

國家科學及技術委員會補助產學合作研究計畫成果精簡 報告

設計並實現具備用電源的無線感測系統：結合能量採集器之即時監測血氧濃度、心率和遠紅外線熱傳感器陣列

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：NSTC 110-2622-E-018-005-
執行期間：110年11月01日至112年01月31日
執行單位：國立彰化師範大學資訊工程學系

計畫主持人：張家濟
共同主持人：魏清泉
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：楊佳璋

處理方式：
公開方式：立即公開

中華民國 112 年 04 月 20 日

中文摘要：2022/3/15取得美國發明專利US11275418 B1，專利名稱為「Wireless Sensing with Backup Power」做為無線感測模組的系統核心。該專利技術是一種無線感測系統，透過該無線感測系統中的一個控制單元以及受到該控制單元之電性控制的一個備用電源單元等結構特徵，改善無線感測系統雖處於休眠模式，仍能透過該備用電源單元具有微量供電的技術特徵，使該無線感測系統整體得以維持基本的供電效能，將能大幅改善如先前技術所提之不斷消耗電源電力的現象，進而優化該無線感測系統整體的電源電力之功效。該技術能讓系統核心進入最深層睡眠模式或關閉模式，卻能自主喚醒當無線感測模組處於關閉電源狀態時，備用電源單元除了提供無線收發器瞬時電流之外，另一個目的是提供Nano-power計時器維持基本運作，以達到消耗最低整體系統電力。

中文關鍵詞：低功耗、計時器-觸發、無線感測裝置

英文摘要：This project is a one-year project that has three goals. The first goal is to design and implement a low-cost, single-cell battery, low power and multi-protocol wireless device. The second goal is to port timer-driven OS to our self-made wireless device. A low-cost and low-power mechanism can periodically turn on/off our device with nano-power timer. Using a single AAA cell can make 50% reduction in size. We add a large low-leakage capacitor to provide backup operation for a relatively short time. We implemented a timer-driven OS running on our self-made wireless device. The OS kernel consists of three main parts: a two-level scheduler, an error detector, and a power-saving module. The two-level scheduler consists of a FIFO scheduler and a timer scheduler. The FIFO scheduler is responsible for sporadic tasks and the timer scheduler is responsible for periodic tasks. The nano-power timer is able to generate an external interrupt at regular intervals and the external interrupts can also interrupt our wireless device. Finally, we will deploy a timestamp and task-oriented IoT application and use battery simulator to evaluate the power consumption and life-time of our wireless device.

英文關鍵詞：ultra-low power, timer-trigger, wireless sensor device

科技部補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/期末報告)

設計並實現具備用電源的無線感測系統：結合能量採集器之即時監測血氧濃度、心率和遠紅外線熱傳感測器陣列

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：MOST 110-2622-E-018-005-

執行期間：110年11月01日至112年1月31日

執行機構及系所：資訊與工程系

計畫主持人：張家濟 副教授

共同主持人：魏清泉 教授

計畫參與人員：楊佳彰

中 華 民 國 112 年 3 月 18 日

中文摘要

2022/3/15 取得美國發明專利 US11275418 B1，專利名稱為「Wireless Sensing with Backup Power」做為無線感測模組的系統核心。該專利技術是一種無線感測系統，透過該無線感測系統中的一個控制單元以及受到該控制單元之電性控制的一個備用電源單元等結構特徵，改善無線感測系統雖處於休眠模式，仍能透過該備用電源單元具有微量供電的技術特徵，使該無線感測系統整體得以維持基本的供電效能，將能大幅改善如先前技術所提之不斷消耗電源電力的現象，進而優化該無線感測系統整體的電源電力之功效。

該技術能讓系統核心進入最深層睡眠模式或關閉模式，卻能自主喚醒當無線感測模組處於關閉電源狀態時，備用電源單元除了提供無線收發器瞬時電流之外，另一個目的是提供 Nano-power 計時器維持基本運作，以達到消耗最低整體系統電力。

關鍵字：低功耗、計時器-觸發、無線感測裝置

Abstraction

This project is a one-year project that has three goals. The first goal is to design and implement a low-cost, single-cell battery, low power and multi-protocol wireless device. The second goal is to port timer-driven OS to our self-made wireless device.

A low-cost and low-power mechanism can periodically turn on/off our device with nano-power timer. Using a single AAA cell can make 50% reduction in size. We add a large low-leakage capacitor to provide backup operation for a relatively short time.

We implemented a timer-driven OS running on our self-made wireless device. The OS kernel consists of three main parts: a two-level scheduler, an error detector, and a power-saving module. The two-level scheduler consists of a FIFO scheduler and a timer scheduler. The FIFO scheduler is responsible for sporadic tasks and the timer scheduler is responsible for periodic tasks. The nano-power timer is able to generate an external interrupt at regular intervals and the external interrupts can also interrupt our wireless device. Finally, we will deploy a timestamp and task-oriented IoT application and use battery simulator to evaluate the power consumption and life-time of our wireless device.

Keywords: ultra-low power, timer-trigger, wireless sensor device

1. 背景與目的

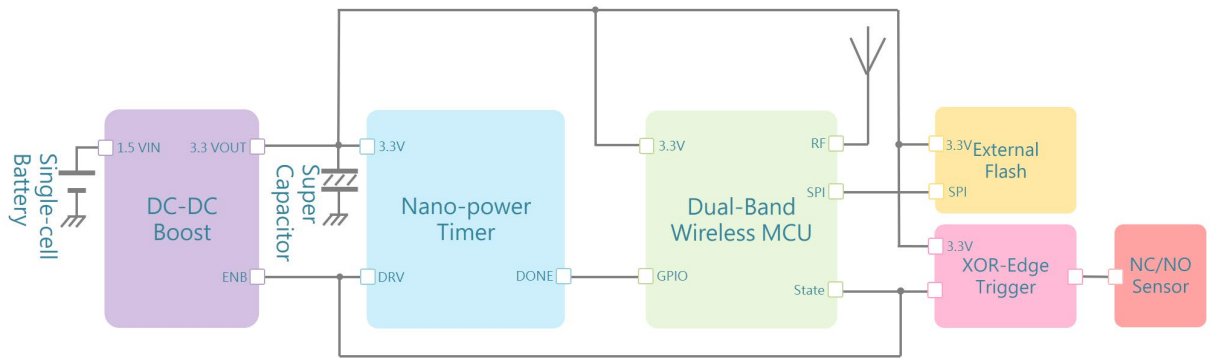
市面上無線感測模組的電力來源常常來自於牆壁上的 AC 電源或是電池，有些時候更換電池會是一項昂貴且繁複的維護項目，特別是部署在危險區域(如核子反應爐設施)或是嚴苛環境(如輪船輪機組)的無線感測裝置，進入睡眠模式或許可以延長無線感測裝置的生命週期，然而電池電力總是會有耗盡的時候。尋求大自然的再生能源，如太陽能、風力、潮汐能、地熱能也是近年來無線感測模組的電力輸入來源。研究團隊認為目前的能量採集技術可以將再生能源轉換成約 100mA 電流輸出，這樣的電力應該可以滿足無線感測模組所需的工作能量，同時也能解決電池電力耗盡的問題。我們將聚焦在如何將微小的振動能量轉換成可監控血氧濃度、心率和遠紅外線熱傳感器陣列所需的電力，並兼具自我喚醒達到資訊交換為目的。我們也會採用美國德州儀器推出一種無線通訊晶片，利用獨家的動態多協定管理器(Dynamic Multi-protocol Manager, 簡稱 DMM)技術，藉由分時多工(Time Multiplexing)、更改配置、通道或其他參數等方式讓單一個無線傳輸器可以切換不同無線協定堆疊(如 Thread、ZigBee 和 BLE)；這樣的設計無須搭載不同的無線傳輸器，就可以操作多種無線通訊標準，大幅減少裝置尺寸和額外的開發費用。

本研究團隊與丞均科技依據 2021 年 4 月 1 日獲得的台灣發明第 I723943 號專利「具備用電源之無線感測系統」為系統核心，實現一個結合振動能量採集系統的計時器-驅動智聯網裝置，利用超級電容和同步升壓轉換器作為備用電源，達到可以自我喚醒和最低功耗表現，感測器則是結合血氧濃度、心率和非接觸溫度等監控功能，並實現專屬的計時器-觸發作業系統。

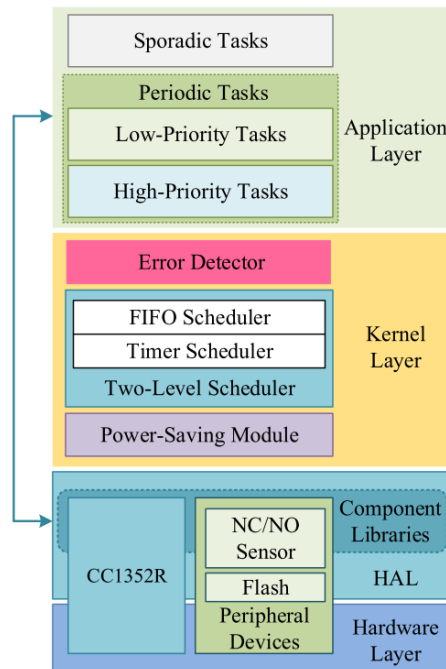
2. 美國發明專利核心：計時器-驅動系統核心

本研究計畫主要是設計並實現以振動能量為電力來源的計時器-驅動無線感測裝置，搭載SpO₂、心率感測器和遠紅外線熱傳感器陣列，同時移植支援能量採集模組的計時器-觸發作業系統。研究團隊以 2021 年 4 月 1 日獲得台灣發明專利第I723943 號「具備用電源之無線感測系統」為系統核心架構，並於 2021 年 9 月 10 日利用台美專利審查高速公路(PPH)，最後於 2022 年 3 月 15 日獲得美國發明專利「Wireless Sensing with Backup Power」，其專利編號US 11275418 B1。

研究計畫實現 2 個研究目標：(1)低成本計時器-驅動之物聯網裝置，(2)實現計時器-驅動作業系統於自製之物聯網裝置，分別如圖 2-1a 和 2-1b 所示。



(a) 計時器-驅動之超低功耗多重無線協定智聯網裝置



(b) 計時器-驅動作業系統

圖 2-1，研究計畫的硬體目標和軟體目標

微處理機、無線傳輸器、外部記憶體、感測器或週邊元件都會有各自的運作模式，如工作模式、閒置模式、待機模式或是休眠模式。每個模式都有消耗不同程度的電力，通常與運作時脈或是開放功能多寡相關。眾所皆知，工作時脈越高、需要功能越多，消耗的電力也越高。開發者會適時在工作模式和睡眠模式切換，以獲取長時間的運作時間。表 2-1 是本研究計畫所採用的無線微處理器-美國德州儀器CC1352R，是一款結合ARM Cortex-M4F微處理器核心與無線傳輸器的一款無線微處理機。CC1352R在Active模式(工作模式)下且系統時脈處於 48 MHz時需耗費 2.82 mA。CC1352R在Idle模式(待機模式)只耗費 580 μ A，而CC1352R大致有 2 類Standby模式，若要保留cache資料需耗費 2.6~2.7 μ A和不保留cache資料需耗費 0.83~0.95 μ A，最後關閉模式(也稱為深眠模式)的耗電量更只消耗約 125 nA。

表 2-1 · CC1352R在各種模式下的耗電量差異

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TYP	UNIT	
CORE CURRENT CONSUMPTION				
I_{core}	Reset and Shutdown	Reset. RESET_N pin asserted or VDD5 below power-on-reset threshold	125	nA
		Shutdown. No clocks running, no retention	125	
	Standby without cache retention	RTC running, CPU, 80KB RAM and (partial) register retention. RCOSC_LF	0.83	μ A
		RTC running, CPU, 80KB RAM and (partial) register retention. XOSC_LF	0.95	
	Standby with cache retention	RTC running, CPU, 80KB RAM and (partial) register retention. RCOSC_LF	2.60	μ A
		RTC running, CPU, 80KB RAM and (partial) register retention. XOSC_LF	2.70	
	Idle	Supply Systems and RAM powered	580	μ A
Active	MCU running CoreMark at 48 MHz	2.82	mA	

計時器-驅動系統核心架構是利用低成本Nano-power計時器TPL5110 取代過去常採用成本較高的外部實時裝置，如圖 2-2。傳統外部實時裝置需要連接一個低頻振盪器才能運作，而TPL5110 則不需要外接低頻振盪器，節省低頻振盪器的成本，只需要在DELAY/M_DRV腳位串接 R_{EXT} 。當TPL5110 啟動時(經過POR狀態)後會經過RESISTANCE READING階段，此時TPL5110 跟據 R_{EXT} 的阻值去決定圖 2-2 右圖 t_{IP} 間隔長度。TPL5110 會在固定時間間隔 t_{IP} 會讓DRV腳位由高準位變成低準位，在 T_{IP} 期間傳送「已經完成」的訊號給TPL5110 (讓DONE腳位由低準位變高準位的訊號)迫使DRV腳位由原先的低準位訊號恢復成高準位訊號，假使沒有傳遞「已經完成」的訊息給TPL5110 的話，TPL5110 也會在下次 T_{IP} 時間間隔內恢復DRV的準位。

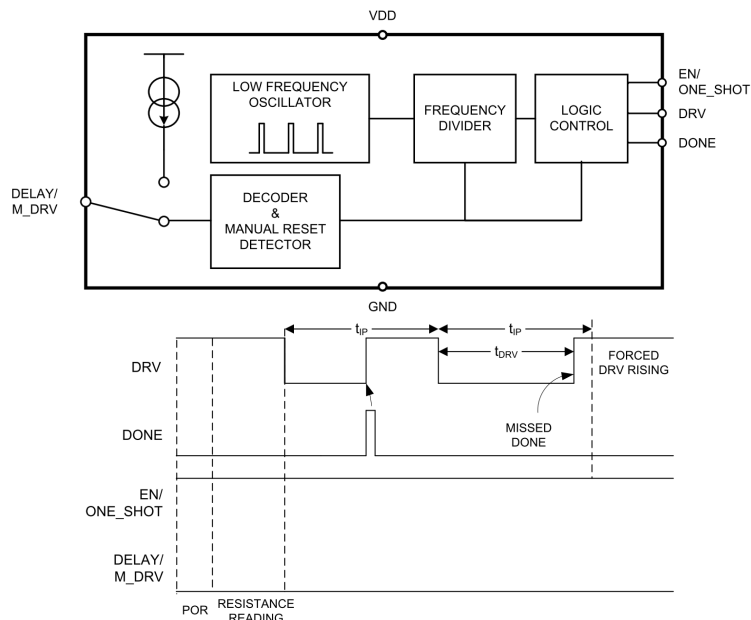


圖 2-2 · 左圖是TPL5110 的系統架構圖，右圖是TPL5110 的計時器模式
為了設定時間間隔 T_{IP} ， R_{EXT} 的阻值可以根據下列公式(1)去計算

$$R_{ext} = 100 \times \left(\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4a(c - 100T)}}{2a} \right) \quad (1)$$

其中T是時間間隔以秒為單位， R_{ext} 是電阻值以 Ω 為單位，而a,b,c參數則根據下表決定

表 2-2 · a,b,c參數在不同時間間隔的配置

項次	時間間隔(s)	a	b	C
1	$1 < T \leq 5$	0.2253	-20.7654	570.5679
2	$5 < T \leq 10$	-0.1284	46.9861	-2651.8889
3	$10 < T \leq 100$	0.1972	-19.3450	692.1201
4	$100 < T \leq 1000$	0.2617	-56.2407	5957.7934
5	$T > 1000$	0.3177	-136.2571	34522.4680

利用Nano-power計時器的DRV腳位可以取代睡眠計時器作為喚醒系統核心的中斷來源，優點是系統裝置可以進入只消耗毫微安電流的深眠模式，除了消耗很少的電流之外，Nano-poer計時器比起睡眠計時器有更長的喚醒時間間隔；換句話說，計時器-驅動系統比起睡眠計時器可以節省更多的電池電力。

3. 感測器與計時器-驅動作業系統設計

在感測器部分，我們採用 Maxim 的 MAX86150 去實現 SpO2 和心率的即時監測，它是一款可實現心電圖(ECG)、血氧濃度(SpO2)、心率監測模組，專門用於穿戴式行動裝置，內建反射式 LED 驅動、AFE、18-bit 以上的 ADC、DAC、ALC 和 32 深度 FIFO 等功能，僅需要及少數電子元件即可輕易實現，特別是它可以同時蒐集心電圖(ECG)和光電容積圖(PPG)訊號，如圖 3-1 所示。

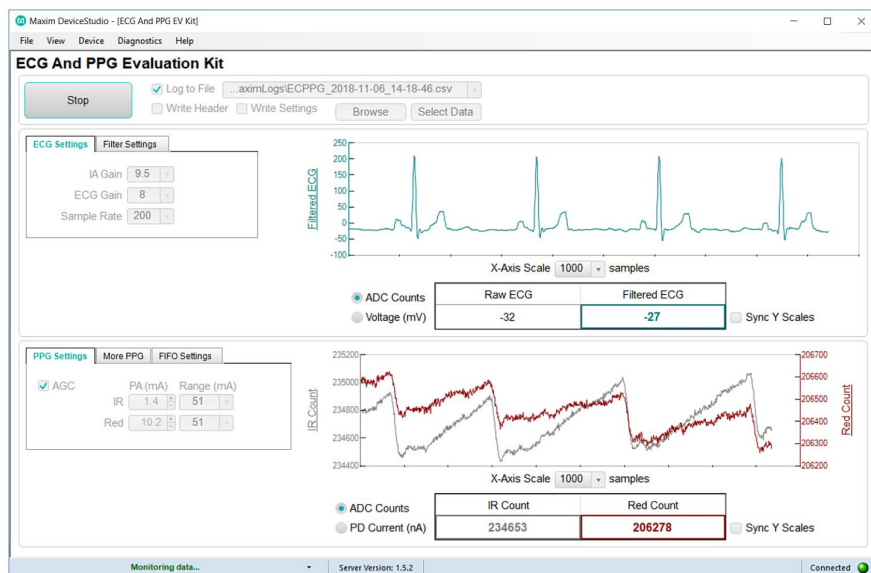


圖 3-1，MAX86150 評估套件的 ECG 和 PPG 訊號蒐集

MAX86150 集成紅光和紅外線驅動器產生脈衝式發光二極體於 SpO2 和 HR 量測。根據 VDD，這些 LED 消耗電流可以從 0mA 到 100mA，而 LED 脈波寬度可

以設定為 50 μs 到 400 μs ，使得量測結果和電力消耗之間取得平衡。MAX86150 也包含近接功能，可以用來確認使用者的手指是否在感測器上，以減少因 LED 驅動電流造成多餘的電力消耗。ECG 子系統對於乾式電極進行最佳化，包含 Maxim 專有類比前端處理技術(AFE)，裡面包含 18-bit ADC 用於心跳訊號的數位處理。SpO2 子系統包含環境光消除(ALC)、連續性 $\Sigma\Delta$ ADC、離散時間濾波器；而 ALC 內建一個 DAC 可以消除環境光源干擾並提昇其動態範圍，連續性 $\Sigma\Delta$ ADC 採用 19-bit 解析度，且 ADC 採樣速率可以從 10 sps 到 3200 sps，離散時間濾波器則可以消除 50 Hz/60 Hz 干擾和延緩些微移動造成的殘餘噪音。圖 3-2 為 MAX86150 建議的參考電路圖。

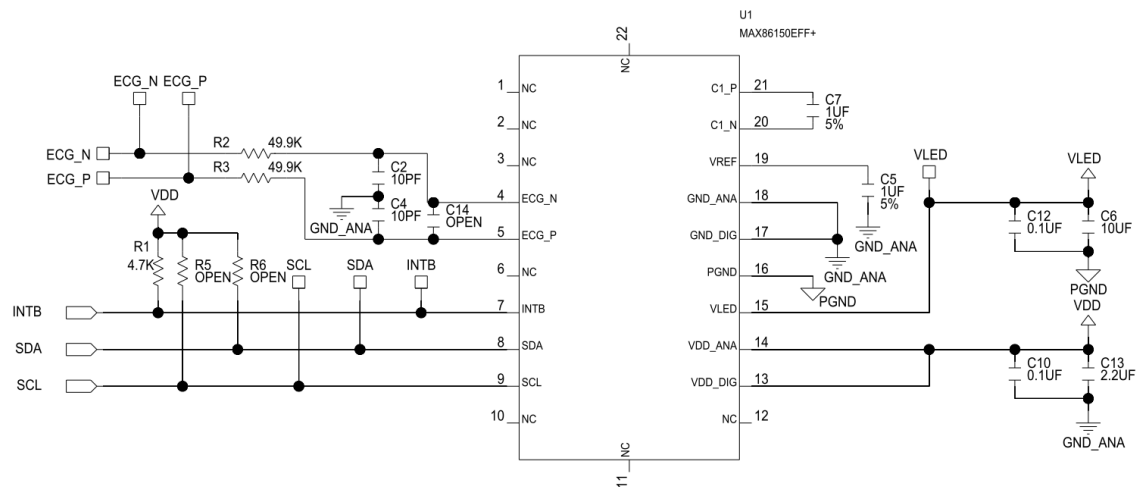


圖 3-2，MAX86150 電路圖

我們實現一個專屬的計時器-觸發作業系統，由下層至上層分別為硬體層、硬體描述層、作業系統核心層和應用程式層共四層，如圖 3-2 所示。

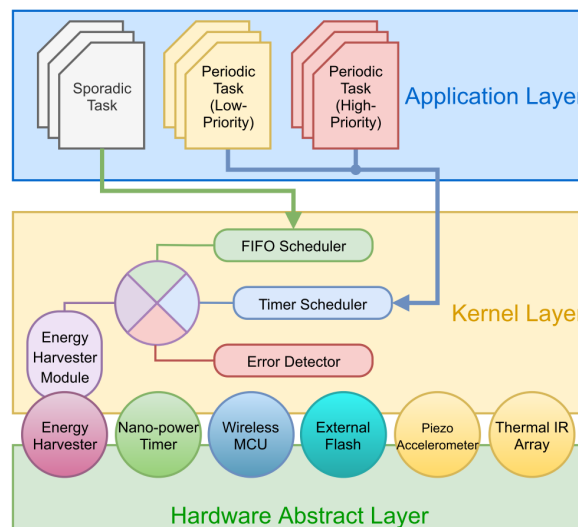


圖 3-2，計時器-觸發作業系統架構圖

硬體層主要是實體物理層，包含微處理機、無線傳輸器、串列埠通訊、外部記憶體或感測器等裝置資訊。硬體描述層是對應實體物理層的相關韌體功能實

現，可以視為硬體對應的驅動程式。作業系統核心層主要分成 3 個區塊：省電模組、2 級任務排程器和錯誤檢知器。省電模組專司進入不同級別的睡眠模式以節省功耗。計時器排程器和 FIFO 排程器構成 2 級任務排程器，其中計時器排程器負責處理週期性任務(Periodic Task)和其時間戳記，而 FIFO 排程器負責處理偶發性任務(Sporadic Task)，如圖 3-3。所有的任務都應該被設計在 Nano-power 計時器的 T_{IP} 內完成，任務執行時間可以利用示波器量測，任務若是超過 T_{IP} 間隔應該被分割成數個任務，使其不超過 T_{IP} 間隔。錯誤檢知器可以讓系統核心發生意外錯誤時的對應處置。

應用程式層則是由週期性任務和偶發性任務組合而成，其中週期性任務還可分成低優先權週期性任務和高優先權週期性任務。由於 Nano-power 計時器控制 DC-DC 升壓轉換器，可以視為外部時脈裝置間歇性喚醒系統核心，最大的差異是此物聯網裝置可以被完全關閉電源。週期性任務必須先行處理時間戳記才能準確地被執行，因此計時器排程器比起 FIFO 排程器有更高的優先權。通常週期性任務處理完畢，才會處理突發性任務。表 3-1 是研究團隊定義在計時器-驅動作業系統的部份功能函式的原型宣告，如 Create_PeriodicTask 用於新增週期性任務於計時器排程器佇列，並在預定的時間週期被執行，Create_SporadicTask 用於新增突發性任務於 FIFO 排程器佇列，並在週期性任務執行完畢後才會處理突發性任務，Delete_Task 則是用於刪除在排程器佇列裡的任務。

4. 結論

考慮鈕扣電池無法提供無線功率放大器(PA)的瞬時電流和節省裝置體積，採用單節(Single-cell)電池和同步升壓轉換器 LTC3429，可以將 1.5V 單節電池提昇至 3.3V 工作電壓。研究團隊提出一種計時器-驅動系統核心設計，可以成功讓物聯網裝置進入關機模式後幾乎消耗零毫微安電流，也可以自主喚醒後與無線閘道器進行資訊交換與設定，更能提供功率放大器 PA 的瞬時電流。我們採用低成本 Nano-power 計時器取代過去使用的外部實時時鐘，可以讓省電發明專利的成本降低 40%。不同於外部實時裝置用於喚醒處於睡眠模式的系統核心，研究團隊將 Nano-power 計時器的 DRV 腳位去連接同步升壓轉換器 LTC3420 的 ("SHDN") 腳位，讓系統核心間歇性進入關閉模式，可以達到幾乎零功耗。另外，我們也添加 1 個超級電容在同步升壓轉換器和 Nano-power 計時器之間，做為 Nano-power 計時器的備用電源。當同步升壓轉換器被關閉時，超級電容提供 Nano-power 計時器基本運作的電力；當同步升壓轉換器被開啟時，超級電容將會被快速充電。超級電容的充放電可以維持物聯網裝置的省電機制正常運作。系統核心採用美國德州儀器 CC1352R 微處理器，一款具有雙頻段(Sub 1-GHz

和 2.4-GHz)的多重無線標準協議(支援 IEEE 802.15.4g、BLE 5.0、6LoWPAN、Thread、ZigBee、KNX RF)，支援動態多協定管理(DMM)，計時器-驅動方式可以是一種分時多工，更容易更改配置、通道或其他參數讓無線傳輸器可以切換不同無線協定堆疊，透過 SDK 設定方式切換不同的無線通訊協定，讓手機 App 得以進行直接控制。物聯網裝置也需掛載外部快閃記憶體，用來儲存系統參數和任務時戳紀錄，以防止斷電後內部記憶體資料遺失。研究團隊也沿用過去研究發明專利「XOR 邊緣觸發器」，無須修改硬體電路即可連接市面上 NC 或 NO 接點感測器，閉合狀態皆產生 1 個負緣喚醒訊號，很適合於喚醒系統核心的中斷來源。

計時器-驅動的物聯網裝置頻繁地在關閉模式和工作模式相互切換，移植一個計時器-驅動作業系統有助於發揮計時器-驅動物聯網裝置的優勢。研究團隊認為 1 個物聯網應用皆可視為偶發性與週期性任務的組合。偶發性任務是一種隨機發生的事件，而週期性任務具有時間戳記，通常在規定時間內被準確地執行。計時器-驅動作業系統總共有硬體層、硬體描述層、作業系統核心層和應用程式層等 4 層。硬體層對應物聯網裝置的實體物理層，研究團隊會實現對應實體物理層的相關韌體功能。作業系統核心層需實現 2 級任務排程器、省電模組和錯誤檢知器等 3 個部份，其中 2 級任務排程器有 FIFO 任務排程器和計時器排程器，分別處理偶發性任務和週期性任務。Nano-power 計時器提供的喚醒週期 TIP 可以視為計時器-驅動系統核心的喚醒週期，每個週期性任務都會賦予時間戳記並在適當的時間被排程器處理，當沒有任務需要被執行時，系統核心就會進入關閉模式。所有的任務都應該被設計在 Nano-power 計時器的 TIP 內完成，任務執行時間可以利用示波器事先量測，若是超過 TIP 間隔該任務應該被分割成數個任務，使其不超過 TIP 間隔，省電模式可以讓系統核心進入不同睡眠狀態，而錯誤檢知器可以讓系統核心發生意外錯誤時的對應處置。

致謝

本研究計畫特別感謝科技部提供經費補助，讓此計畫得以申請發明專利

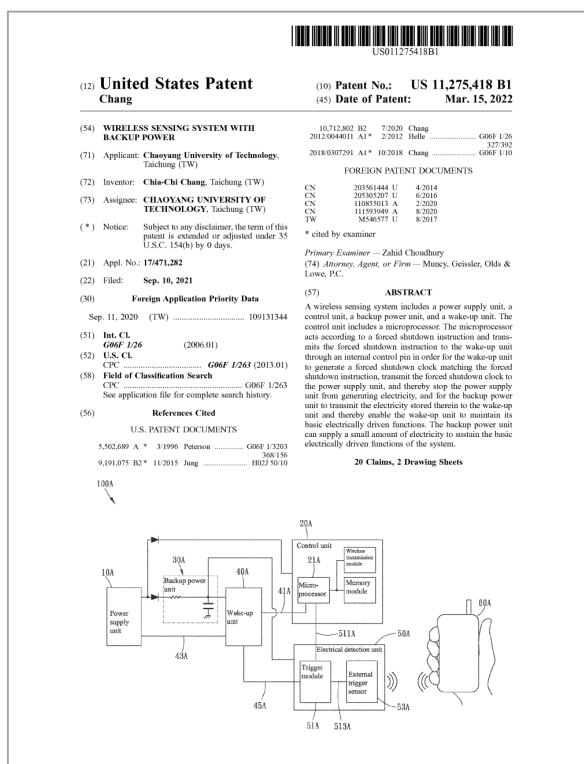
本計畫衍生的相關貢獻

種類	數量(金額)
美國發明專利	1
國際會議	2

本計畫獲得的專利

受惠於本計畫的發明專利如下:

- 2022/03/15 獲得「Wireless Sensing with Backup Power」美國發明專利 US 11275418 B1



本計畫發表之著作

受惠於本計畫的已發表文章如下:

國際會議

- Jia-Zhang Yang, Chia-Chi Chang and Ching-Chuan Wei, "A Low-Power Solution for IoT Devices," in *proceedings of Workshop on Consumer Electronics(WCE2022)*, pp 1-4, Nov. 2022, Yunlin, Taiwan
- Ching-Chuan Wei, Pei-Yi Su, Chia-Chi Chang, Kuan-Chun Chang, "A study on LoRa Dynamic Image Transmission," in *proceedings of 2021 IEEE 4th International Conference on Knowledge Innovation and Invention(ICKII 2021)*, July 2021, Taichung, Taiwan

110年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：張家濟		計畫編號：110-2622-E-018-005-			
計畫名稱：設計並實現具備用電源的無線感測系統：結合能量採集器之即時監測血氧濃度、心率和遠紅外線熱傳感測器陣列					
成果項目		量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)	
國內	學術性論文	期刊論文	0	篇	
		研討會論文	0		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
國外	學術性論文	期刊論文	0	篇	
		研討會論文	2		1. Jia-Zhang Yang, Chia-Chi Chang and Ching-Chuan Wei, "A Low-Power Solution for IoT Devices," in proceedings of Workshop on Consumer Electronics(WCE2022), pp 1-4, Nov. 2022, Yunlin, Taiwan 2. Ching-Chuan Wei, Pei-Yi Su, Chia-Chi Chang, Kuan-Chun Chang, "A study on LoRa Dynamic Image Transmission," in proceedings of 2021 IEEE 4th International Conference on Knowledge Innovation and Invention(ICKII 2021), July 2021, Taichung, Taiwan
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
		參與計畫人力	本國籍	大專生	0
碩士生	1			楊佳彰負責實驗進行與程式撰寫	
博士生	0				
博士級研究人員	0				
專任人員	0				
非本國籍	大專生		0		
	碩士生		0		
	博士生		0		
	博士級研究人員		0		
	專任人員		0		

其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)			2022/03/15獲得「Wireless Sensing with Backup Power」美國發明專利US 11275418 B1		

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫預估研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 0 項	完成技轉授權 0 項
專利	國內	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 1 件	提出申請 1 件，獲得 1 件
人才培育		博士 0 人，畢業任職於業界 0 人	博士 0 人，畢業任職於業界 0 人
		碩士 1 人，畢業任職於業界 1 人	碩士 1 人，畢業任職於業界 1 人
		其他 0 人，畢業任職於業界 0 人	其他 0 人，畢業任職於業界 0 人
論文著作	國內	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 1 件
		SCI論文 0 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
	國外	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 0 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 1 件
		SCI/SSCI論文 0 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
		其他協助產業發展之具體績效	新公司或衍生公司 0 家
計畫產出成果簡述 ：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。 (限600字以內)			
請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估		<input checked="" type="checkbox"/> 達成目標 <input type="checkbox"/> 未達成目標 (請說明，以100字為限) <input type="checkbox"/> 實驗失敗 <input type="checkbox"/> 因故實驗中斷 <input type="checkbox"/> 其他原因 說明：	
本研究具有政策應用參考價值		<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是，建議提供機關	

	(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是 說明：(以150字為限)