

邊緣物聯網： 應對零能耗設計挑戰

■作者：徐俊毅

回顧物聯網技術的發展，我們可以看到，物聯網設備複雜程度在不斷下降、外形尺寸的縮小以及低功耗無線電協議的出現帶來了更低的設備成本，很多物聯網設備只需少量維護且專為實現特定功能而構建。在物聯網設備日益普及的今天，如何為這些簡易、小尺寸的設備供電，成為物聯網發展和普及的障礙之一，現有大量設備以市電或電池作為主要能源，但這兩種能源都會給大規模物聯網落地帶來挑戰，因為在條件惡劣和偏遠的地區，穩定的能源供給是很難解決的問題，這不僅是成本問題，還涉及環境、維護等諸多因素。此外，據歐盟資助的項目 EnABLES 的預測，假設物聯網設備的電池壽命平均為兩年，那麼預計到 2025 年，

每天將有 7800 萬塊電池被丟棄，這還會帶來嚴重的環保問題。

因此，在過去兩年中，能夠從周邊環境自主獲取能源的零能耗物聯網正成為一個越來越熱門的話題。原始設備製造商 (OEMs) 可根據用例和使用場景，選擇製造使用環境能源為自身供電的自給自足型設備，並由電池或電容器輔助；或者他們可以進一步製造出外形尺寸更加靈活、材料成本 (Bill-of-materials, 又稱 BOM) 更低的無電池設備。

從圖中可知，環境能源中採集的能量只能產生極少量的電能，比如採集自無線通訊設備的射頻能量只有 1 μ W 這一等級 (好處是這種類型的能源隨著移動通信的普及變得隨處可見)。這要求零能耗物

聯網設備更簡易且能效更高，能量收集技術以及封裝和低功耗積體電路設計都需要進一步提高，優化無線電協議以及增加嵌入式智慧等功能，以減少設備喚醒和採集或傳輸資料的頻率。

創新的射頻能量收集裝置在服飾中使用，而且還能進行洗滌。

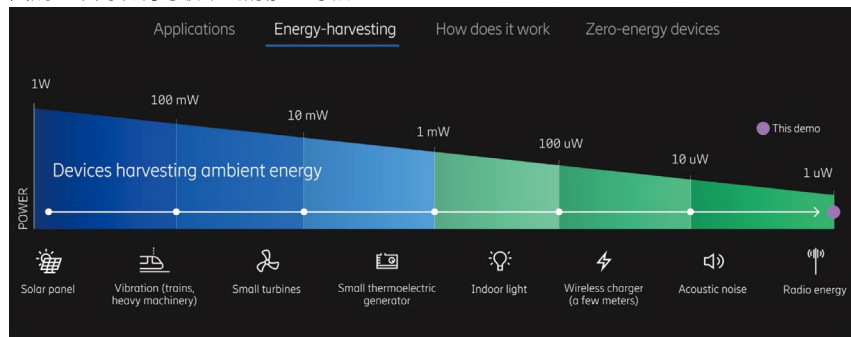
零能耗物聯網的設計優化和典型器件

儘管零能耗物聯網設備，可以免去傳統的電源維護問題，但是對設計人員來說，收集能量和為電池充電所需的電路會大大增加設計的複雜性、尺寸和成本。

ADI：從靜態功耗開始

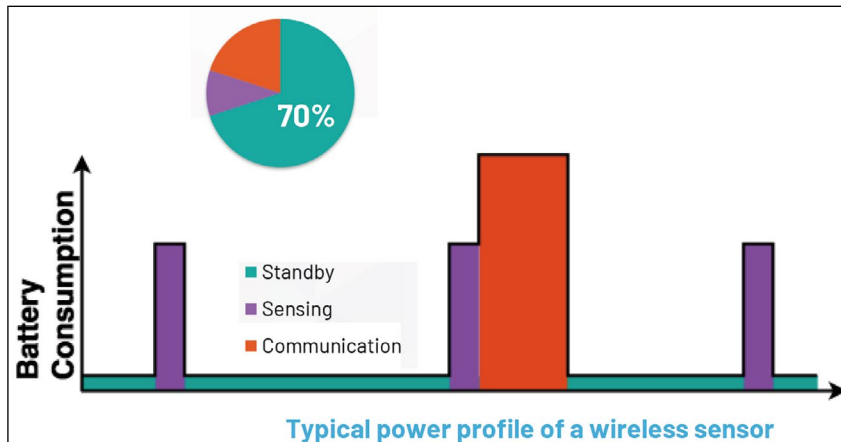
在系統設計階段，設計人員需要首先評估自己的物聯網系統的具體工作方式，以便做出具有針對性的優化。如今的物聯網終端設備大部分採用無線方式傳輸資料，因此除了感測器收集資料，功耗的另一項主要支出就是通信。在很多典型的物聯網終端，系統在 70% 的時間處於休眠狀態，這時候靜態功耗就是需要處理的重要問題。

圖說：不同環境可收集到的能量等級



圖片來源：ericsson.com

圖說：除了感測和通信，物聯網感測器在 70% 的時間處於休眠狀態



圖片來源：analog.com

在一個採用 Lora 通信的無線感測器方案中，ADI 就使用了 MAX17050 進行智慧電池管理，配合 MAX16103 nano Power 開關控制器實現動態定時休眠，實現盡可能關閉所有耗電器件的目的。在這個方案中，設備關斷時，電流降到 10nA 數量級，靜態電流僅為 100nA，而 MCU 的休眠電流也能控制在 200nA 以下。

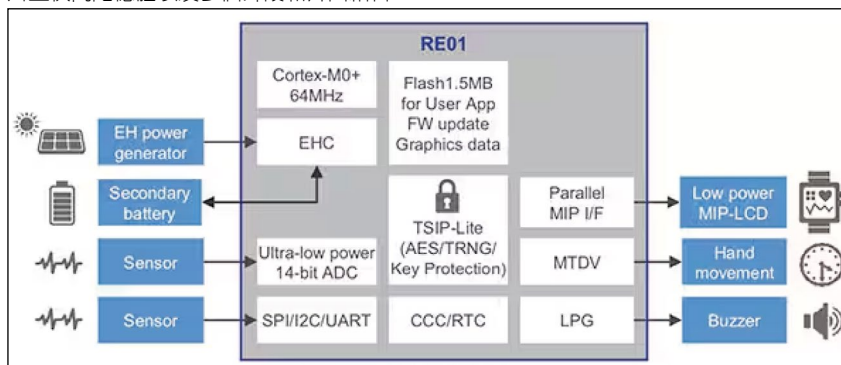
Renesas：在 MCU 中集成能量搜集控制器

Renesas RE01 MCU 通過在器件中加入能量收集控制器 (EHC)

進一步提升了集成度。RE01 MCU 可以使用其內置的 EHC 為二次電池充電，同時為器件的其他部分提供系統電源。RE01 不僅僅是一個能量收集器件，其 EHC 還包括一個 64 兆赫 (MHz) Arm Cortex-M0+ 內核、片上快閃記憶體、可信安全智慧財產權 (TSIP) 塊、14 位模數轉換器 (ADC)、計時器和多個外設介面。

針對零能耗物聯網應用的特點，RE01 MCU 可以在多種工作模式下運行，通過將工作頻率從最高 64 MHz 速率降低到 32.768 千赫茲 (kHz) 的低漏電流模式，最大

圖說：Renesas RE01 MCU 將一個完整的能量收集控制器與 Arm Cortex-M0+ 處理器內核、片上快閃記憶體以及多個外設和介面結合



圖片來源：renesas.com

限度降低功耗，同時正常工作模式下中間頻率為 32 MHz 或 2 MHz。在典型工作狀態下，通常僅消耗 35 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ 有功電流，在 1.62 伏的待機模式下僅消耗 500 nA 電流。14 位 ADC 的耗電量僅為 4 μA ，快閃記憶體程式設計重寫僅需約 0.6mA。

Atmosic：ATM34 支援多種智慧家居通信協定的 MCU SoC

ATM34/e 系列多協定 SoC 旨在滿足超低功耗終端物聯網設備 (如感測器和開關) 的需求，並將能量收集功能集成到無線 SoC 中，使設備能夠從射頻、熱量、光源和運動源中捕獲、使用和存儲能量。它提供了廣泛的能量收集輸入範圍，並支援一系列存放裝置，這使得智慧感測器和其他低功耗自動化應用能夠無人值守地運行多年。與競爭對手的解決方案相比，ATM34/e 系列通常可節省 50% 的功耗。這些 SoC 採用了功耗低於 1mA 的無線電技術，以及輸出功率範圍從 -20 dBm 到 +10 dBm 的高效發射器。

圖說：Atmosic ATM34 MCU

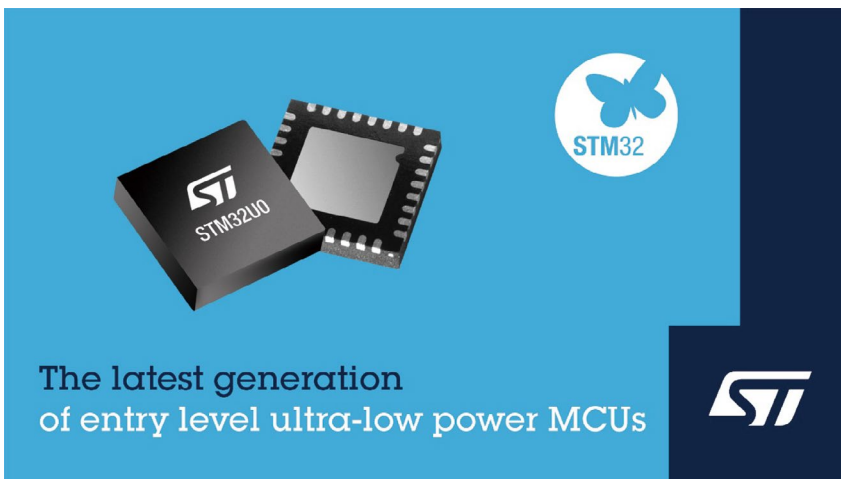


圖片來源：atmosic.com

Microchip：超低功耗的 nanoWatt XLP 技術 PIC MCU

採用 Microchip 的 nanoWatt XLP 技術的產品能提超低運行和休眠電流 (9nA)，在超低功耗應用可以 90-99% 的時間都處於休眠模式。欠壓復位電流 45nA，MCU 運行電流 35 μ A。WDT 可通過專用片上振盪器提供保護來防止系統故障，消耗的電流約為 200 nA，該系列還集成了以下多種外設：USB、LCD、運放、CLC、MCCP、RTCC 和 mTouch 電容觸摸傳感模組。這使得應用無需額外使用相應的外部器件，從而降低了應用的成本、電流及複雜度。

圖說：Microchip nanoWatt XLP PIC MCU



意法半導體：STM32U0 超低功耗 MCU 功耗再降 50%！

意法半導體微控制器是智慧感測器和執行器的重要元件，負責管理資料獲取、過濾、分析和行動決策過程，並與雲端高級應用通信。目前全球有數十億這樣的 MCU 在運轉，隨著智慧生活工作不斷發展，未來還需要數十億類似的晶片。

STM32U0 與上一代產品相比，新一代能耗降低高達 50%。高能效可以減少電池更換次數，最大限度降低廢舊電池的環境影響，讓更多設計人員選用無電池設計，採用太陽能電池等能量收集系統給

設備供電。

同時，同時，STM32U0 是市場上首個通過 SESIP 3 級和 PSA 1 級安全認證的專注固件代碼保護的 Arm Cortex-M0+ 微控制器。

更多選擇涉及能源管理的晶片滿足能量收集需求

越來越多，能量收集所需的許多不同的元件均已被集成到專用模組和電源管理積體電路 (PMIC) 中，如 Analog Devices 的 MAX20361、ADP5091/ADP5092 PMU、LTC3105/LTC3107、Infineon 的 S6AE101A、Matrix Industries 的 MCRY12-125Q-42DIT 等。這些晶片可說明物聯網系統，從太陽能電池、熱電發電機 (TEG)、壓電振動感測器或其它能量源獲得穩定的電壓。

(1) ADI MAX20361：為完全集成的太陽能能量收集器，支持單節 / 多節太陽能電池。器件包括超低靜態電流 (360nA) 升壓轉換器，能夠從低至 225mV (典型值) 的輸入電壓啟動。為了最大程度地提高從太陽能收集的功率，MAX20361 採用專有的最大功率點跟蹤 (MPPT) 技術，允許高效收集從 15 μ W 到高達 300mW 的輸入功率。MAX20361 集成了充電和保護電路，優化用於鋰離子電池，也可用於對超級電容、薄膜電池或傳統電容進行充電。充電器提供可程式設計充電終止電壓，可通過 I2C 介面設置門限，以及熱關斷控

制。MAX20361 採用 12 焊球、0.4mm 焊距、1.63mm x 1.23mm 晶圓級封裝 (WLP)。

(2) NEH2000BY 能量收集電源管理 IC :

Nexperia 能量收集解決方案

通過使用其所在位置已有的能量為設備供電。超緊湊、高性能的晶片組採用獨特的技術，可降低 BOM 成本和實現超快的最大功率點跟蹤 (MPPT)。Nexperia 的能量收集 PMIC 不斷從環境中收集能量到消

費類電子產品和物聯網設備中，從而消除了更換電池的需要，為電子產品的可持續發展做出了貢獻。

小結：

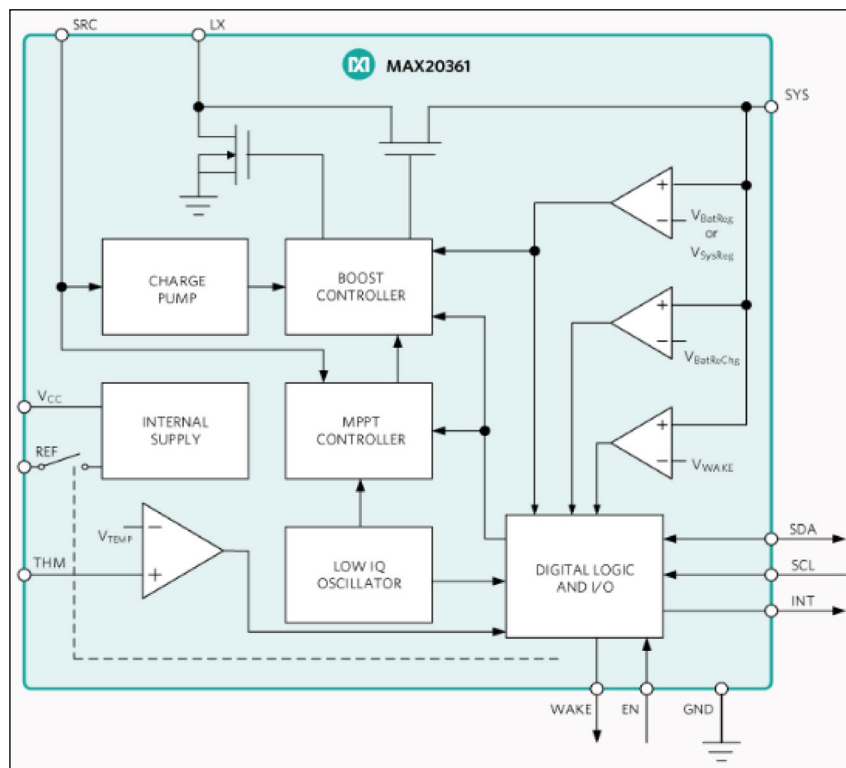
“環境能量採集設備主要集中在短距離無線連接。展望未來，各廠商都普遍希望瞭解並協助開發這種新型設備。監督蜂窩標準的第三代合作夥伴項目 (3rd Generation Partnership Project, 又稱 3GPP)、負責 Wi-Fi 和網路標準的電子電氣工程師協會 (the Institute of Electrical and Electronics Engineers, 縮寫為 IEEE) 以及負責藍牙技術標準的藍牙技術聯盟 (Bluetooth SIG) 正在與物聯網開發商進行磋商，探索促進環境物聯網發展的方法”《環境物聯網：一種新型藍牙物聯網設備》。

零能耗物聯網設備最吸引人的地方，就是可以突破能源的限制，借助環境中已有的能源，讓設備持久工作，只要其他部件沒有損壞，那麼就可以為人們提供源源不斷的資料。這使得下一步部署更加海量的物聯網設備，構築更加智慧的地球成為可能，也將催生出物聯網新的應用形式，打開更多未來的商機。

參考資料：

- Analog Devices : Improve Lifetime of your small battery driven IoT system
- 愛立信：《設計一個感測器驅動的世界：從零能耗設備的研究角度看》
- Bluetooth SIG：《環境物聯網：一種新型藍牙物聯網設備》
- DigiKey：使用能量收集微控制器消除物聯網電池更換 [CTA](#)

ADI MAX20361 結構框圖



圖片來源：analog.com

圖說：NEH2000BY 電源管理 IC



圖片來源：Nexperia