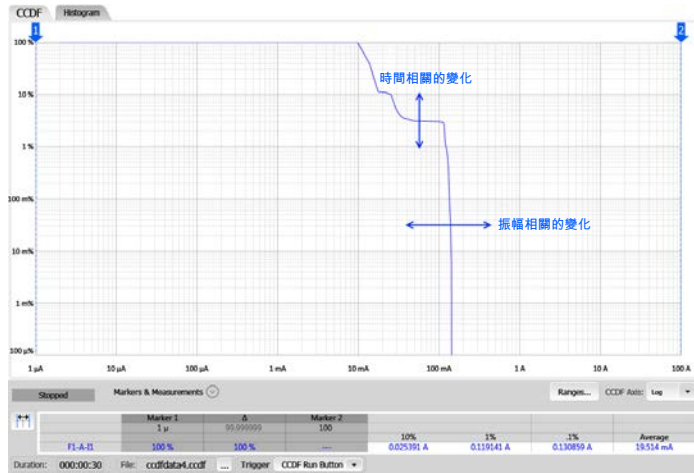


圖 4：使用 N6781A 和 14585A 軟體測得的設備待機電流消耗的 CCDF 曲線

Keysight CX3300 系列元件電流波形分析儀也具有 CCDF 功能，您可選擇使用 FFT 圖來顯示，如圖 5 所示。

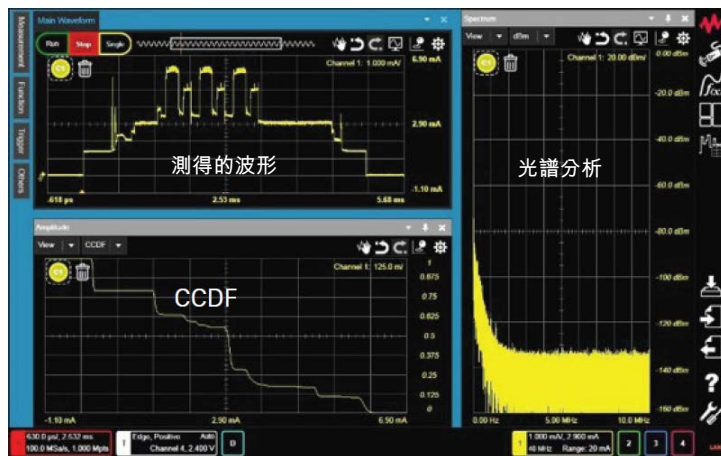


圖 5：在 Keysight CX3300 系列儀器上用 FFT 顯示的 CCDF 曲線

## 評估 CCDF 曲線，以便分析行動電話待機操作時所節省的功率。

為了延長待機操作時的電池續航力，行動電話通常採用不連續接收 (DRX) 操作。與連續接收相比，功率節省主要取決於在非活動期間可以實現的休眠電流水準，以及減少接收活動時間的程度。

為了對行動電話的功率節省加以評估，我們使用了 Keysight N6781A 直流電源量測設備和 14585A 軟體來記錄連續和不連續接收待機操作下的長期電流消耗。如圖 6 所示，我們使用了 14585A 軟體來顯示和比較兩個電流消耗的 CCDF 曲線，進而快速、輕鬆地識別功率節省並對其細節加以分析。透過量化兩條曲線之間的垂直和水平偏移，我們發現：

- 電流為 128 mA 時，接收活動 2.8% 的（垂直）變化，節省了 18% 的功率
- 閒置電流 11.9 mA 的（水平）變化，節省了 55% 的功率
- 降低的基頻活動節省了剩餘的 27% 功率
- 總功率節省了 85.5%

如您所見，CCDF 可讓您透過圖形快速判斷和量化設計變更，對子電路和相關活動的具體影響。透過傳統方法來實現這一目標，過程非常繁瑣。

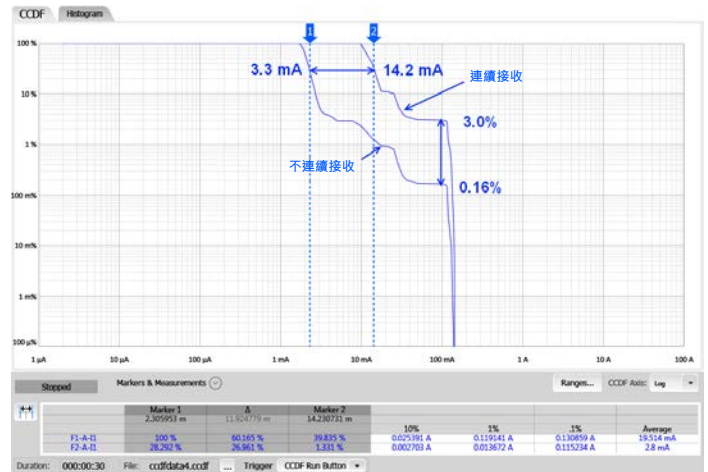


圖 6：透過 Keysight 14585A 軟體使用 CCDF 曲線，分析可節省待測裝置多少的待機功率

## 秘訣四：模擬電池來獲得更逼真的裝置測試結果

使用直流電源為裝置供電時，關鍵的考量之一是獲得與電池相當的電流消耗測試結果。

電池是非常不理想的能源，因為它們會與裝置相互作用，影響裝置的電流消耗。精確的電流消耗結果對於最佳化裝置的電池續航力至關重要。使用直流電源為裝置供電時，您必須考慮電池的特性，才能確保電流消耗結果，正確地模擬了電池的電流消耗。

圖 7 所示為電池供電裝置上的脈衝電流消耗和電壓響應。這表明電池具有相當大的串聯輸出阻抗，導致其輸出電壓對應裝置的電流消耗成比例下降。許多裝置會相應地適應並加以調整，以補償電池的特性。具體而言，電池隨電流成比例下降，電池電阻為 150 mΩ。

通用直流電源藉由使用遠端感測反饋 (feedback) 來保持其輸出電壓固定，以提供具有零輸出阻抗的理想電壓源。然而，不同於電池，其電壓不會隨負載電流下降。此外，反饋調節具有有限的響應時間，導致在載入和卸載轉換期間出現電壓下降和過沖。相當大的瞬態電壓下降甚至可以觸發裝置的低電池電壓關斷。圖 8 所示為使用通用直流電源代替電池進行的量測，該量測與圖 7 所示相同。大不一樣的電壓響應導致電流消耗比使用電池時高出 10%。

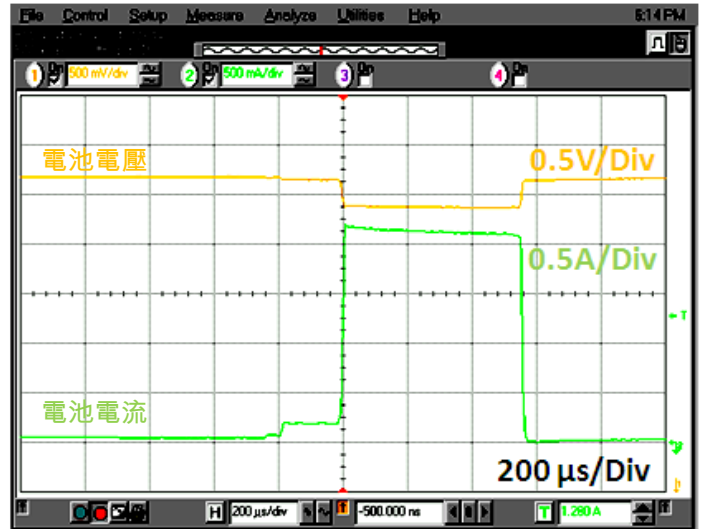


圖 7：由電池供電的裝置

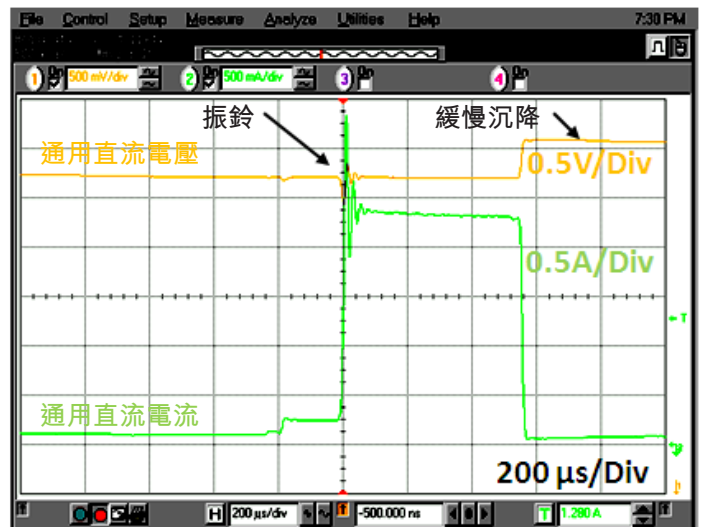


圖 8：為同一裝置供電的通用直流電源

## 電池模擬器直流電源，可產生與實際電池相當的裝置電流消耗。

為電池模擬器製的直流電源具有以下特性：

- 電流吸收和輸出，用於模擬電池的充電電流能力
- 可编程的串聯輸出電阻，用於模擬電池的阻抗
- 極快的負載瞬態響應，大幅控制電壓下降和過沖，類似於電池的電壓響應

圖 9 所示為與圖 7 所示相同的量測，使用帶有電池模擬功能的 Keysight N6781A 電源量測設備代替電池。電源量測設備的串聯輸出電阻設定為與電池的  $150\text{ m}\Omega$  值匹配。電壓響應和產生的電流消耗都與電池的相當。

在使用直流電源為裝置供電時，模擬電池的電流消耗特性可以獲得與實際電池相當的結果。通用直流電源的表現不同於電池，但具有電池模擬功能的直流電源有助於確保得到更準確的結果。N6781A（高達  $20\text{ W}$ ）和 N6785A（高達  $80\text{ W}$ ）都具有可编程的輸出電阻。

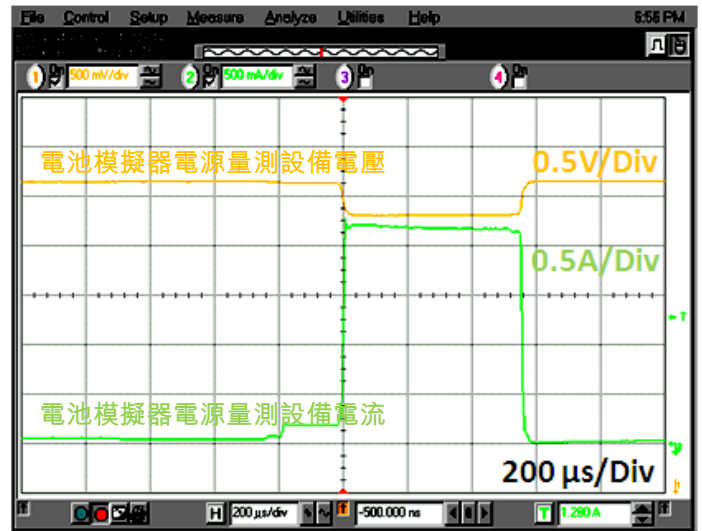


圖 9：為同一裝置供電的 Keysight N6781A 電池模擬器電源量測設備



## 秘訣五：簡化電池容量和能量額定值的驗證

驗證電池的容量和額定功率是確定裝置執行時間的關鍵。

如果您僅僅根據製造商的技術資料來確定裝置的執行時間，得到的結果可能會不準確。技術資料上的容量通常基於理想條件，代表最大可能電量。在實際應用中，實際容量通常會低一些。

電池容量指電池按照規定要容納的電量，以安培 - 小時 (Ah) 為單位。它與電池的額定功率不同，後者以瓦特 - 小時 (Wh) 為單位。額定功率通常是電池的容量 (Ah) 乘以其標示的額定電壓 (V)。根據您的應用，其中一個值可能比另一個值更為重要，因此需要對這兩個值都加以驗證。溫度和電池壽命也會影響從電池獲得的電量，因此在量測執行時間時也必須對這些因素加以考慮。

驗證電池容量和額定功率，需要在精確控制的條件下，對電壓和電流進行精確記錄。

充電（對於可充電電池）和放電條件上非常小的差異可能導致從電池獲得的容量和能量出現大的差異。精確地複製並控制所有條件以獲得最佳結果至關重要。關鍵條件之一是放電倍率，通常表示為定電流與 Ah 額定容量的比率，稱為 C 倍率。C 倍率是電池續航力的倒數。放電倍率越高，容量和能量輸送越低，因此 0.3 的 C 倍率理論上會在 3.33 小時內將電池完全放電。對於 2-Ah 的電池，0.3 的 C 倍率相當於 0.6 A 的定電流放電。測得的額定功率可能與基於標示的額定電壓值的額定功率不同，因為實際的電池放電電壓曲線可能會使得結果稍有變化。精確地控制測試條件，同時準確地記錄電池的電流和電壓，可以確保在確定電池容量和額定功率時獲得準確、一致的結果。

驗證電池容量和額定功率的範例：

我們使用圖 10 所示的設定以固定的 C 倍率對可充電鋰離子電池進行放電。Keysight N6781A 和 N6785A 電源量測設備具有完整的兩象限能力，使其非常適合用作精密高性能電子負載和精密直流電源。我們很快配置了具有 3.0 V 截止電壓的 0.3 A 定電流放電以及長期資料記錄，以便使用配套的 Keysight 14585A 軟體來驗證容量和額定功率。電池的驗證結果和額定功率如圖 11 所示。將量測游 放置在資料記錄的開始處和截止電壓點上，顯示出電池的容量為 879 mAh，功率為 3.32 Wh，兩者均顯著低於電池技術資料中註明的 1 Ah 和 3.6 Wh 的額定值。接下來的步驟是確定什麼因素導致了這樣的差異，並且評估是否可以從電池獲得額外的容量。如本例所示，您應當對電池的容量和功率加以驗證，而不要依賴產品的技術資料。

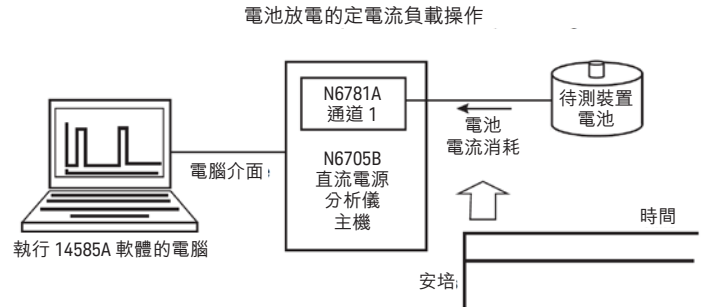


圖 10：使用定電流負載，以固定的 C 倍率將電池放電

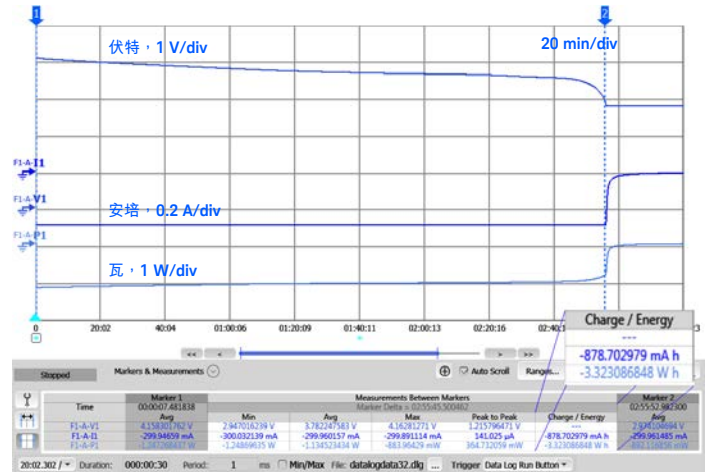


圖 11：使用 Keysight 14585A 和 N6781A 電源量測設備量測電池的容量和功率

有一個工具特別適合於此項任務，它就是 Keysight CX3300 元件電流波形分析儀的自動電流和功率分析工具。它自動將波形劃分成段，並以圖形和表格方式提供每個波形段的完整分析。

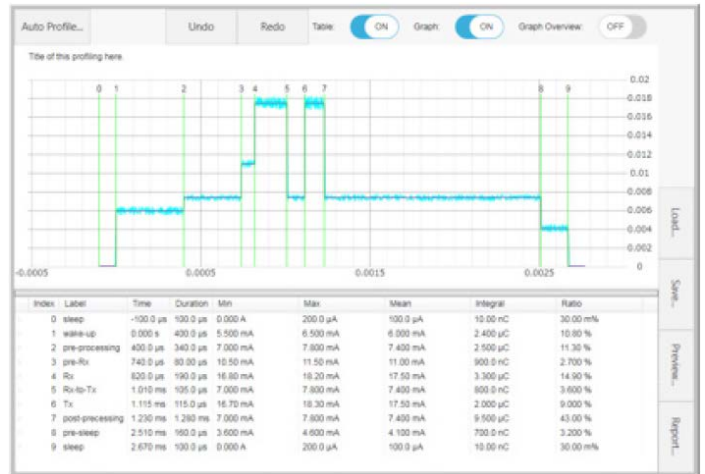
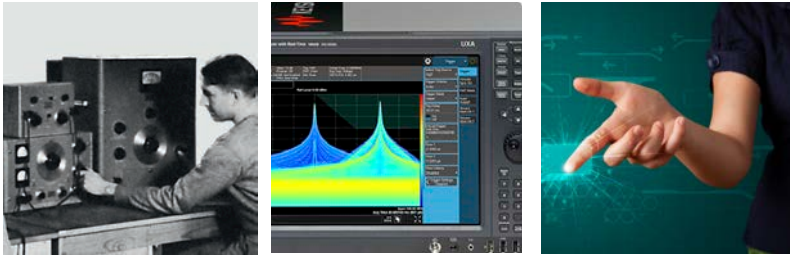


圖 12：使用 Keysight CX3300 的自動電流和功率分析工具來分析電流消耗

## 演進

是德科技獨一無二的硬體、軟體，支援及專家組合，可協助您拓展全新的局面。

讓我們是帶動前瞻技術不斷演進的推手。



薪火相傳 - 惠普將火炬傳給安捷倫，再由安捷倫交棒給是德科技



**myKeysight**  
[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)  
 透過個人化頁面查看與您息息相關的資訊。

**Keysight Infoline**  
 是德科技 Infoline 網站  
[www.keysight.com/find/service](http://www.keysight.com/find/service)  
 Keysight Infoline 網站可協助您更有效率地管理儀器資訊。您可隨時上網查看貴公司的儀器報表和電子資料庫。

**KEYSIGHT SERVICES**  
 是德科技服務  
[www.keysight.com/find/service](http://www.keysight.com/find/service)  
 是德科技擁有領先業界且陣容堅強的專業人員、量測程序和測試工具，可提供一應俱全的設計、測試和量測服務。如此一來，我們協助您部署新技術，並改善量測程序，以便降低成本。



**三年保固**  
 是德科技的卓越產品與長達 3 年保固服務的完美結合，助您一臂之力達成業務目標：增強操作便利性，降低持有成本，增強量測信心。



**是德科技保固保證方案**  
[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)  
 是德科技提供長達十年保固，以避免任何意外的維修費用，確保儀器能夠在規格範圍內運作，讓您能永遠信賴儀器提供的量測準確度。

**是德科技銷售夥伴**  
[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)  
 兩全其美：是德科技專業的量測技術與齊備的產品，搭配是德科技銷售夥伴的服務與彈性價格。

[www.keysight.com/find/iot-lowpower](http://www.keysight.com/find/iot-lowpower)

有關是德科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站或來電洽詢

聯絡窗口查詢：  
[www.keysight.com.tw/find/contactus](http://www.keysight.com.tw/find/contactus)

台灣是德科技網站：  
[www.keysight.com.tw](http://www.keysight.com.tw)

台灣是德科技股份有限公司  
免費客服專線：0800-047-866

104 台北市復興南路一段 2 號 7 樓  
電話：(02) 8772-5888

324 桃園市平鎮區高雙路 20 號  
電話：(03) 492-9666

802 高雄市四維三路 6 號 25 樓之 1  
電話：(07) 535-5035



[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)  
是德科技 -  
DEKRA Certified ISO 9001:2015  
品質管理系統。

本文件中的產品規格及說明如有修改，恕不另行通知。

© Keysight Technologies, 2017  
Published in USA, December 1, 2017  
中文版：5992-1810ZHA  
[www.keysight.com.tw](http://www.keysight.com.tw)