

暢談超低功耗射頻技術的未來

上網時間:2013 年 03 月 28 日

雖說交貨量每星期有幾千萬片,但在全球流行的 2.4GHzISM 頻段短距離低功耗射頻技術市場(例如 Wi-Fi, 藍牙, ZigBee 以及各公司的專有解決方案)還遠遠沒有成熟。在未來的幾年裡,將會出現許多令人鼓舞的進展,而無線連接將滲透到我們生活的各個方面。

尤其是在超低功率(ULP)無線應用系統中,它使用鈕扣電池來供電的微型射頻收發器,喚醒來後迅速發送“脈衝”資料,然後回到毫微安級的“睡眠”狀態,這很可能會大幅度地增加。例如,根據 ABI 研究公司分析指出:在 2010 年,無線感測器網路(WSN)晶片市場增長了百分之三百。該公司還預測:在 2016 年,使用藍牙低功耗晶片的醫療保健和個人健身設備交貨量不會低於 4.67 億件。

可以在嵌入式電子電路的任何可攜式電子產品或設備(從微小的醫療感測器和健身感測器,到行動電話、電腦、機床、汽車,幾乎它們之間的一切東西),都可以把超低功耗無線連接加進去。利用微小的超低功耗收發器,這些電子產品或設備能夠與數千其他設備直接通信,或者作為網路的一部分進行通信,明顯地提高電子產品的實用性。

然而,對於大多數工程師而言,射頻設計仍然難以掌握。雖然射頻設計不是一件小事,但是,在晶片供應商和相當好的開發工具的幫助下,它並沒有超出一位有能力的工程師的設計技能。因此,在本文中,我將揭開超低功耗無線技術的面紗,介紹晶片,並且探討如何以及在什麼地方使用這些晶片。

超低功耗無線技術簡介

超低功耗無線技術和藍牙技術(現在稱為經典藍牙,以區別於最近發佈的 4.0 版藍牙,其中包括超低功耗的藍牙低功耗技術)這些短距離低功耗射頻技術的區別在於,它需要的功率明顯地少很多。這樣,把無線連接用到在最小最緊湊的可攜式電子設備中的機會,就極大地增大了。

經典藍牙需要的功率比較多,即使是傳送適量的使用者資料,因此幾乎只能使用可充電電池。它需要的功率較高,對於的低頻寬、長壽命的應用而言,那麼就意



www.acesolution.com.tw

電子儀器/WLAN測試整合專家

筑波科技股份有限公司
ACE.Solution Co., Ltd.

新竹辦公室 TEL: 03-5525633 FAX: 03-6561379

新竹縣竹北市台元街28號2樓之1 (台元科技園區)

蘇州辦公室 TEL: 86-512-89188620 FAX: 86-512-89188630

蘇州市宮巷78號吳商會館8309室

深圳服務處 TEL: 86-755-29351095 FAX: 86-755-29474450

深圳市保安區龍華街道辦和平東路金鑾時代大廈8樓801

味著傳統藍牙並不是一個很好的無線解決方案(它主要是在可以方便地對電池經常充電的時候用於大量傳送資料)。

典型的藍牙技術已經用於在行動電話和耳機之間的無線連接，或者把相機中的數位圖像傳送到藍牙印表機。因此使用典型藍牙的無線設備，它的電池壽命通常是幾天，最多是幾星期(注：有一些高度專業化的典型藍牙應用系統，可以用容量較低的原電池供電)。

相比之下，超低功耗射頻收發器可以用鈕扣電池(例如 CR2032 或者 CR2025)供電，工作幾個月甚至幾年(取決於應用系統的占空比)，假定消耗的額定平均電流僅 200 μ A。這些鈕扣電池很小，價格便宜，但是能量有限，一般在 90 至 240mAh 的範圍(一節 AA 電池的容量是鈕扣電池的 10 倍至 12 倍)。

這個容量屬於中等，明顯地限制了超低功耗無線鏈路啟動的占空比。例如，一節 220mAh 的 CR2032 鈕扣電池，如果要它持續工作一年，那麼它的最大額定電流(或放電率)只能維持在 25 μ A(220mAh / (24 小時 x 365 天))。

超低功耗射頻技術的峰值電流為幾十毫安培，例如，Nordic 半導體的 nRF24LE1 2.4GHz 收發器在發射時消耗電流 11.1 毫安培(在輸出功率為 0dBm 時)，在接收時消耗電流 13.3 毫安培(工作在 2Mbps 時)。如果在較長時間內的平均電流被限制在幾十微安，占空比必須很低(大約百分之 0.25)，而且晶片要很快回到睡眠模式，在大部分時間裡只消耗幾毫微安電流。

下一頁：[各種不同用途](#)

各種不同用途

如果收發器的睡眠時間占百分之 99.75，當它被喚醒來做任何有用的事時，它必須非常努力地工作。超低功耗收發器是這樣做到這點的：它迅速地被喚醒，發送很短但頻寬相對較寬的“脈衝”資料(高達 1 或 2 Mbps)，然後立即回到低耗能的睡眠狀態。

正如我們看到的，因為它們消耗的功率屬於中等程度，超低功耗射頻收發器不能用於占空比高的應用系統，所以，不直接與 Wi-Fi 和經典藍牙競爭。不過，超低功耗運作的確打開了一個寬闊的新的應用領域，這是其他無線技術做不到的。



www.acesolution.com.tw

電子儀器/WLAN測試整合專家

筑波科技股份有限公司
ACE.Solution Co., Ltd.

新竹辦公室 TEL : 03-5525633 FAX : 03-6561379

新竹縣竹北市台元街28號2樓之1 (台元科技園區)

蘇州辦公室 TEL : 86-512-89188620 FAX : 86-512-89188630

蘇州市宮巷78號吳商會館8309室

深圳服務處 TEL : 86-755-29351095 FAX : 86-755-29474450

深圳市保安區龍華街道辦和平東路金鑾時代大廈8樓801

客服免付費專線：0800-525633

這些用途的多樣化是不尋常的。超低功耗無線技術已經進入了體育、保健、娛樂、個人電腦週邊設備、遙控器、遊戲、行動電話配件、家庭自動化和工業控制領域，而且在未來幾年將會蔓延到許多其他領域。

這些應用系統有一個共同點，這就用到了超低功耗無線技術的優勢。它們是建立在使用小型電池、小巧緊湊的感測器和週邊設備的基礎之上。這些設備發送少量的資料（通常是幾位），而且不經常發送（每隔幾秒鐘或者每秒最多幾次）。儘管有這個共同點，它有各種不同用途，例如用於電腦的無線週邊設備（例如無線滑鼠），自行車碼表和相關的性能感測器（例如速度和距離監測器），射頻遙控器，醫療感測器（例如心率監測器），它們需要非常不同的工程解決方案。

簡單地說，無線連接需要一個射頻系統（收發器）、協定（軟體代碼或“棧”，它控制射頻系統如何進行通信），還需要一個應用處理器（它有自己的代碼，監督的具體應用系統，例如，心率監測器）。但是，這些東西如何實施，會影響無線系統的效率、尺寸和成本。

為了說明這一點，我們來看看兩個例子：一個是無線滑鼠，一個自行車碼表，它們使用不同的方法。

無線滑鼠是比較簡單（但肯定不是無足輕重）、大量使用的超低功耗射頻應用系統。無線滑鼠製造商需要一個緊湊、高效率、價錢便宜的連接解決方案。換句話說，他們希望他們的無線滑鼠的造型優美，電池的使用壽命很長，零售價格要廣大消費者能夠承受得起。

用於滑鼠的最佳選擇是系統晶片（SoC），其中包含射頻系統、工廠提供的協定和應用處理器，都在一塊矽片上。由於它的用量很大，抵消了開發系統晶片的較高非經常性工程（NRE）費用。此外，廠商可以優化硬體和軟體的性能，以滿足目標應用的需要。

對於客戶（滑鼠生產商）來說，主要優點是，他們在開發時不必選擇和購買外部處理器（以及相應的開發工具），然後生成代碼來運行應用程式，不用在這些方面再花時間和金錢。收發器供應商已經做了 SoC 的部分設計工作。（不過，如果需要的話，客戶仍然可以使用收發器供應商提供的開發和評估工具，來開發自己的協議。）

例如，Nordic 半導體向臺式電腦外設市場提供 nRF24LE1 系統晶片。這個 nRF24LE1 包含 Nordic 的 nRF24L01+ 2.4GHz 超低功耗收發器，Gazell 軟體協定棧（存放在快



筑波科技股份有限公司
ACE.Solution Co., Ltd.

www.acesolution.com.tw

電子儀器/WLAN測試整合專家

新竹辦公室 TEL : 03-5525633 FAX : 03-6561379

新竹縣竹北市台元街28號2樓之1（台元科技園區）

蘇州辦公室 TEL : 86-512-89188620 FAX : 86-512-89188630

蘇州市宮巷78號吳商會館8309室

深圳服務處 TEL : 86-755-29351095 FAX : 86-755-29474450

深圳市保安區龍華街道辦和平東路金鑾時代大廈8樓801

客服免付費專線：0800-525633

閃記憶體或一次性可程式設計(OTP)記憶體中)以及一個增強型 8 位微控制器。這種單片器件的尺寸只有 5x5 毫米，可以用它設計最小的無線滑鼠。

nRF24LU1+是另一種系統晶片，其中集成了 Nordic 的 nRF24L01+收發器、與 USB 2.0 相容的器件控制器、快閃記憶體(或 OTP 記憶體)、8 位微控制器，把它插入“主機”電腦的 USB 埠，就完成了無線連接。利用 nRF24LU1+，PC 外設製造商可以製造很小的 USB 適配器，它幾乎沒有伸到主機上 USB 埠之外(圖 1)。



圖 1：利用 4LU1+個人電腦外設製造商可以製造尺寸很小的 USB 轉接器，它幾乎沒有伸出到主機 USB 口外面。

下一頁：[單片連接](#)

單片連接

對於產量很大的應用系統，系統晶片有許多優點。但也有一些缺點，例如，系統晶片要求高集成度，這增大了器件的尺寸，因而增加成本。如上所述，無線系統晶片通常有一個微處理器，但許多應用系統已經用了微控制器來運行其他功能，也可用它來控制無線應用系統。

此外，有些設計工程師更願意選用他們自己的微處理器，這是因為，例如，對於一種器件，他們已經有了豐富的專業知識，希望不要被收發器中的微處理器卡住。在這種情況下，購買不含微處理器的收發器會更方便(便宜)一些。

例如，考慮一個無線自行車碼表。專業自行車手和業餘自行車手一樣，使用這些安裝在手把上的設備，來監測感測器性能，例如心率監測器、速度和距離感測器、節奏監測器和曲軸功率表。自行車碼表是複雜的設備，有它自己的處理器，處理器也可用於監視無線功能，這樣就不必把嵌入式處理器集成在無線晶片上(圖 2)。



圖 2：Nordic 專有的超低功耗收發器 nRF24AP2，在自行車的無線連接市場占主導地位。(圖片由 Suunto 提供)

Nordic 和它的設計合作夥伴加拿大科克倫的 ANT 無線公司，在為自行車領域提供無線連接方面有豐富的經驗(事實上，2010 年環法自行車賽的許多自行車運動員使用的無線性能感測器是通過 Nordic 的晶片和 ANT 軟體連接到自行車碼表上)。

無線感測器和專業人士首選的自行車碼表使用的晶片是 Nordic 的 nRF24AP2。這個器件中有一個 2.4GHz 超低功耗收發器、ANT 無線協議和高品質微控制器/處



Solution®

筑波科技股份有限公司
ACE.Solution Co.,Ltd.

www.acesolution.com.tw

電子儀器/WLAN測試整合專家

新竹辦公室 TEL : 03-5525633 FAX : 03-6561379

新竹縣竹北市台元街28號2樓之1 (台元科技園區)

蘇州辦公室 TEL : 86-512-89188620 FAX : 86-512-89188630

蘇州市宮巷78號吳商會館8309室

深圳服務處 TEL : 86-755-29351095 FAX : 86-755-29474450

深圳市保安區龍華街道辦和平東路金鑾時代大廈8樓801

客服免付費專線：0800-525633

理器介面，它們都在一塊晶片上。晶片上沒有應用處理器 — 節省成本，降低功耗，縮小了晶片的尺寸。在使用時，nRF24AP2 負責無線連接，並且緊密地連結到在自行車碼表中的應用處理器，它監測無線應用系統。Nordic 把這種方法稱作“單晶片連接”，因為它準確地說明了它所提供的功能。

下一頁：[要求互用性](#)

要求互用性

一個專有的無線連接解決方案(也就是使用的所有的解決技術方案 屬於一家公司)總是勝過可互用的技術，例如 ZigBee 或者藍牙。為什麼呢？因為製造商能夠對協定進行優化，不需要為了保證互用性而另外增加開支。其優點 是，得到的解決方案更有效率，功耗更低，並且降低了成本。缺點是缺乏互用性。

一個專有的無線連接解決方案缺乏與其他晶片製造 商的器件的互用性，對於原始設備製造商來說，如果它需要一個技術來保證與其他公司的產品中的無線晶片進行連接(例如，上面舉例的自行車碼表，它連結到其他 公司製造的感測器上)，就有問題。這種標準化的互用性，是由正式的廠商聯盟提供資金支援的，例如 ZigBee 聯盟、IEEE 這些標準組織，或者藍牙技術聯 盟。產品必須按有關規範進行測試，進行互用性認證，確定它符合某一個特定標準。

對於產品開發商，按標準的要求設計出來需要很 長的時間，進行測試認證，需要時間會增長，費用會增加，但是優點是很多的。可互用的解決方案會刺激市場的增長，因為它會增強設備製造商的信心——這項技術 會使用很多年，市場上有多家晶片供應商供應晶片，增加競爭，壓低價格，品質是有保證的，因為晶片製造商必須按照規範進行認證。

上述的 ANT+技術是可互用的超低功耗無線技術的一個例子。它是由一個有 220 多家公司的聯盟監管，並且已經為一些製造商所採用，成為事實上的標準，這個製造商 中有自行車行業的製造商 Garmin 和 Trek。而且，在最近，除了 Nordic 半導體，另外一家半導體公司已經開始提供 ANT 晶片。

不過，具備互用性的短距離射頻解決方案中，最成功的(以交貨量計)仍然是藍牙無線技術。



筑波科技股份有限公司
ACE.Solution Co.,Ltd.

www.acesolution.com.tw

電子儀器/WLAN測試整合專家

新竹辦公室 TEL : 03-5525633 FAX : 03-6561379

新竹縣竹北市台元街28號2樓之1 (台元科技園區)

蘇州辦公室 TEL : 86-512-89188620 FAX : 86-512-89188630

蘇州市宮巷78號吳商會館8309室

深圳服務處 TEL : 86-755-29351095 FAX : 86-755-29474450

深圳市保安區龍華街道辦和平東路金鑾時代大廈8樓801

客服免付費專線：0800-525633

下一頁：[擴展藍牙技術](#)

擴展藍牙技術

藍牙技術聯盟已經通過一個新版本擴大了藍牙技術，這個版本的藍牙技術可以用鈕扣電池供電。所謂藍牙低耗能技術，它已經設計成可以讓感測器和外設互相溝通，可以用於下一代行動電話。2009年12月，藍牙低耗能技術被採納，作為4.0版本藍牙核心規範的一部分。Nordic半導體把它廣泛的超低功耗無線設計知識貢獻給這門技術，在規範的制訂中起了重要作用。

半導體供應商現在在交付藍牙低耗能晶片。例如，Nordic最近發佈了它的 μ Blue系列藍牙低耗能晶片的第一個產品。 μ Blue系列中的第一個產品是nRF8001，這是一個完整的藍牙低耗能解決方案，它採用尺寸為 $5 \times 5\text{mm}$ 的32引腳QFN封裝，其中納入嵌入式射頻系統，鏈路控制器和主機子系統，適合手錶、感測器和遙控器，還有其他用途。Casio最近發佈的G-SHOCK藍牙低耗能手錶使用了這種晶片（參見圖3a和b）。



圖3：Nordic半導體的 μ Blue nRF8001是該公司的藍牙低耗能晶片，Casio已經把它用於G-SHOCK低耗能手錶。

這種手錶是第一個使用藍牙低耗能技術的商品之一，它包含的功能有：從智慧手機校正手錶的時間，智慧手機發信號到手錶提醒來電、收到電子郵件和短信的通知，以及查找功能，它可以讓用戶找到不知道放在什麼地方的電話。



www.acesolution.com.tw

電子儀器/WLAN測試整合專家

新竹辦公室 TEL：03-5525633 FAX：03-6561379

新竹縣竹北市台元街28號2樓之1（台元科技園區）

蘇州辦公室 TEL：86-512-89188620 FAX：86-512-89188630

蘇州市宮巷78號吳商會館8309室

深圳服務處 TEL：86-755-29351095 FAX：86-755-29474450

深圳市保安區龍華街道辦和平東路金鑾時代大廈8樓801

客服免付費專線：0800-525633

藍牙技術聯盟的明確目的是通過藍牙低耗能技術內容的發佈，其中包括個人用戶周邊設備(PUID)(如手錶)、遙控器、感應警報器、電池狀態顯示和心率顯示，跟進藍牙 4.0 版。其他保健監測方面的內容，如血糖和血壓，自行車節奏和自行車曲軸功率，隨之而來(圖 4)。

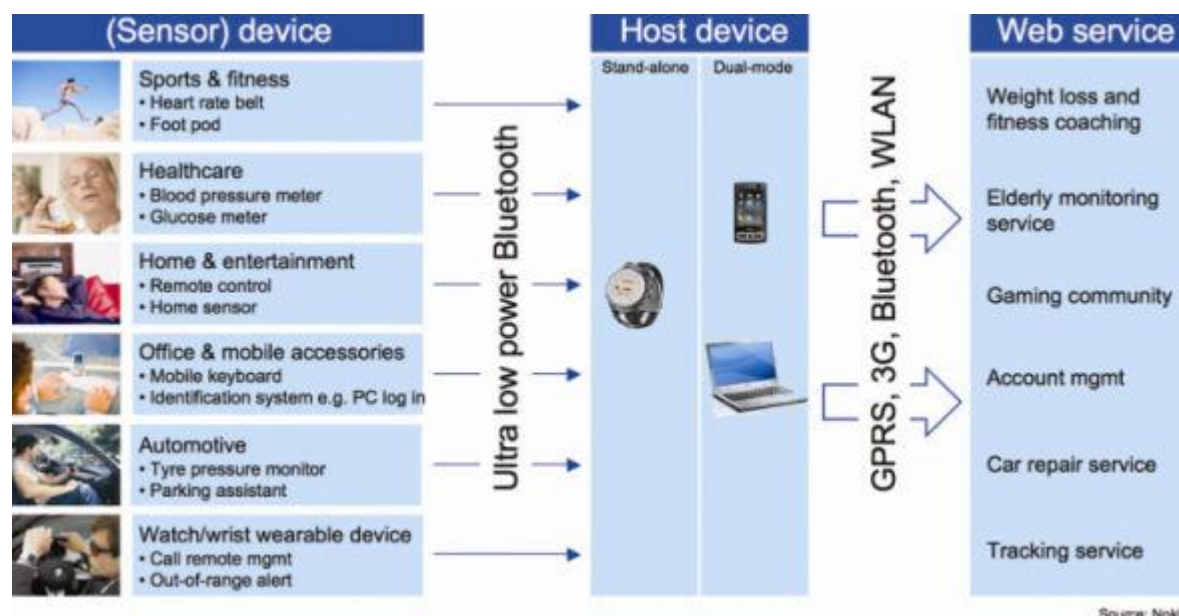


圖 4：藍牙低耗能技術的早期應用將是體育、醫療保健和娛樂等方面。

藍牙低耗能感測器的成本低、維護成本低(因為很少更換電池)，這將鼓勵人們在公共場所廣泛地方使用它。一個關鍵的用途可能是室內定位系統(在室內沒有 GPS 信號)，這時，佈置在大型公共建築物(例如機場或火車站)四周的感測器不斷發出他們的位置資訊。配備藍牙低耗能技術的行動電話在一定範圍內可以把這些資訊顯示出來給它的主人。感測器可以傳送其他的資訊，例如飛行時間和登機門，娛樂設施的位置，或者附近商店提供特別優惠的資訊(圖 5)。



圖 5：在機場候機室這些大型建築物裡面，可以把藍牙低耗能裝置放在關鍵性的位置，通過行動電話告訴旅客他們所在的位置。

藍牙 4.0 晶片也很快可以買到。2011 年下半年，行動電話這些設備，應該開始納入藍牙 4.0 晶片。一旦出現這種情況，這個令人興奮的新技術的全部潛力將開始變成現實。

Nordic 半導體公司的行政總裁 Sverre-Tore Larsen 說：“一旦設計師有一種廉價的方法，可以把可互用的無線連結加到電池供電的任何東西中，即使用的電池是最小的設備，它的應用潛力也是巨大的。設計師會有數千種方式使用這個連結。”

此文章源自《電子工程專輯》網站