

物聯網長效期無線感測器 需要超低功率架構

作者：Florian Feckl/ 德州儀器應用工程師

物聯網一大技術障礙在於，感測器節點位置不受限，這些感測器可衡量的項目包括溫度與濕度(連網家庭)、高速公路橋樑機械壓力(即時維護監控)、瓦斯或供水用量(智慧流量計)。伺服器蒐集與處理資料後，需要廣大覆蓋範圍，才能以可靠的資料打造健全網絡，其中促成技術在於將感測資料無線傳輸至中央系統主機。

為建構如此龐大的網絡，必須考量另一項重要層面，感測節點的運作壽命必須非常長。運作時間愈長，維護成本愈低，若能改善微控制器功率，並選擇 LiSOC12 等類型的主要電池，則處理器可運作十年以上。

目前為止，以射頻長途傳輸感測資料的方式並不普及，因為這項無線功能會導致系統功率考量更加複雜。無線感測節點除了得降低平均功耗，也必須偶爾為傳輸資料時，提供高峰值電流。

以功率角度而言，必須結合感測系統的最低靜態電流，以及功率擴大器的高功率效能，因此在挑選裝置與整體功率架

構時，都成為新挑戰。

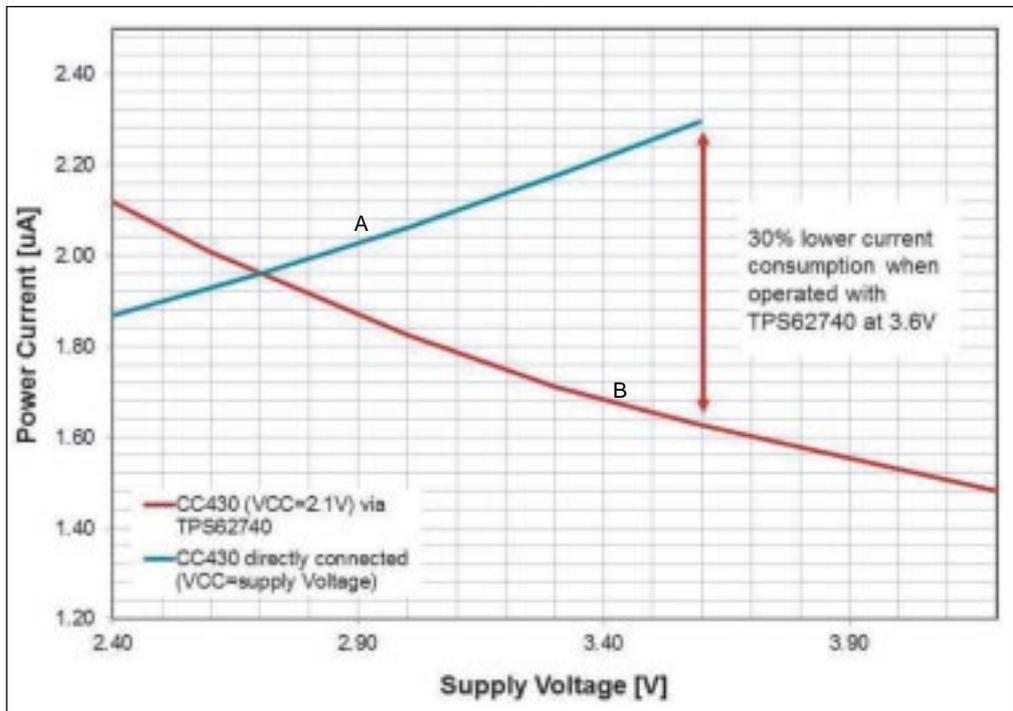
低靜態電流與長運作時間

若想實踐物聯網感測器，感測器運作必須符合成本效益，感測器安裝與啟動後，就得盡可能延長運作時間，降低維護頻率與成本。

換言之，必須選擇耐用材質與元件，另一方面，內部線路必須降低電流用量，盡可能延長電池電力的運作時間。

今日這些應用均使用特定一次電池，LiSOC12 等化學型電池的能源密度很高，超過 1 Wh/cm³，

圖 1：結合微控制器系統單晶片與升降壓轉換器後，功耗降低 30%



而且市面上取得容易，一次電池的自放電極低，也是另一項重要特質，成為設計師在長效應用的優先選擇。

為善用這些參數，電池電流必須低於 5 mA，否則將提高自放電率，也將縮短電池使用壽命；此外，電流提高後，因為內部阻抗影響，也會迫使終端電壓下滑。除了電池之外，耗能元件與功率架構也需要調整，以降低洩漏電流。

超低功率微控制器系統單晶片裝置擁有多種低功率模式，可降低電流用量，超低功率系統單晶片若直接連至電池，在待命模式下，裝置用量約 2 μ A，故可延伸應用運作時間。圖 1 呈現在低功率模式下(LPM3)，裝置使用的供應電流，電流用量取決於供應電壓(A 線)。

系統單晶片若搭配超低功率降壓轉換器，降低供應電壓，則可進一步減少電流用量，這些降壓轉換器的靜態電流僅數百奈米安培，B 線顯示應用降低供應電壓至 2.1V 之後，使用的電流量。電池電壓愈高，在高效能降壓轉換下，可節省更多功率，以 LiSOC12 電池終端電壓 3.6V 而言，整體電流用量相較於直接連接電池，可降低 30%。

無線傳輸的峰值功率

除了低 IQ 之外，感測器必須將蒐集或處理後的資料傳輸至基地台，例如在公寓大樓的智慧瓦斯感測器中，常會使用地方資料集中器，除了無線量測匯流排之外，全球行動通訊系統基礎架構亦可用

於高速公路橋樑的現場感測節點。

一般運作模式為全日蒐集與處理資料，一天數次傳輸蒐集到的資料，以功率而言，代表平均電流用量低，大多只需微安培，只有偶爾幾毫秒內需要較高電流。

資料傳輸所需能源多寡，取決於距離及射頻協定，常見標準為無線量測匯流排(wM-Bus)或全球行動通訊系統(GSM)。

表 1 對比三種常見標準，各有典型無線電擴大器功率條件，以及傳輸期間所需電流。

在某些案例中，無線電擴大器電流需求最高為 2.5A，無法以上述電池類型供應，為了不減損 LiSOC12 圓筒型電池的壽命，應避免任何超過 5 mA 的電池需求。

能源緩衝概念

為滿足上述脈衝負載型運作，必須考量新式電源管理概念，由於電池無法提供所需電流，勢必得在無線電未運作時儲存能源，才能在運作時使用。因此得開發新電源概念，讓電池的負載峰值去耦合，儲存電容因為能源密度高、電容大，是絕佳的緩衝能源媒介。

使用切換模式電池(SMPS)時，電容可藉由電池以外的各種電壓充電，即便在電流受限的運作情況亦可達成，再定義電池的負載電流。

能源儲存於電容後，電壓可轉換至目標值，例如微控制器系統單晶片需要 1.9V，無線電功率放大器需要 3.7V，轉換時自緩衝電容取用能源，並與電池去耦合。

使用 SMPS 緩衝功率架構時，儲存電源共有兩項基本概念：

1. 升壓 - 儲存 - 降壓

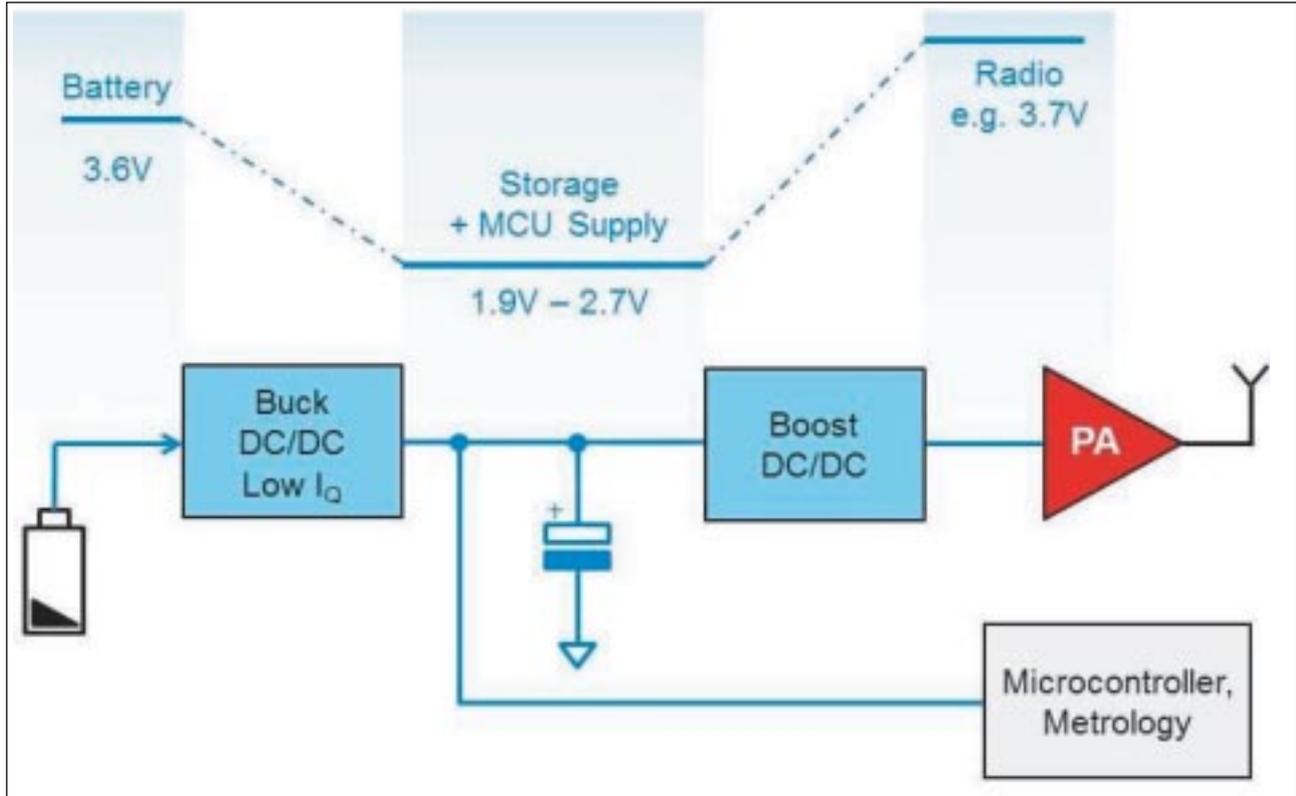
表 1：多種無線範例的功率特質對比

無線標準	放大器條件	電流範例	所需時間
wM-Bus, 868 MHz	27 dBm POUT, 3.3V	100 mA	40 ms
wM-Bus, 169 MHz	30 dBm POUT, 3.6V	300 mA	100 ms
GSM	2G High power, 3.7V	2000 mA	577 μ s per slot

圖 2：電容儲存概念



圖 3：無線感測節點功率圖樣，包括「降壓 - 儲存 - 升壓」緩衝



2. 降低 - 儲存 - 升壓

概念一提高電池電壓，為電容充電，電壓再下降後，達到系統單晶片或放大器的理想值。

這項概念運用的電容值較小，因為能源存量與電容電壓的平方成正比，電壓愈高，同一電容儲存的能源更多；能源儲存在電容後，電壓降至理想值，傳輸所需能源取自電容，因此與電池去耦合。

第二項架構運用降壓轉換器，直接連接至電池，電壓下降時，為儲存電容供電，因為電壓較低，故此時的儲存電容值一定較高，也因此能使用電子雙層電容(EDLC)，容量可達數法拉，且在儲存電容之後，電壓也下降至理想值(圖 3)。

由於可用電容較高，這項概念具備三項優點：

由於儲存電容電壓較低，需考量的安全因素比高電壓電容更少。

已降電壓可直接用於系統單晶片微控制器，因為

只有一部 SMPS 需隨時運作，整體電流量會下降。

降低電壓後可使用 EDLC 類型的電容，可在高電容值時使用。

在無線感測器使用「降壓 - 儲存 - 升壓」概念時(如圖 3)，藉由系統單晶片最低必要供應電壓，定義最低 EDLC 電壓，並透過電容充電至最大 7.2V 電壓，做為能源緩衝，直至無線電傳輸之前，讓平均供應電壓可維持在約 1.9V 的最低門檻，且在傳輸期間，EDLC 放電至已定義的最小電壓。

最低靜態電流裝置的需求搭配高功率，成為功率架構一大挑戰，運用「降壓 - 儲存 - 升壓」的能源緩衝概念，在 EDLC 儲存必要能源，達成負載峰值去耦合目標；降低微控制器供應電壓後，也能減少整體用電量，且因為儲存電容使用的電壓較低，安全疑慮也較少。這項概念可搭配儲存電容的能源緩衝，既可降低整體電流量，亦可延長應用運作時間。 CTA