

# 開放大洋海氣象監測浮標錨碇與災防應用

楊益<sup>1</sup> 蕭毓宏<sup>1</sup> 邱朝聰<sup>1</sup> 胡智凱<sup>1</sup> 唐存勇<sup>2</sup>

臺灣海洋科技研究中心<sup>1</sup>

臺灣大學海洋研究所<sup>2</sup>

## 摘要

為達有效且能即時的在臺灣周邊遠洋外海進行海洋環境監測之目標，臺灣海洋科技研究中心目前針對颱風議題，在臺灣東南海域侵臺颱風的主要路徑上佈建海氣象觀測錨碇系統。海氣象觀測浮標之錨碇結構設計已於颱風期間經實海域驗證，經由其上所安裝的各種量測儀器，海洋上層諸多氣象與海洋參數可透過鈹衛星網絡將觀測資料以近即時方式傳輸至地面接收站，系統藉由鋰電池組提供電源，可於開闊海域進行海洋與大氣參數的長期監測作業。近即時取得之遠洋外海現場觀測資料為數值預報模式運算時提供極為關鍵的現場數據，預計可有效提升模式預報的精確度，相對增加災害防救前置作業之準備時間。大洋錨碇近即時海氣象觀測平台發展過程中所建立之技術，可同時應用在諸如寒害、海底地震、板塊活動以及海嘯等天然災害的監測作業上。此遠洋外海觀測資料即時傳輸技術之掌握，實為建置海洋災害預警系統之關鍵一環。

關鍵字：錨碇、資料浮標、海洋中心

## 一、前言

國家實驗研究院下轄之臺灣海洋科技研究中心（簡稱海洋中心），成立於 2008 年，其主要之任務宗旨為建立研發平台以深化海洋研究；發展海洋前瞻科技以建立堅實的海洋科技研發能量，進而全面掌握海洋環境，為政府海洋施政提供科技資訊，促進國家海洋永續發展。

中央氣象局所屬之地面氣象監測站數量有將近 40 站位，全數位於臺灣本島或金門、澎湖等離外島，對於台灣東南遠洋外海區域，雖因無島嶼以致無法設置長期之氣象觀測站，然而西太平洋海域每年平均生成 27 個颱風，其中約 3 至 4 個會侵襲臺灣。在此一欠缺海洋現場之海、氣象即時觀測資料的情況下，數值模式對於颱風此類之劇烈天候在強度與路徑的預報上，自有其相當之難度。海洋中心主要分項計畫「臺灣海域長期觀測與研究」中之「物理海洋長期觀測平台」，擬透過臺灣海洋環境之長期觀測網平台的建置，針對臺灣四周海域之海氣象、海流、水文、甚或生態等資料，進行長期且有系統的觀測與展示，支援學術界與政府單位進行相關之研究與海洋環境保護與永續發展政策的擬定。計畫主要經由錨碇平台從事臺灣周邊海域諸如海流、水文等海氣象資料的量測與收集。計畫執行初期重點針對於臺灣東南、西太平洋颱風經過頻繁之海域，在與臺灣大學海洋研究所合作下，佈建全深度錨碇量測站位（圖 1），以監測海洋大氣邊界層之諸多大氣與海洋物理參數。

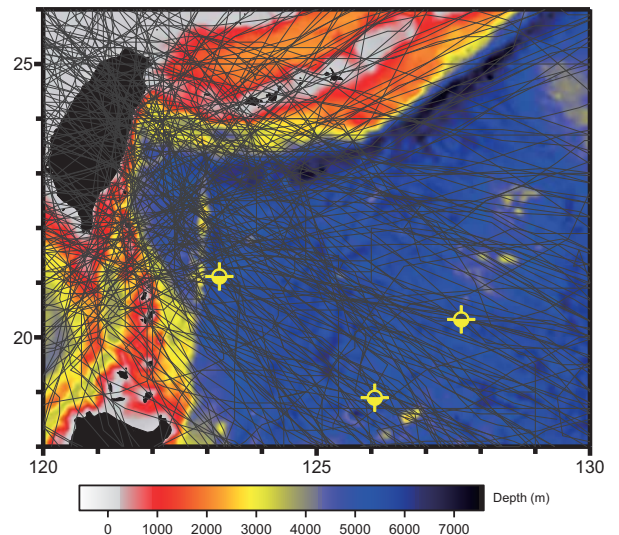


圖 1 佈建於臺灣東南外海之三組海氣象資料浮標錨碇位置示意圖。黑色軌跡為 1951 至 2009 年間，侵臺颱風之路徑。

## 二、海氣象即時監測錨碇

颱風是臺灣民眾每年均需面對的主要天然災害，近年來由於全球氣候的變遷，颱風所造成的災害，嚴重威脅著人民的身家財產安全。為能更深入的研究颱風以瞭解其與海洋間之交互作用，藉由參與海洋學界之「西北太平洋及其邊緣海之颱風-海洋交互作用與內波之研究」整合型計畫，海洋中心自 2008 年起，在侵襲臺灣之颱風通過頻繁的東南遠洋外海，佈建三組海氣象資料監測浮標錨碇（圖 1）。錨碇儀器配置參考美國海洋與大氣總署（NOAA）於太平洋

赤道海域執行 TAO (Tropical Atmosphere Ocean project) 計畫之 ATLAS (Autonomous Temperature Line Acquisition System) 錨碇設計，類似之錨碇架構已經多年海上之實際作業驗證，即使在颱風肆虐的海況下，整體架構仍極為可靠。錨碇監測站海面上之量測項目包含氣象部分的氣溫、氣壓、相對濕度、風速風向及太陽輻射；海面下的海象部分則為包含海表面水溫以及上層海洋 500 公尺之溫度剖面。所有大氣與海洋之量測資料，依系統電力存備之大小，經由銜衛星網路做約每三至六小時之近即時的資料傳輸，同時將接收之資料展示於網頁。觀測資料除可用於大氣、海洋科學相關之研究外，測站同時可做為颱風預警的前哨觀測站，提供氣象單位遠洋外海的即時觀測資料。

現有海氣象浮標整合監測系統為商構之產品，無法經濟有效因應國內實際作業需求而做系統功能之調變與介面擴充。海洋中心基於海洋觀測技術自主掌握與技術深耕之理念，積極投入人力進行相關技術研發，強化工程技術與科學研究之間的連結，建立海洋長期監測永續能量，不因技術支援之脫節或受制於商購產品之性能而被迫更改、甚或致使業務計畫執行停頓。

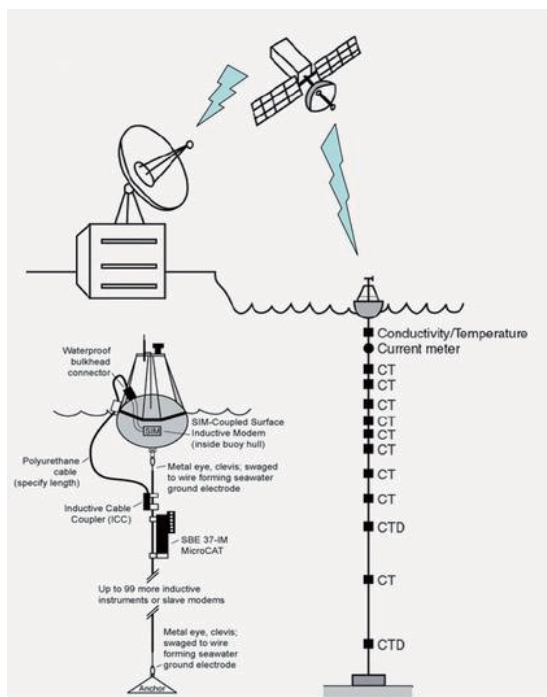


圖 2 上層海洋 500 公尺剖面感應式資料傳導即時監測錨碇示意圖。

海洋中心海氣象資料錨碇浮標設計之量測項目包含氣象部分的氣溫、氣壓、相對濕度、風速風向及太陽輻射。所使用之氣象監測儀器包含：機械槳葉式風速計 (RM Young, Model 05106 + 05603C)、超音波風速計 (RM Young, Model 81000)、溫濕度計 (Campbell, HMP45)、電羅經 (KVH, C100)、光照度計 (EKO, MS-602)、氣壓計 (Setra, CS100)、與表水

溫計 (PT100)；海象資料主要為海水溫度，使用之水下溫度計 (SBE, 39IM) 利用電磁感應的原理，於上層海洋 500 公尺的 14 個觀測深度 (4、8、12、20、30、40、50、75、100、125、150、200、300、500 公尺) 進行溫度的剖面監測，系統運作如圖 2 所示。

為避免因海況惡劣致使風速計毀損，海氣象錨碇上分別掛載機械式與超音波式之風速計。由於機械式風速計及超音波風速計所提供的風向是屬於相對方位，參考原點是架設時所指向之方向，並非以地磁正北為參考原點(零度角)，所以加設電羅經進行風向方位的校正。EKO 公司所生產之日照輻射計可測量特定波長範圍間的太陽輻射能量，具有非常小的溫度響應及耐久性，並符合 ISO-9060 的第二級分類，可應用在許多熱能和太陽能能源之相關技術上。所使用之氣壓計為電容式壓力感測器，量測的範圍介於 600 至 1100 hPa，能夠檢測到大氣中壓力細微的變化。CS100 氣壓計支援外部觸發模式，可允許系統控制以進入休眠模式，待欲進行資料取樣前，再行觸發作動氣壓計以節省電力。海水表水溫是海象觀測中非常重要的參數，直接關係著海氣通量之大小。熱敏電阻(RTD)是常用的溫度感測元件，具有較高的精度以及較好的穩定性，其電阻值與環境溫度呈線性關係，因而可根據已知的電阻-溫度轉換函數計算待測物之溫度值。在此選用鉑金材質的測溫電阻作為溫度感測器，並搭配訊號轉換器將熱敏電阻之阻值轉換成相對於溫度之電壓值。上述氣象量測儀器之實體樣式如圖 3 所示。

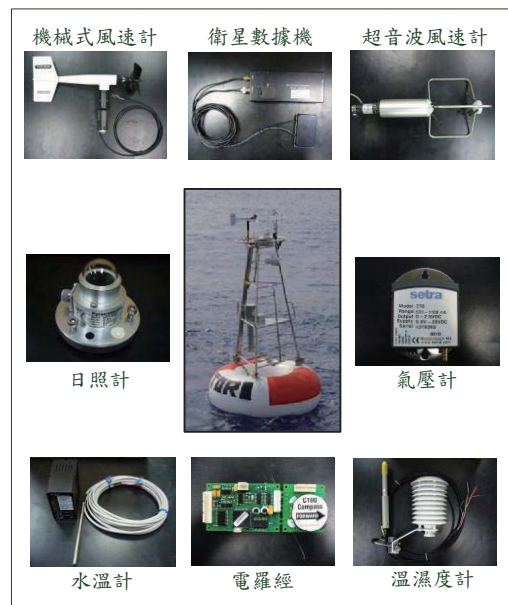


圖 3 資料浮標上所搭載之氣象量測元件。

### 三、系統規劃與設計

海氣象錨碇監測系統受到浮標承載空間以及系統建置金額的限制，系統發展選擇微控制器硬體電路之設計方式，以達到縮小體積以及降低成本的目標。



海上監測系統因工作環境地處遠離臺灣本島之遠洋外海，在日夜持續受天候海況影響以及海上後勤維修作業不易進行之情況下，系統運作時的低耗電量以及所需的電力來源必須穩定且體積精簡等，成為資料擷取整合系統建置最主要的要求。為達省電以及穩定、精簡的目標，以鋰電池組為系統電源，同時選用德州儀器(Texas Instrument)所生產的低功耗微處理器 MSP430 做為系統控制核心，以期能達到長時間持續作業的目標。

### 3.1 系統核心架構

本系統以德州儀器所開發生產的省電型微處理器 MSP430F5436 為系統核心。MSP430F54xx 系列為 16 位元 RISC(Reduced Instruction Set Computing)架構微處理器，可外接低頻震盪器 32768Hz 以及 18MHz 以上之高頻震盪器，工作電壓為 1.8~3.6V，在 8MHz 全速工作時脈下電流只有 312uA，具有相當省電的特性。且 MSP430 的最大優點是將許多週邊整合於單一晶片上，其高整合性與高性能方面與其他微處理器相比有更大的優勢。MSP430 多達四組的 UART/RS232 傳輸通訊介面可使應用層面更加廣泛。

系統的儲存介面為 SD 記憶卡，具有體積小、儲存容量大以及價格低廉等優點。SD 記憶卡接腳數少(9-Pin)，可支援 SPI 傳輸介面，在與微控制器的結合應用上相當便利。系統使用 MSP430 本身的 A/D 類比數位轉換模組進行海氣象儀器訊號之擷取與轉換，並配合 SPI 傳輸介面完成數位資料儲存之動作。

因海洋量測儀器的工作環境特殊，電力來源主要以電池供應，故系統的耗電量亦為重要的考量因素。海氣象監測浮標整合系統的電力來源為鋰電池，目前由鋰電池組所提供之電力足以供系統持續作業至少一年。

MSP430 核心以其內建之 12-bit 類比-數位轉換模組(A/D Converter)將外部海氣象儀器之類比電壓訊號轉換成數位資料，透過緩衝區(Buffer)傳遞至 SPI 通訊模組，進而儲存至 SD 記憶卡中。此外系統中還包含一個 Real-Time Clock(RTC)，此為系統時間的參考依據，藉以辨別資料擷取的時間。鋰電池組則是與電源管理模組(Power Manager Module)連接，其中以 Panasonic 公司所生產之磁保持繼電器 TQ2-L2-3V 作為儀器電力之切換裝置。傳統繼電器需持續使電流通過導通線圈才能切換繼電器開關，進而達成作為電力開關的功能。而磁保持繼電器的優點在於僅需觸發繼電器導通線圈一次即可保持導通狀態，並不需要持續供電。同理，觸發繼電器關閉線圈一次即可進行斷電之動作。故此類磁保持繼電器對耗電量相當重視之海洋儀器系統而言相當重要。系統透過 MSP430 的 I/O 介面可以控制繼電器進行切換，依照系統設定的時間切換海氣象儀器的電源，在電力供應期間對儀器進行資料取樣。資料控制擷取整合系統電路架構如圖 4。

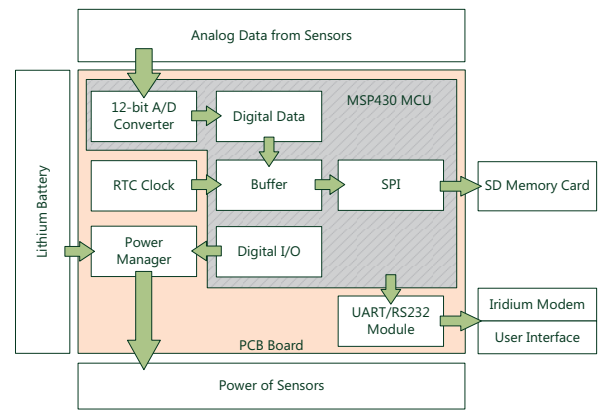


圖 4 資料控制擷取整合系統電路架構圖。

### 4.2 系統流程規劃

系統可藉由規劃運作流程以控制訊號時序的產生，並透過電源管理模組對海氣象儀器及鈦衛星數據機進行電源控制，控制系統根據海氣象儀器及鈦衛星的作動時間依序控制繼電器。目前系統運作的規劃如圖 5 所示，其中：

- (1) 海氣象儀器：海氣象儀器設定每隔 10 分鐘進行一次取樣，取樣前會由控制系統控制繼電器供電 10 秒鐘，等待海氣象儀器之供給電力穩定。
- (2) 控制系統：待海氣象儀器運作後，開始進行資料取樣，取樣完成將關閉儀器供電。當資料筆數到達一定數量後，則透過鈦衛星數據機傳送，並儲存至系統的儲存界面中。如未達到一定數量，則系統進入休眠模式等待下一次循環到來。
- (3) 鈦衛星數據機：系統會在資料累積到一定數量後進行資料傳送，此段時間約為四個小時。與先前商購系統不同的地方為資料皆儲存在 SD 記憶卡中，而不是儲存在 RAM 中，故無傳送失敗而使資料被覆蓋之問題。當傳送作業開始進行時，系統將從 SD 記憶卡中讀取位於傳送佇列之資料，經由鈦衛星數據機進行資料傳輸，送交至使用者端。另衛星通訊常有斷訊情況發生，因而設計系統具有檢查鈦衛星回傳資料的功能，依照回傳的訊息決定是否需要重新傳輸該筆資料。

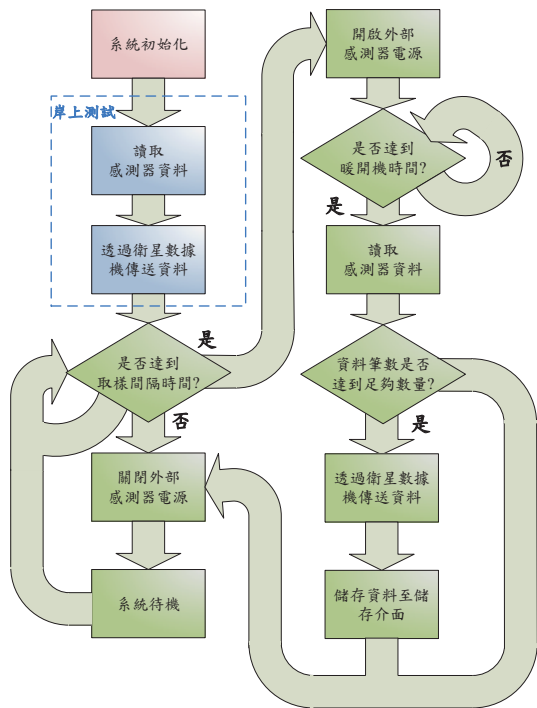


圖 5 系統流程規劃

海氣象監測浮標在海洋災害防治應用上，最為關鍵的部分在於是否能將現場所量測的海氣象資料即時的送達使用者。離岸數海裡的近岸浮標可以透過無線電或是透過手機基地訊號台 2G/3G/3.5G/3.75G 的 GPRS/UMTS/HSDPA/HSUPA 等方式傳遞海氣象資料；對於離岸較遠的浮標，僅能將觀測資料儲存在記錄器的儲存媒介中，待回收後再取回資料進行後續分析，若需即時獲取觀測資料，則僅能透過衛星網路進行資料傳遞。

近代海洋及航運界所廣泛使用的鈹衛星(Iridium)網路系統，其服務網絡由 66 顆低軌道通訊衛星組成，提供無間隙之語音與數據通訊服務。海洋中心發展之資料擷取控制系統所採用之衛星數據機 (NAL, A3LA-XG) 具有 RS232 通訊介面，可透過 AT Command 與任何數據終端設備進行溝通，數據終端設備可以是桌上型電腦、筆記型電腦、掌上型電腦，甚至是微處理器控制系統，應用層面廣泛。此衛星數據機內建 GPS 接收器，配合搭配之衛星天線使用，可同時提供海氣象浮標之 GPS 位置，做為判斷浮標錨碇是否斷纜漂移之重要依據。本系統採用 Short Burst Data (SBD) 的近即時傳輸方式，SBD 服務使用簡單方便且具有雙向溝通能之力，然每一批次最多僅能傳遞 1960 位元長度之短訊息。系統將觀測資料經由衛星數據機傳遞至衛星網絡，透過衛星資訊服務業者，最後以電子郵件方式送交資料予使用者 (圖 6)。

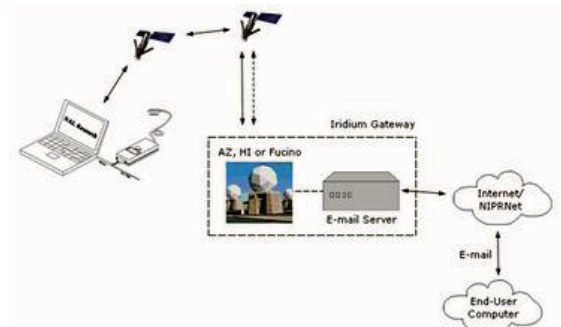


圖 6 浮標錨碇觀測資料經由 SBD 方式傳輸示意 (資料來源: NAL 技術文件)。

#### 四、系統組裝與測試

圖 7 為海洋中心自行研發之系統控制電路板，裝設於自行開發之不銹鋼水密艙體中 (圖 8)。水密艙體掛載於海氣象浮標上，並以防水接頭連結海氣象量測儀器，並可經由 RS232 傳輸線與電腦連結，藉由簡易的圖形化界面現場監控觀測數據 (圖 9)，以確保系統運作正常。

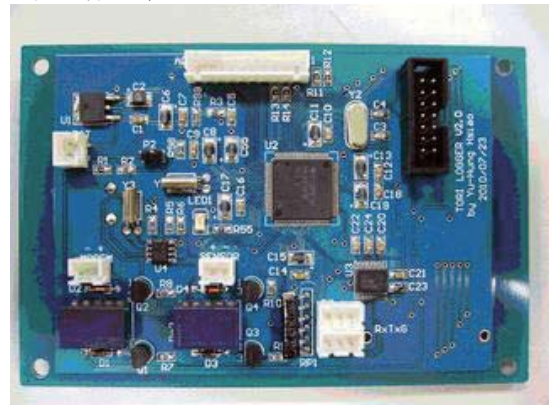


圖 7 自行研發之系統控制電路板。



圖 8 自行開發裝載系統之水密箱。

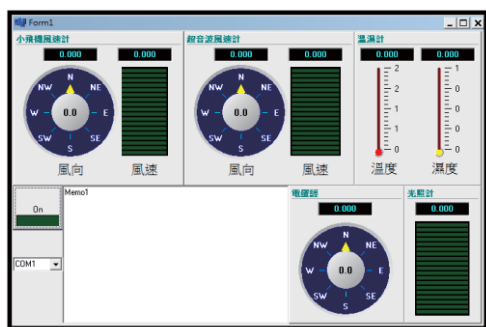


圖 9 使用者圖形化監控界面

因系統以鋰電池組為電力來源，海上監測作業的時間長短，端視系統耗電量的大小。各個觀測模組之耗電量情形估算如下：

- (1) 海氣象浮標整合系統：MSP430 所建立的控制系統，其待機消耗功率約為 4 mA，約每隔 160 分鐘進行資料儲存工作，期間 SD 記憶卡的讀寫時間相當短，故所消耗的電力可忽略不計。
- (2) 海氣象儀器：由儀器規格書所提供之資訊可預估海氣象儀器總耗電量約為 250mA，設計每隔十分鐘運作十秒鐘，故其平均耗電量約為 4.16mAH。
- (3) 鈹衛星通訊：系統每隔 240 分鐘啟動衛星傳輸功能，等待 120 秒鐘使系統穩定並與鈹衛星建立連線，其待機耗電量為 250mA。進行數據傳輸時之平均耗電量可達 800mA，為所有模組功率消耗最大之處。經計算後鈹衛星通訊平均耗電量約為 13.82mAH。

如以上估算各模組之耗電量，系統運作一天消耗之電量為 0.52AH，系統如裝載 20 顆 SAFT LSH20 鋰電池，所提供的電池電壓為 14.4V，總電量約為 65AH，保守估計可供系統運作長達 125 天。

## 五、結 論

海洋中心「物理海洋長期觀測平台」計畫執行的目的之一，在於發展一套能在遠洋環境中、長時間進行海上量測之海氣象浮標資料整合系統，同時將資料以近即時方式傳送至使用者，供後續作業、分析與研究之用。系統以 MSP430 省電型微處理器為核心，以內建之 12 位元 A/D 類比數位轉換模組，將海氣象儀器之類比訊號轉換成數位訊號，透過 SPI 傳輸介面將資料紀錄於 SD 記憶卡中，並定期透過鈹衛星通訊進行數據傳輸。MSP430 微處理器價格低、耗電量少，有利於長時間量測儀器之開發。本系統充分利用 MSP430 微處理器省電的特性，使用鋰電池供應系統整體之電力，在目前運作模式下可以達到連續監測一年的目標。未來海洋中心將持續建置台灣周邊海氣象浮標監測系統，以期能有效且即時的監測海洋環境。

## 六、參考文獻

1. Hsiao, Y.-H., Wang, C.-C., Huang M.-C. (2006) "Development of MSP430-based ultra low power underwater acoustic recorder," *In: Proceedings of International Forum on Systems and Mechatronics*, Tainan, Taiwan, pp. 107-114.
2. Hsiao, Y.-H., Wang, C.-C., Huang, M.-C. (2007) "Development of MSP430-based underwater acoustic recorder with multi-MCU framework," *In: Proceedings of International Symposium on Underwater Technology*, Tokyo, Japan, pp. 101-106.
3. NAL Research Corporation. (2009) "AT Command Reference for Model A3LA-XG," NAL Research Corporation.
4. SanDisk Corporation. (2003) "Secure Digital Card Product Manual - Revision 1.9," SanDisk Corporation.
5. Texas Instruments Corporation. (2006) "Interfacing the MSP430 with MMC/SD Flash Memory Cards," Texas Instruments.
6. Texas Instruments Corporation. (2010) "REAL-TIME CLOCK (RTC)," Texas Instruments.
7. Texas Instruments Corporation. (2010) "MSP430x5xx/MSP430x6xx Family User's Guide," Texas Instruments.