

技術篇

# 整合型居家健康監測

■文：Vidushi Kshatri/ADI 公司智慧建築部門經理

健康照護業面臨三大挑戰：老年人口不斷成長，慢性病例數急劇增加，健康照護的花費也呈現爆炸性成長。預計在 20 年後，老年人口將呈現指數成長。到 2030 年，歐洲人口的三分之一會超過 65 歲，其中 40% 需要協助。在得不到足夠的照顧下，老人有失去自主能力的風險。因此，老年人高度期待自主的生活方式，但老年人的自主生活方式卻常常得冒著高度風險。許多智慧化居家技術運用各式各樣的感測器得以實現，現已開發出許多用來追蹤和監測家中老年人的活動，並協助他們自主生活。配備感測器網路的建築物和城市環境，為老年人和病人帶來了維持自主性的機會。

環境輔助生活 (Ambient assisted living, AAL) 在這方面提供了一系列的優點。這些優點包括連結了病人、醫生和醫療設備，大大提高了醫療和照護的效率。無論病人在哪裡，連結可以自動記錄並評估他們的活動與健康資料。因此，可以在病人的健康狀況實際惡化之際再呼叫醫務人員。其目標是降低健康照護部門的成本，並改善病人的照護——即便病人不再於醫院裡不間斷的監測，而是在居家生

活來監測。

人類行為分析和活動識別，在當今 AAL 系統中密不可分。可靠而準確的監測，以及需要時即時致動，都是這些系統必須具備的要求。日常活動，如煮食、睡覺和清潔是老人或病人身體能力的良好指標。因此，自動識別這些活動的系統可以自動進行健康監測，並為醫務人員提供客觀的測量方法。這樣的系統應該能夠檢測到任何異常情況，像是突然跌倒，並提供立即致動。因此，活動監測系統是未來健康應用的關鍵一步。

在這篇文章中，我們介紹一套整合型的居家健康監測系統，包括一個視覺式活動監測系統，以及一個生命徵象的監測系統。該系統的目的是能夠監測個人的活動，同時能夠在進行該活動時監測其生命徵象。可穿戴醫療技術與嵌入式視覺技術的整合（綁定）是實現真正的居家健康監測系統的關鍵。

## 視覺式感測

到目前為止，活動監測市場主要由影像監控技術主導。然而，隨著居家環境中這種活動監測的轉變，影像分析由於其根本的缺陷（例如侵犯被監測者的隱私，以

及對傳輸的資料負荷量要求——就因為是視訊）不再是適當的解決方案。嵌入式視覺感測技術的出現有助於克服這兩項問題。嵌入式視覺感測平臺在系統輸出的邊緣節點執行即時處理，而該輸出僅會用到遙測／處理過的資料——因此可克服隱私問題，因為傳輸的資料不是影像或圖像（侵犯隱私），而只有如烹飪、打掃或睡覺等活動資料。由於只傳輸遙測資料，所以降低的資料速率節省了超過 90% 的頻寬需求，進而節省了傳輸影像所需的成本。

活動監控嵌入式視覺系統包括偵測到人員，追蹤人員移動，識別人員的姿勢與關注的活動。嵌入式感測平臺的典型架構通常由以下部分組成：

■光學系統（一個 CMOS 感測器加上鏡頭）：用來擷取圖像。正確的光學配置需要根據視野、系統的配置與房間的幾何形狀來定義。有時 CMOS 感測器可能會做一些影像預處理，可降低嵌入式處理器的處理負擔，進而在正確的工作週期下降低系統的功率消耗。

■處理系統：處理器是這個系統的核心，如今倍受期待來做更多的

控制、感測和介面，而且消耗極低的功率和佔用極少的面積。嵌入式系統平臺中的處理器，對光學系統擷取來的影像執行影像處理算法。處理完成後的系統輸出只是遙測資料。在居家照護的情境下，輸出可以是關於人員的活動，例如人員是否正在睡覺、清潔，或是已經跌倒。

■連接性：嵌入式視覺系統可以是有線式或無線式。然而，在居家環境中，無線連接更合適。由於輸出的只是遙測資料，而不是原始影像資料，所以傳輸的酬載大大降低。之後將其傳輸到雲平臺，並在護士或管理員端以應用程式的形式即時提供。

■雲端 / 資料分析：這構成了系統的後端。雲端基礎設施不但能以應用程式的形式即時取得資料，還可以運行後臺資料分析演算法，來辨識居家活動於情境下的下一步。

## 系統設計的考量和主要挑戰

■可靠性：活動監控系統必須以最可靠、安全和準確的方式提供活動資訊。還有，在發生緊急情況時，系統必須能夠準確地檢測到急診場所並發出警報，以減少誤報的發生，防止出乎意料的聯繫人員或急難調度。

■延遲時間：由您的活動監控系統產生的即時響應 / 致動 / 示警警報是一項功能，該功能定義了安全系統的確切潛力。監控您的活動的基本功能（像是睡覺、走動、清潔，或是緊急情況）都應該即刻報告，以便在事件和報告之間實現最短的延遲時間。

■干預護：最後，活動監控系統需要盡可能防止干擾。干擾可能發生在系統的任何階段，無論是處理週期中的終端節點、無線 / 有線連接，還是資料控制以及分

析結束階段。侵犯大樓的自動化系統 / 網路，是保全系統和居家監控系統非常關心的議題。

## 嵌入式視覺感測平臺

ADI 的 BLIP(Blackfin 低功率消耗成像平臺) 是一款低成本、低功率消耗、高性能的嵌入式視覺感測平臺，可以運行大量的即時感測和影像處理演算法。BLIP 由 ADI 的 Blackfin 系列處理器 ADSP-BFxxx 組成，非常適用於嵌入式視覺感測演算法。有關 BLIP 和 ADI 產品的更多資訊，請登錄 [analog.com/blip](http://analog.com/blip) 網頁。

## 精確、袖珍與低功率消耗的生命徵象量測

2016 年 1 月初，在拉斯維加斯舉行的 CES 展上，ADI 首次展示了這個解決方案。展場上所提交的生命徵象量測 (measurement of

圖 1：居家使用的綜合健康監測系統。系統監控人員的活動與重要參數。

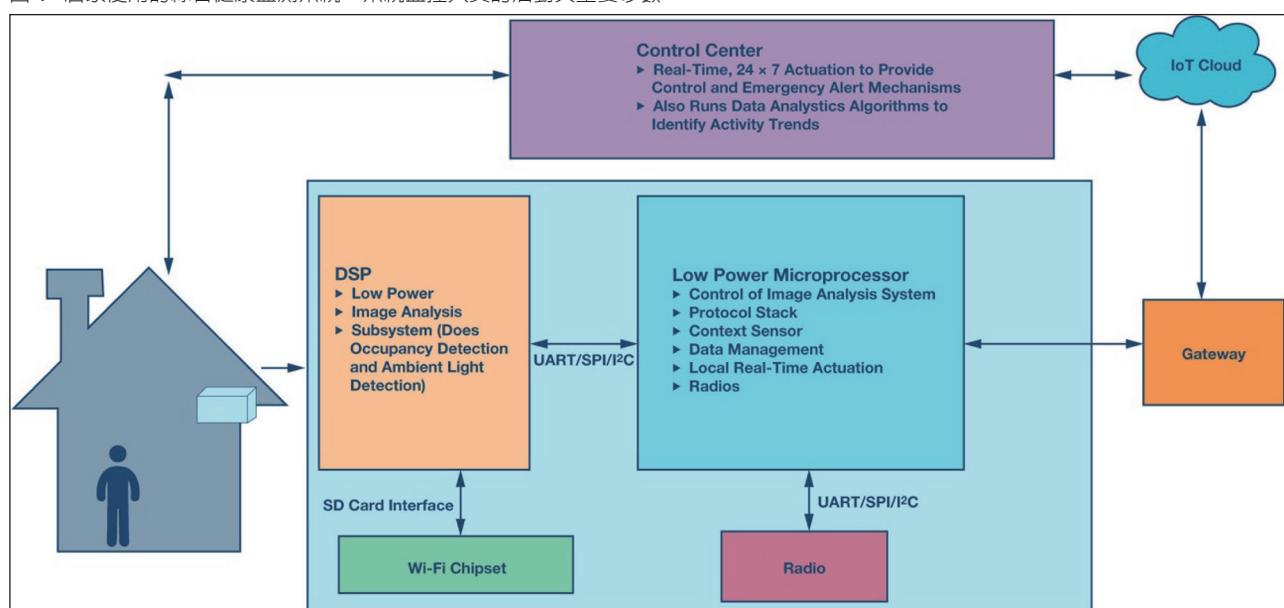


圖 2:ADI 的 GEN II 整合可穿戴型裝置參考設計



vital signs, VSM) 包括心跳率和心臟活動力，並且透過戴在手腕上的手錶顯示出來。

在這款手錶的內部，我們看到的是個模組化的架構，包含一片嵌入微控制器的主板，該控

制器是由 ADI 所推出的新型 Cortex-M3 微控制器，這是目前市面上功率消耗最低的 M3 控制器 ADuCM302x，再加上一顆 2.4 GHz 無線電收發器，該收發器可遵循 Google 執行緒協定 (Google Thread protocol) 來傳送 VSM 資料。在子板上是一顆測光前端 ADPD103，由三顆綠光 LED、一顆光電二極體與市面上功率消耗最低的三軸加速度計 ADXL362 所包圍。這兩個裝置彼此同步，以更有效地補正人員的移動。

ADPD103 是一款測光前端，藉由反射式光學量測，通過其 LED 驅動器送出 8 mA 至 250 mA 的電流，以點亮元件外部的 LED。這些 LED 照亮皮膚，並藉由光電二極體運用反射來測量，因此信號經由前

端取得，然後經過 14 位元 ADC 進行放大、濾波、積分和轉換，然後經過 I<sup>2</sup>C 介面傳輸到主控端。

將 LED 和光電二極體外置具有多項優點：可以選擇 LED 數量、LED 顏色、電流強度，特別是可以找出 LED 與光電二極體的最佳間距，使調變指數最大化 (調變指數可設定交流 - 直流比，因此可設定反射信號的品質)。還可以讓你選擇光電二極體的大小 (光電二極體越寬，調變指數會越高)，而且有機會再加入一顆超低雜訊和低功率消耗的電流放大器。

LED 的顏色是由所執行的測量類型 (HRM- 心跳速率，脈搏血氧飽和度)，以及皮膚上的測量位置來選擇。為了測量手腕上的心跳速率，我們選擇綠光 LED，因為其血紅素吸收率在 500nm 到

圖 3: 整合式健康監測系統方塊圖

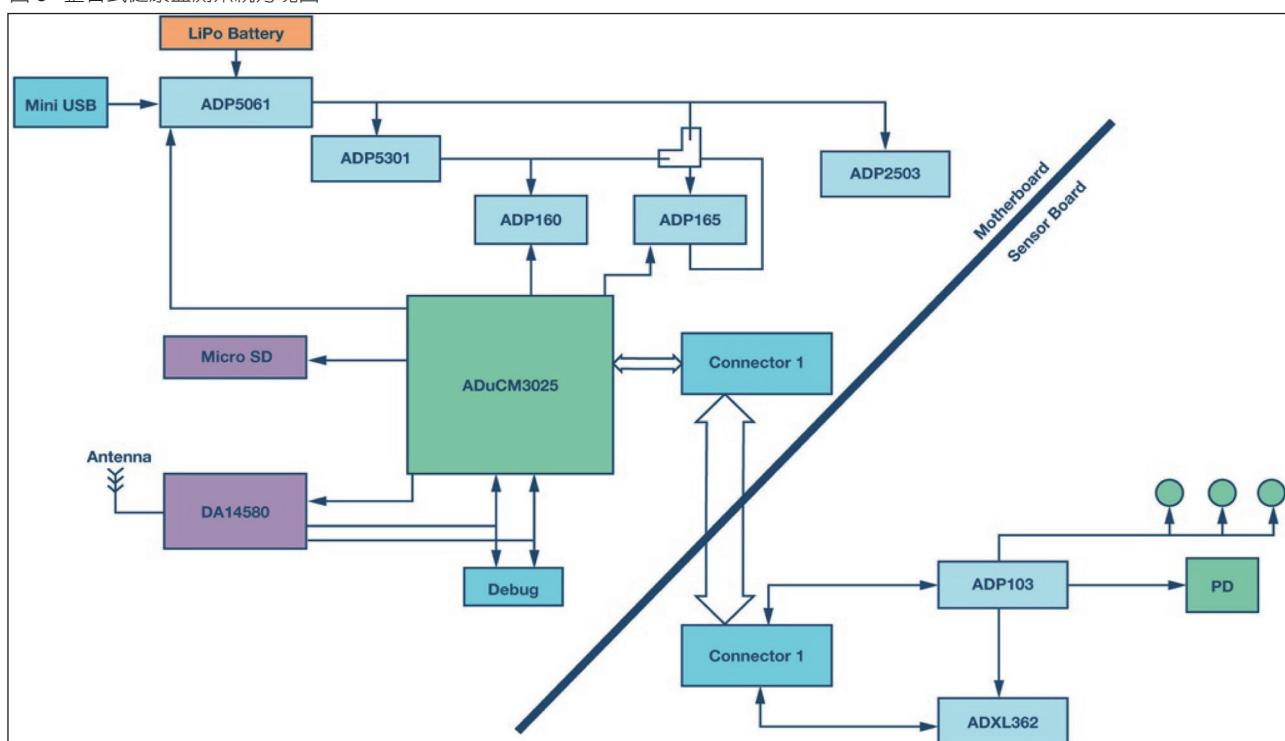
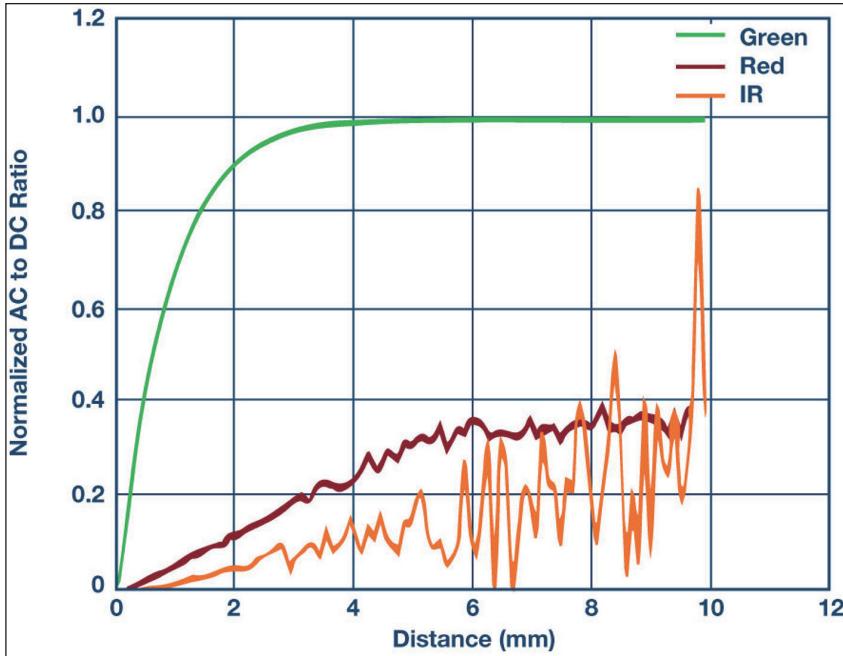


圖 4：調變指數為 LED 和光電二極體之間間距的函數。



600nm 波長處是最高的。心跳影響手腕血流量，而血流對綠光的吸收又是最理想的，在心搏之間，血流會下降。藉著每秒閃爍數百次綠光 LED，ADPD103 可以計算每分鐘的心跳次數，這就是您的心跳速率。建議將綠色發光二極體與光電二極體的距離縮小到 3mm 或更多，以提高調變指數，如圖 3 所示。

如果我們要測量脈搏血氧飽和度，那麼我們就要選擇一顆紅光 LED 和一顆紅外光 LED，我們將用手指來做（我們也用這個方法來做出 HRM），因為手指有非常高的微血管密度。脈搏血氧飽和度是醫生用來評估和快速控制患者呼吸功能的非侵入性方法。藉由光電二極體接收的紅光與紅外光的比率，來表示血液中充氧的血紅素與缺氧的血紅素的百分比。血液中的氧飽和度也被稱為 SpO<sub>2</sub>。

因此，血氧飽和度可藉由測量微血管中血液的血紅素對光的吸收率，特別是測定每顆紅血球的氧合血紅素（充氧的血紅素）和去氧血紅素（缺氧的血紅素）的比率：  
■ 98% SpO<sub>2</sub> 意味著每個紅血球裝載 98% 氧合血紅素和 2% 去氧血紅素

ADI 還為面積受限的應用提供模組解決方案（類比前端、光電二極體和 LED 在同一模組上），不需要對光學測量進行大量最佳化。所以包含紅光 LED 和紅外光 LED 的 ADPD142，可以在手指上進行 SpO<sub>2</sub> 測量。後續產品 ADPD144 提供了另一種改良的機構設計，可減少內部光污染（即 LED 與光電二極體之間的外界直射光），在 24,425 次取樣測量中只有 2.6% 的平均測量誤差，因此可以符合 FDA 規範。ADPD144 的封裝尺寸為 5

mm×2.8 mm，高度為 1.35 mm。

如上所述，為了最大化調變指數，並因此使測量信號的品質最佳化，在 LED 和光電二極體之間必須有最小的間隔，這在空間受限的模組中可能不是最理想的。因此，對於因運動、排汗，以及皮膚表面會有接觸位移而受到額外限制的運動手錶等應用，ADI 只推薦使用外置 LED 和光電二極體的解決方案。

在軟體方面，ADI 提供光度感測器和加速度計的驅動程式，並在 CES 上推出了自家的運動補償演算法，該演算法可在使用 Cortex-M3 內核的 ADuCM3027 上執行，只動用 1.5 MIPS、13 kB ROM 和 7.8 kB 的 RAM。這是一個重大的突破，因為在那之前，這類型的演算法要用浮點計算，因此需要一顆 Cortex-M4 級的處理器，這一級的處理器功率消耗更大，成本更高。

還要注意，著色的皮膚，也就是紋身，會影響測量時反射信號的品質。建議不要將解決方案放在紋身的紋路上；對於皮膚顏色較深的人來說，調變指數會稍微降低，因此需要針對該產品的光學設計再做最佳化。

## 超低功率消耗平臺

現在，讓我們試著測定之前提到那隻手錶的功率消耗，假設我們在 Cortex-M3 ADuCM3027 上執行運動補償演算法與部分特性，以確立 LED 的功率消耗。

ADPD103 在一個到兩個時間槽上送出一個 LED 脈衝列。舉例來說，這可以從一顆 LED 到另一個 LED 送出不同數量的脈衝。ADPD103 的功率消耗是 AFE 和 LED 功率消耗的總和。

讓我們舉例來說明這些條件：

- FS = 100 Hz；2 個時間槽；脈衝週期 A = 20μs；脈衝週期 B = 40μs
- 脈衝數 A = 4；脈衝數 B = 8
- LED A 中的最大電流 = 25 mA；LED B 中的最大電流 = 100 mA
- 脈衝持續時間 A = 3μs；脈衝持續時間 B = 3μs
- 所以 LED\_A 的有效電流 =  $(3 \times 4/10000) \times 25 \text{ mA} = 30 \mu\text{A}$
- 所以 LED\_B 的有效電流 =  $(3 \times 8/10000) \times 100 \text{ mA} = 240 \mu\text{A}$
- AFE A 通道的電流 =  $\text{FS}((20 + \text{脈衝數} \times \text{脈衝週期}) \times \text{Vddpeak}$

$$+ 0.13) = 100((20 + 4 \times 20) \times$$

$$0.0093 + 0.13) = 106 \mu\text{A}$$

■ AFE B 通道的電流 =  $\text{FS}((20 + \text{脈衝數} \times \text{脈衝週期}) \times \text{Vddpeak}$   
 $+ 0.20) = 100((20 + 8 \times 20) \times$   
 $0.0093 + 0.20) = 187 \mu\text{A}$

■ ADPD103 的總電流 (包括兩顆 LED 的功率消耗) 為 563μA

如上所述，ADI 開發的運動補償演算法執行起來只需要 1.5 MIPS，約佔運行頻率 1.5 MHz。ADuCM3027 的功率消耗為 38μA/ MHz，意味著微控制器消耗 57μA。ADXL362 消耗 2μA，取樣頻率為 100 Hz，因此 AFE 和 LED，Cortex-M3 和加速度計系統在這個例子中消耗 622μA。這樣的低功率消耗可在不充電下，讓手錶內建的 LiPo 電池使用時間最長。在待機模式下，ADPD103 消耗 3.5μA。其後續產品可以將這個

值降低到 1μA。

請注意，這個例子演示的功率計算並不適用於高精度的應用。依據目標產品，藉由 LED 電流，以及與系統功率消耗直接相關的取樣頻率，您可以得到也許較好，或是較差的結果。

以上可說明 ADI 的低功率消耗解決方案，有助於減少照護的充電時間和功率消耗，使老年人能夠過上更加獨立的生活方式。

## 關於作者

Vidushi Kshatri 是 ADI 智慧建築的部門經理，擁有電子和通信工程的背景，專長為機器學習和視覺化技術。她於 2015 年進入 ADI，擔任應用工程師，從事於物聯網和環境監測應用，然後開始管理 SMART 建築部門。您可以透過 vidushi.kshatri@analog.com 與她聯繫。CTA

## NOKIA、T-Mobile 與 Intel 建置首座 28GHz 5G 商用基站

諾基亞、T-Mobile 及英特爾，藉由在美國華盛頓州貝爾維尤市 (Bellevue) 的繁忙市區部署 28 GHz 戶外型 5G 商用無線系統，其運用諾基亞 5G 商用 AirScale 解決方案和英特爾 5G 行動測試平台，在 28GHz 無線頻段上進行數據傳輸，幫助 T-Mobile 部署第一個跨供應商之間的 5G 網路。此次合作讓此三家公司朝推動 5G 標準化、改善晶片與設備 5G 生態系統，以及為非電信商客戶提供最佳網路體驗的目標再邁進一步。

此意味著將 5G 毫米波 (mmWave) 無線效能及傳輸測試朝真實環境的第一步，讓 5G 技術由實驗室跨入實地應用。此測試也有助於 T-Mobile 和諾基亞瞭解 5G 毫米波技術如何與現有網路整合，並與 LTE 共存。

為實踐 5G 願景，從 600MHz 到毫米波的所有頻譜資源均須納入規劃環節。5G 背負著提升超寬頻體驗與連結萬物的衆望，因此必須將提供行動能力的大範圍網路覆蓋納入全國性的網路佈建策略。