

安全電源量測②電流波動

# Keysight：電路設計、工作模式與電池充放循環影響甚鉅

■文：任苙萍

在額定電壓下，物聯網 (IoT) 裝置的模組間工作電流往往得錙銖必較，以「奈米」尺度做計算，才能符合低雜訊、低功耗需求 ( $P=I \times V$ ，功率為電流、電壓乘積)。是德科技 (Keysight) 資深專案經理祁子年認為，這意謂裝置在設計上除了減少電流消耗，也要顧及實際應用細節，這也為量測帶來諸多挑戰。他以無線醫療裝置為例，因為電池的供電有限，又需透過藍芽與智慧手機配對連結，電量掌握與數值讀取格外重要；確保使用者能如常追蹤生理資訊，供醫師作為診療參考或在數據出現異常時自動上傳。同時，了解電力消耗情況和剩餘電量，知道何時該充電。

祁子年表示，電池供電的裝置多會採用電源管理方案來節能，而等待逾時 (wait for timeout) 和休眠、待機的時間點拿捏、裝置的靈活使用效率與電池續航力息息相關。對開發人員來說，利用示波器長時間記錄電流變化，累積時間與電流資料做積分、模擬耗電情境，找出電流波動的峰值極限 (Peak limit) 是關鍵。若運作中的電流超



照片人物：Keysight 資深專案經理祁子年

出可輸出的容量太多，裝置的電力很快就會耗盡；而如何分析電流在實際情境下的脈衝、減少超標峰值出現機率、降低充放循環等，都有賴精確量測儀器做輔助。而一般分流器 (Shunt) 搭配資料擷取 (DAQ) 設備是最常見的簡易量測方式，但卻有以下諸多缺點。

## IoT 連網裝置電流變動大，傳統示波器難偵測

「使用分流器做電流轉換的峰值電壓容易出界，即使是一般直

流電源，待測物的暫態電壓亦可能超出範圍，須花費很多心力去選用不同的分流器、長時間記錄需要編程和數據誤差修正等」，祁子年一語道出問題點。他說明，傳統測試設備大都有固定偏移誤差，會限制電池的電流量測抽載訊號的表現。偏偏 IoT 連網裝置的動態範圍很大，連網瞬間的電流會急升至安培 (A) 等級，休眠時又回落至奈米安培 (nA)；而一般示波器偵測到 100 微安培 ( $\mu A$ ) 已是極限，且縱軸電流解析度只有 8 ~ 10 位元；加上

表：適用於 N6700 模組化電源系統

產品型號	功能說明
N6781A	II 象限電源量測設備，適用於電池耗電分析 (20 W)
N6782A	II 象限電源量測模組，適用於功能測試 (20 W)
N6784A	IV 象限通用型電源量測模組 (20 W)
N6785A	II 象限電源量測設備，適用於電池耗電分析 (80 W)
N6786A	II 象限電源量測模組，適用於功能測試 (80 W)

資料來源：Keysight 官網

圖 1: Keysight N6705B 直流電源分析儀



資料來源：Keysight 提供

選擇適當分流以量測到極低電流，並在高電流下耐受負擔電壓幾乎不可能，記錄時間又不夠長，根本不足以應對。

Keysight N6705B 直流電源分析儀，將逾 30 種不同供電模型、數位電壓表／電表、任意波形產生器和示波器整合在一台單機上，在幾分鐘內就獲得量測結果；而 N6780A 系列的電池模擬器更特意拉開觀測級距、單次量測就能同時看到 nA ~ A 極端寬幅變化，進一步改善電路設計。採用自有專利「無間斷量測範圍調整」技術，N6780A 只須單次量測即可分析裝置關機、休眠及傳輸模式的電流，省去執行多次量測掃描的麻煩。不過，如 N6784A 等 SMU 僅能模擬靜態狀況，無法捕捉曇花一現的波動。

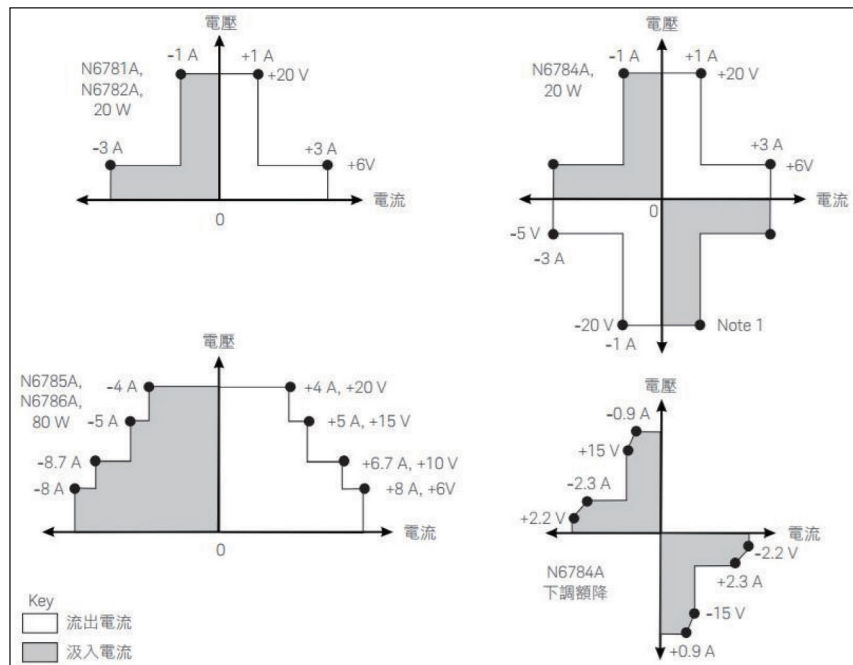
## 「電源供應器」動態模擬電池行為

此時，可模擬電池行為、經

由電流—電壓對照表換算電量 (單位：庫倫 Coulomb，符號 C) 的「電源供應器」(Power Supply)，便派上用場，但前提是速度要夠快，否則仍無法抓到暫態波形。「除了電流，啟動時序亦動見觀瞻，因為裝置裡的眾多模組可能不只吃一個電源，必須留意其間的交互作用」，祁子年強調。他舉例，手機或平板電腦就是典型的多工裝置，為盡可能延長工作時數，CPU、記憶體和顯示器的功耗須個別記錄，以估算瞬間最大耗電，進而透過電源管理單元 (PMU) 智能關閉部分系統。

他還提到，電池充放電是以零電量充飽至 100% 為一個循環 (從 0.3V 充至 4.2V)；電量用罄時，一開始充電的電流不能太大、速度不能過快，否則有爆掉風險。據研究，從 30% 上升到 80% 是充電最快的階段。基於上述原則，

圖 2: N6781A / 82A / 84A 效能規格特性



資料來源：Keysight 官網

用以記錄電池充電循環及特性，並進行充、放電模擬的電源管理晶片 (PMIC) 扮演舉足輕重的角色。祁子年歸納，電源供應器的作用在於：1. 模擬充、放電過程因內阻而引起的電壓下降；2. 兼具示波器與任意波形產生器功能；3. 允許編程，給定測試條件；而任意波形的

最大的好處就是可以重現電源時序並可「重複驗證」。

## 量測電流、功耗之餘，亦可反向評估效能

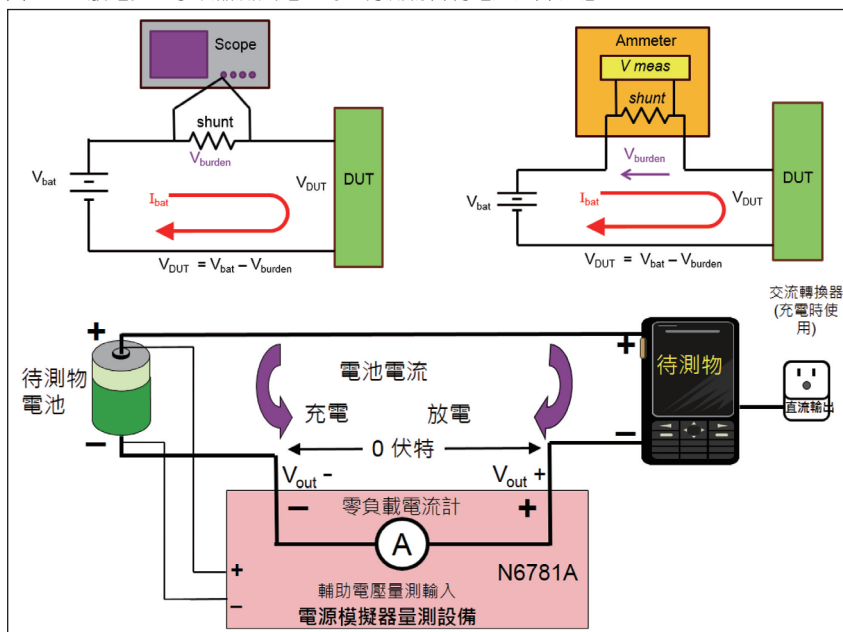
N6780 可控輸出電阻、準確模擬電池供電，提供穩定無突波的電源並汲入電流 (充電／電子

負載)；其數位轉換器每隔 5 微秒 (更新率為 200 kHz) 便可量測、記錄，並供應電壓、電流，解析度為 18 ~ 28 位元。搭配 14585A 軟體即具示波器、資料記錄器和 CCDF (互補累積分佈函數) 功能，方便查看、分析短期與長期功耗狀態，包括一閃而過的細微異樣。事實上，它不只有 I、II 第一象限的正向供電及負載功能，亦能切換至壓降補償模式、零負擔電壓分流的「電表」模式 (如圖 3 所示)，執行耗電測試以評估裝置的實際效能表現。

隨著低功耗期望不斷升高，藉量測電流波形、準確預估低位準電流及功耗似乎也被列入常規任務，但背景雜訊和有限頻寬卻常是量化評估、呈現清晰波形的障礙。Keysight CX3300 系列「元件電流波形分析儀」有三種電流感測器，可檢測 100 pA ~ 10 A、最大頻寬 200 MHz 的不同動態電流位準，在單次量測實現 5 倍頻的動態範圍量測，量測功率和電流分佈；亦可使用被動式探棒轉接器量測動態電壓波形，據以計算並顯示功耗波形。它內建自動電源／電流特性分析、功率量測精靈、FFT 分析儀與統計分析等功能，可加速分析量測資料，無需求助外部程式等，可以用做為超低動態電流測試的平台。

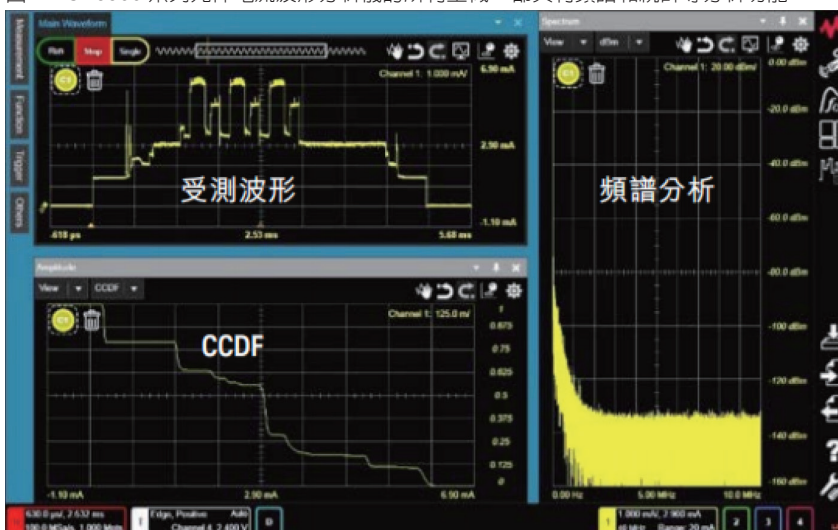
CTA

圖 3：一般電表、示波器測試電流時，待測物會有電壓壓降反應



資料來源：Keysight 提供

圖 4：CX3300 系列元件電流波形分析儀的所有主機，都具有頻譜和統計等分析功能



資料來源：Keysight 官網