

利用 MEMS 加速儀的 低耗電應用設計

■作者：Petr Stukjunger/ 意法半導體

低耗電應用可利用 MEMS 加速儀 (Accelerometer) 感測器來增加電池壽命。感測器變得越來越省電，所嵌入的各種功能也有助於減少整體系統能耗。舉例來說，當使用者沒有使用裝置時，動作感應喚醒功能讓整個系統保持休眠狀態。不過還有很多其他可能性，利用 MEMS 加速儀來減少整體能耗。

從 MEMS 加速儀感測器本身開始，操作模式就應該具有彈性。如圖 1 所示，我們知道感測器的解析度以及輸出資料速率，相對於另一方面的電流消耗，兩者之間必須有所折衷——解析度或資料速率越高，電流消耗就越大，反之亦然。所幸市面上的感測器，有的只需幾個微安培就能運轉，關閉電源或待

機模式下也只會消耗幾奈米安培的電力。

針對一些高耗電的應用程式，感測器的運作模式可迅速變更，只在真正有需要時提高解析度和資料速率。有些感測器甚至能自動轉換模式。使用者可自行配置活用狀態 (active state) 下所需要的解析度和資料速率，並定義條件加以賦能。接著切換感測器進入不活動狀態，仍會繼續測量資料，但以極低的資料速率和解析度進行，等出現設定條件 (動作事件) 才切換回到啟用狀態。

另一個不錯的設計實務方法則是利用低供電水平，因為供電水平較低，代表電流消耗量也比較低。這就是為什麼 1.8V 電源供應比較適合低耗電應用。

在某些設計中，則是可以使用感測器的電力循環。只有在有動作資料需要測量時才會啟動感測器的電源供應，否則感測器都處於關閉電源

狀態。我們甚至可以從微控制器腳供應感測器電源，如圖 2 所示。使用這種方法時必須正確計算耗電預算，因為每次開啓感測器都須要進行組態，直到輸出安定下來並提供正確資料。

大部分的 MEMS 加速儀都是數位感測器，這代表它們可以從內部將測量到的類比訊號轉換成數位資料。因為有整合類比數位訊號轉換器，加上對訊號失真的敏感度較低，物料清單 (BOM) 項目得以減少，但這並不是唯一的好處。拜嵌入式干擾產生器之賜，當特定的使用者設定參數條件發生時，MEMS 加速儀就會產生觸發訊號，這就是以動作感應喚醒功能的方式。微控制器 (MCU) 設定感測器配置以產生喚醒觸動訊號，並自行進入能耗極低的睡眠模式。當偵測到動作時，感測器會產生中斷訊號，而微控制器接收到訊號後，就會切換到適合的操作模式，然後處理剛剛發生的狀況。

數位感測器也能擔負起通常由微控制器執行的動作處理工作。微控制器當然可以執行同樣的工作，但能源效率較低——微控制器的耗電是以毫安培計，感測器則是微

圖 1：感測器參數影響了電池壽命

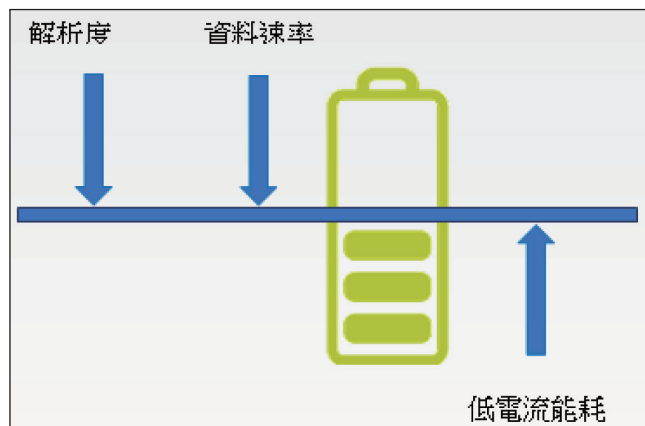
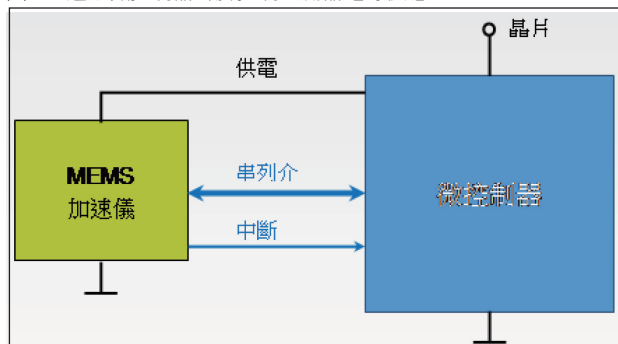


圖 2：透過微控制器針腳控制感測器電源供應



安培。偵測自由落體、單擊與雙擊（類似使用者點擊滑鼠的動作）、直式／橫式方向偵測等動作的任務，是由感測器的內部邏輯所執行。微控制器並不需要執行任何運算工作，只須等待中斷驅動訊號出現，只在動作發生時才需有所反應。

數位感測器通常會整合可組態濾波器，它能調節剛剛測量到的加速資料。可使用低通 (low-pass)、高通 (high-pass) 甚或是抗混淆 (anti-aliasing) 濾波器，替微控制器預先處理資料並增加卸載分流。

嵌入感測器的資料緩衝器大多屬於先進先出 (FIFO) 的類型，因為可以讓微控制器減少讀取資料的頻率，因此它也能降低電流消耗。如此一來微控制器就能執行其他任務、延長休眠時間，減少必須和感測器進行串列通信的時間。

感測器與微控制器之間的串列通訊也會增加整體能耗。對超低能耗應用來說每個微安培都必須處理，因此連串列通訊也可能造成極大影響。大部分的 MEMS

加速儀都是透過序列周邊介面 (SPI) 或 I2C 介面進行通訊。序列周邊介面在能耗方面較具效率，原因有三：首先，通訊線路沒有會造成額外電流耗損的上拉 (pull-up)，其次是它支援更高的資料速率，第三則是串列協定附載較少。

不論使用哪種介面，我們還是可以大幅減少串列通訊，做法則是讓應用程式利用資料備妥中斷 (data ready interrupt)，而不進行感測器輪詢 (polling)，也就是持續詢問新資料的可用性狀態。當感測器完成資料測量與轉換，準備由微控制器讀取新的資料集時，就會自動產生資料備妥中斷。當中斷被啟動，微控制器會馬上透過單一的讀取作業，讀取來自感測器的輸出資料。

如前文所述，較低的感測器輸出資料速率代表電流消耗更少。

所謂的單一資料轉換機制，能讓感測器的資料速率完全吻合應用程式的需求，如圖 3 所示。利用這種機制，測量的啟動不是透過感測器針腳路由的外部觸發訊號，就是利用串列指令從微控制器啟動的暫存器寫入。這種方式所取得的資料會儲存在感測器內部。感測器還能啟動資料備妥中斷訊號，通知微控制器資料的轉換已經完成且資料現已可供應用程式讀取。所幸有這個功能，不論是低於 1Hz，或任何預先定義範圍以外的資料速率均可達成。

應用相當重要的 MEMS 加速儀感測器功能，以及如何將之利用在系統設計上。意法半導體 (STMicroelectronics) 最新推出的 LIS2DW12 超低能耗 3 軸 MEMS 加速儀，能利用加速儀感測器為新型應用程式的設計帶來彈性，因為它電流消耗最低可達 1 μ A，加上數個運作模組、輸出資料速率範圍極廣、豐富的嵌入式數位功能、高溫穩定度和各種強化功能，例如數位濾波器和先進先出緩衝器。有鑑於此，我們相信許多低能耗應用都能享受 LIS2DW12 的優點。這款感測器將為使用者提供優勢，尤其是在以下領域：動作感應功能與使用者介面、手持式裝置智慧節能功能、電器相關動作偵測，還有無線感測器節點的撞擊辨識登錄 (impact recognition logging)。^{CTA}

圖 3：單一資料轉換機制

