

氣象儀器製作與運用

¹宋偉國、²林博雄、¹洪忠和、³巫美儀、
¹詹凱元、¹鄭宇成、¹吳立德、¹謝振榮、¹張光翰
¹空軍航空技術學院軍事氣象系、²台大大氣科學系
³空軍航空技術學院戰航管氣象組

摘要

氣象儀器自動化、立體化提供了監測天氣系統重要方式，如何使學生能學習氣象儀器操作與應用，為一相當重要課題，氣象測計教學目的即在訓練學生瞭解儀器原理與操作，使學生能進一步分析天氣系統演變。鑒於一般氣象儀器價格昂貴，不易使學生實際動手操作機會，本研究目的即自行採購電子零件，以溫度、溼度、氣壓感測器為例，透過感測器實作過程，使學生學習大氣測計原理，並能動手設計

與維護氣象儀器，預期對於學生訓練有極大效益。目前已經完成溫度、溼度、氣壓感測器，並將其整合為氣象觀測系統，未來將至台灣南部地區從事實際量測工作，高雄地區西測濱海、東側鄰山，海陸風、地形效應、熱島效應如何，本研究將運用自行開發之儀器量測該區局部環流結構，作教學與研究之探討。

關鍵字：氣象感測器、大氣測計學

一、前言

台灣冬季盛行東北季風時，南部地區不一定有東北風，有時白天為西北風，此為海風現象，但是有時南部地區卻伴隨中尺度低壓，使高屏地區盛行西南風，無論是海風或是中尺度低壓，以傳統探空氣象資料而言，垂直發展厚度多深，移至海上時，強度有何改變，目前觀測解析度均無法做詳細分析，關鍵在於缺乏高空密集觀

測資料，探空資料的取得經費相當昂貴，單點一個時間資料即需耗費一萬多元台幣的感測器，且感測器無法再度重複使用，在經費限制下，以致無法大量觀測氣象資料。另一方面，對於氣象測報教學而言，氣象儀器的高價位，有限經費下，恐怕不容易讓學生動手拆解儀器，去實際瞭解觀測原理與實務相關性，這對於氣象儀器觀測教學有很大限制，然而事實上目前電子業已相當發達，IC大量開發，價

位已經相當低廉，透過專題實作課程，購置電子零組件後，讓學生實際動手組裝這些零件，並明白氣象儀器觀測原理、儀器操作有哪些限制，以及如何設計去觀測一個天氣系統，進一步分析天氣現象等等過程，此種方式對於學生學理整合、實務與理論配合，將有很好的教學效益。本研究即以國防部委託計畫「無人飛行載具應用於軍事氣象之研究」以主軸，納入本系學生一起參與專題製作，以研究計劃經費採購相關電子零件後，教師與學生一起製作氣象感測器，使學生能瞭解大氣測計學相關理論與實務，未來下部隊亦可具備對氣象儀器檢修能力。

溫度的測量自古以來即已存在，但是僅能以定性冷熱加以表示，自從流體力學與熱學相繼發展以後，大氣測計發展相當迅速(張，2000)，1643年托里切利發明水銀氣壓表，其精確度相當高，於一大氣壓(1013hPa)情形下，其精度可以到達0.1hPa，之後包含液體玻璃溫度表、雨量計、毛髮溼度計、風杯風速計逐漸被研發出來。1902年拉馬契克於歐洲建立第一個地面氣象台，此時地面氣象觀測已經逐漸成熟。隨著無線電技術發展，法國、蘇聯、德國、芬蘭開始研製無線電

探空儀，展開了高空探測技術，使大氣探測進入第二階段。二次大戰結束後，於1960年4月美國發射第一顆氣象衛星，每12小時即可得到一次全球氣象觀測資料，另外，一部氣象雷達可以對幾百公里內的雷雨胞作連續性觀測，此種氣象遙測系統的發展，使氣象觀測邁入第三階段。90年代由於低功率控制板與收發系統的設置越來越完整，自動化感測系統逐漸被開發出來，對於相關氣象環境可作更詳細的連續觀測，對於天氣系統分析與預報將有重大影響(Stormbom, 1995; Dabberdt et. al., 1995)。電子與通訊相關領域蓬勃發展，微處理機已經可以達到相當小且低功率情形，此對於氣象遙測系統的發展將更為有利。

氣象感測儀器包含靈敏度、精確度、慣性、堅固性、穩定度，靈敏度是指儀器測量氣象因子變化後，儀器儀表輸出的變化。例如電阻溫度輸出為mV，其靈敏度為mV/C。即溫度變化時，感測器電壓變化量如果很小，則無法測出溫度改變量。精確度是指測量值與實際值接近的程度，如果感測器靈敏度高，溫度稍一改變，電壓即有反應，

但是如果反映的數值不對，則其精確度差情況下，所得的數據是無意義的。一般誤差度分為系統性誤差及偶然性誤差，機械摩擦、儀器噪音、操作差異等等屬於隨機性誤差，系統性誤差則是儀器某些性能在測量時所引起的反應，例如一些溫度感測器，由於流經元件的電流會使面板加熱，使的溫度測量過高。解決方式為進行二種儀器平行比對，以確定二者間系統性誤差相關性。慣性是指儀器的反應速率，以測量高空繫留氣球探空儀為例，氣球升速為 300-400 公尺/分鐘，則儀器時間常數必須低於秒的數量級。儀器堅固性包含儀器無故障之平均運行時間、儀器對惡劣環境適應性。儀器穩定性是指被測量與輸出信號間相關性。對於不同天氣系統，所要量測的要素也有所不同，例如有些天氣系統高空因素重要，如雷暴發生的條件，通常 1000-2000 公尺逆溫存在與否是雷暴能否發展重要因素，因此溫度感測器就要求要夠靈敏且慣性、穩定性均要具備，否則不易量到逆溫現象。因此，針對不同天氣系統，儀器要求也會有所差異。

二、研究方法

自從電子業發展以來，無論是氣壓、溼度、溫度等氣象儀器均可用電子儀器呈現，感測原理有很多種，最常使用的方式，是利用電子原件電阻隨環境改變而設計出感測元件。以溫度為例，由於電阻受溫度影響而改變其電阻值，透過電阻值改變量與溫度變量的關係，即可取得溫度值。就溼度而言，基本上也是運用感測元件吸收水氣後，元件阻抗發生改變，因此透過元件阻抗改變量反映出大氣相對溼度。氣壓則是以金屬膜片作為其感測元件，此一膜片之邊緣被安裝於基座上，當膜片受壓時其中央部分因受力而凹陷變形，於是應變規之電阻值因膜片表面伸縮而產生變化，再利用四個電阻所構成的電橋電路將阻值變化轉換為差動電壓訊號輸出，其數值會相對於待測壓力的大小。

感測元件除了運用電子元件電阻隨測量要素變化而取得其訊號外，尚有幾個部分要處理：(1)將電阻值轉為電壓。一般感測訊號均以電壓輸出為顯示方式，因此要設計電路將電阻變化轉為電壓變化。(2)訊號要放大。由於感測元件訊號均很小，僅幾毫伏特而已，不易檢測

其變化量，因此要使用運算放大器放大其訊號。(3)顯示之數據要易於讀取。由於感測元件輸出為電壓，要轉為數位訊號，則要額外設計電路加以處理。顯示的方式，一般會使用類比轉數位方式，除了用 IC 做數位轉換外，並且要用到單晶片做資料存取、轉換、輸出等動作。除了上述三種基本電路處理外，溼度感測器由於是運用電解質中 H⁺ 的變化來改變阻抗值，因此不可用直流電源，所以要將直流電改成交流電方式作為感測溼度的電源，再電路上可以用振盪器方式使電源形成正負振盪之交流電源，而量測完溼度元件阻抗變化後，必須再用濾波器轉為直流電壓輸出，因此線路較為複雜。

本研究溫度感測器元件為 DS1821，溼度元件則用 H204C，氣壓感測元件則用 SCX15ANC 為範例，透過此三種感測元件的製作，說明其感測原理、操作方式，並透過專題製作說明如何教導學生氣象學理。一個觀測系統通常包含觀測平台、感測器、資料處理三部份，本研究先由氣象地面溫度量測開始，其定義是以距地 1.25-2 公尺為準，主要是此高度氣溫才能反映為大氣情形。等到地面溫度測量成熟

後，再行高空溫度量測。研究方法上，先由教師介紹氣象感測器一般概念，之後將學生分工，除收集感測器資料外，並著手零件採購、電路圖分析、將電子元件植入麵包板(圖 1)，而後用三用電表測試電壓，之後將感測器電壓經由 ADC0804 轉換為數位，而後由 89C51 晶片放於燒錄器後，將組合語言燒錄至晶片上，再用七段顯示器顯示。

三、進行方式

(1)數位溫度計製作

數位溫度感測元件 DS1821 有三隻腳，具有 A/D 功能，不須外加電路即可輸出數位資料。可感測範圍大(+125°C 到 -55)，以 1°C 為一個增量。傳送資料腳僅 1Bit，節省 I/O。電路圖如圖 2 所示，接上電源後，經由整流器轉為直流電，再經過 7805 IC 將電壓降為 5V，而後提供穩定電源給 DS1821 感測器，DS1821 感測到溫度後，透過單線埠(即 DS1821 的 DQ 腳)存取 DS1821 溫度值，並將其值傳至單晶片 89C51 的 P1.1，由於 DQ 僅能傳一個 Bit，因此要傳八次才能得到 8Bit，將此 8Bit 值用程式轉存至 89C51 的 P1.2-P1.4，此 P1.2-P1.4 驅動七段顯示器，將值顯示出來。

DS1821 感測溫度的協定包含初始化、命令函數、執行功能或存取資料。

本處僅舉例說明初始化的執行程序，單線埠上的所有溝通都要先初始化，DS1821 要求嚴格的協定以保持資料的正確性，控制方傳送一個最短 480 猶的 Low 信號，之後再給一個 Hi 信號，DS1821 會在 15-60 猶內送出 Low 信號 60-240 猶，最後再 Pull-Up High，完成初始化。

(2) 溼度感測器

電阻型溼度感測器是利用溼度變化時，感測器的電阻係數發生變化來感測溼度，按照感測元件材料可分為陶瓷溼度感測器、電解質溼度感測器、高分子溼度感測器，陶瓷感測器基本結構是將金屬氧化物粉末燒結成陶瓷物，由燒結程度可得到多孔性物體。此多孔性物體表面會吸收水分子中的氫離子，使陶瓷體的電阻改變。本研究所選取的溼度感測器為陶瓷電阻型溼度感測器，型號為 C7-M3，原理為運用相對溼度與阻抗間的關係而求出溼度。輸入電壓為 9V(圖 3)，由於溼度感測器需要提供交流電方式，因此 OP 放大器 U9A 的正負二迴路，形成方波振盪器，於頻率

$f=2 \cdot R_{13} \cdot C_{10}$ ，產生 1000Hz 的方波，其電壓為 9V，透過 R12 與 R14 形成的分壓，提供 U7A 約 0.45V 電壓，U7A 為反相放大器，輸入電壓與輸出電壓點 V_k 比值為 R15 與 H204C 的比值，之後透過 U9C 的反相放大器，得到 V_I 點電壓，經由 D2 與 D3 二極體的整流，再經由 U9D 的阻抗匹配，得到的電壓經由 R19 的分壓，輸出最後電壓值。另外，由於溼度元件電阻值也會受到溫度影響，因此要做溫度補償。

(3) 氣壓感測器

本研究使用的 SCX 15ANC 壓力感應器，能輸出一大小幅度與所施加之壓力成正比的輸出電壓。在本元件之壓力入口端 PB 施加以遞增之壓力時，會輸出一正值而呈比例遞增的輸出電壓。若變更壓力輸入端，則輸出電壓將隨著壓力的減少而增加。本元件的輸出信號與電源電壓呈一定比例關係，就絕對壓力元件而言，以金屬膜片作為其感測元件，此一膜片之邊緣被安裝於基座上，當膜片受壓時其中央部分因受力而凹陷變形，於是應變規之電阻值因膜片表面伸縮而產生變化，再利用四個電阻所構成的電橋電路將阻值變化轉換為差動電壓訊號輸

出，其數值會相對於待測壓力的大小。

氣壓感測線路原理如圖 4 所示，由電源供應器提供 15V 電源，經由 A1 OP 放大器後，提供 10V 穩定電源給氣壓感測器 SCX15ANC，A2 OP 放大器為反相放大器，透過可變電阻 R3 來調整氣壓為 0psi 時，輸出電壓為 0V。而後經過 A3、A4 OP 放大器做增益放大電壓工作。SCX15ANC 元件設計上，當電源為 12V 時，最高氣壓值 15psi 的輸出電壓為 90mV，即 $90\text{mV}/15\text{psi}/12\text{V}=0.5\text{mV}/\text{psi}/\text{V}$ ，當電源改為 10V 時，如果氣壓改變量為 295.5hPa，由於 $1\text{psi}=68.947\text{hPa}$ ， $295.5\text{hPa}/68.947=4.3\text{psi}$ ，則 $0.5\text{mV}/\text{psi}/\text{V} * 4.3\text{psi} * 10\text{V}=21.5\text{mV}$ ，即輸出應為 21.5mV，如果希望氣壓對應的電壓為 1hPa 對應 10mV，則 295.5hPa 應對應到 2.965V，目前輸出為 21.5mV，所以對應的電壓應為 $2.965\text{V}/21.5\text{mV}=137.9\text{V}/\text{V}$ ，透過輸出與輸入比值為 $2(1+R1/RT)=137.9$ ， $R1=10\text{k}$ 歐姆，所以 $RT=147$ 歐姆， $RT=Rs+Rg$ ，當 $Rs=137$ 歐姆時，透過精密電阻 Rg 調製出 10 歐姆的電阻值。

四、結語

氣象感測器對於天氣監測有其重要性，而現代化感測器造價均不便宜，為能使學生有效學習氣象感測原理，本研究採取自行開發感測器方式，使學生透過實作感測器過程，瞭解氣象儀器特性。氣象感測器的製作，涉及到感測原理、感測訊號處理，含訊號放大、歸零調整，以及資料的顯示。這當中所涉及的學理基礎，包含大氣測計學、感測器原理、單晶片原理、電源供應等過程，對於學生實作有顯著幫助。另外，感測器實際至外界環境作監測時，溫度、溼度、氣壓如何去感測自然界天氣變化，而天氣系統發生改變時，透過感測器監測得到的數據，瞭解不同天氣型態將會造成當地溫度、溼度、氣壓等等的改變。這些過程涉及到天氣學實習、氣象電腦運用、專題製作，對於學生理論與實務結合，以及系統整合能力預期有顯著幫助。未來實際做每天連續觀測，並與本系氣象園原有觀測系統比對，檢驗感測器正確性。最後，預定將感測器放置高雄市與高雄縣燕巢地區做溫度、溼度、氣壓觀測，並配合風場資料，研究高雄地區熱島效應與海陸風環流特徵。

參考文獻

- 1.張竊琛，2000：現代氣象觀測，北京大學出版社，418頁。
- 2.Stormbom, 1995: Recent Advances in Capacitive Humidity Sensors, Vaisala News, No. 137, pp. 15-18.
- 3.W. F. dabberdt et. al.,1995: A Research radiosonde, 9th Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation, A. M. S., Charlotte NC,pp.55-59.

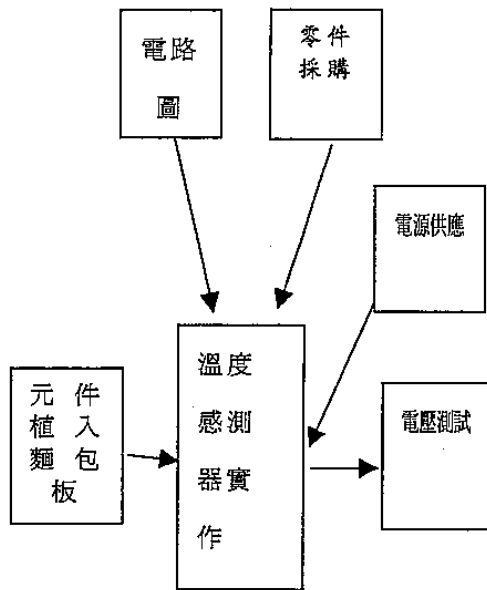


圖 1 溫度感測器實作架構

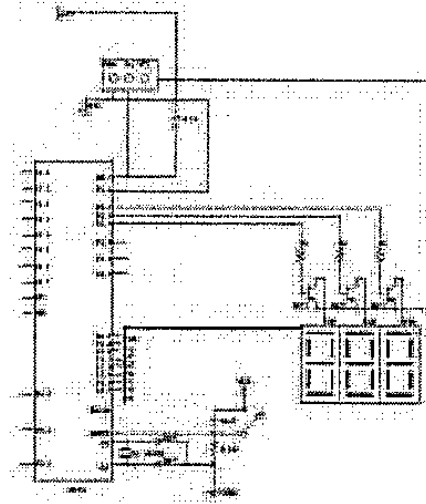


圖 2 溫度感測器系統

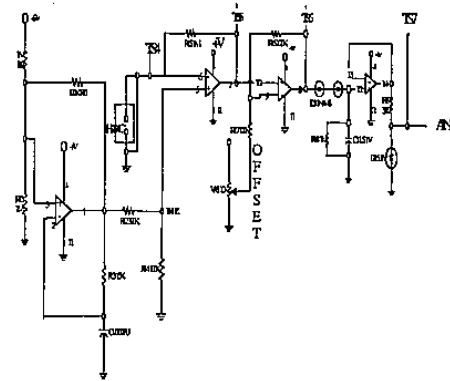


圖 3 溫度感測系統電路圖

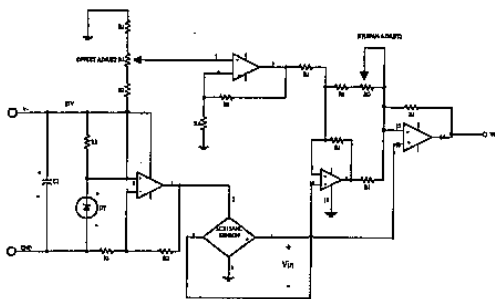


圖 4 氣壓感測系統電路圖