

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

針對女性貼身衣物專用可攜式超音波清洗機之設計與開發 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 96-2629-E-006-002-
執行期間：96年11月01日至97年10月31日
執行單位：國立成功大學機械工程學系(所)

計畫主持人：蔡南全

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：江朝文
博士班研究生-兼任助理人員：蘇中源
博士班研究生-兼任助理人員：李榮茂

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 97年11月02日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

針對女性貼身衣物專用可攜式超音波清洗機之設計與開發

Design and Research on Portable Ultrasonic Washing Machine Suitably Used for Women's Underwear

計畫編號：NSC 96-2629-E-006-002

執行期限：96年11月1日至97年10月31日

主持人：蔡南全 國立成功大學 機械工程學系 副教授

計畫參與人員：江朝文，李榮茂，蘇中源 成功大學 機械系 研究生

一、中文摘要

本計畫主旨為開發一女性貼身衣物專用之可攜式超音波洗衣機。有鑑於職業婦女白天勞累工作後，晚上仍必須抽空將自己貼身衣物(例如內衣褲、胸罩、絲襪以及睡衣等)利用手洗方式洗淨，造成生活上不小的負擔。甚至還要擔心洗衣劑過多殘留或是手洗過程中衣物變形與損壞的問題。目前市面上之洗衣機皆無法主動式控制洗衣水溫，然而水溫為洗淨能力好壞的重要因素之一，故本研究研製一智慧型水溫控制系統，其包含有溫度感測電路、單晶片微控制器與加熱系統，增加洗淨能力與保護衣物。另外，本研究亦開發一驅動系統，用以提供控制器與超音波震盪器穩定的電壓與驅動電源，且可調變頻率，針對不同衣物調整較佳之洗淨頻率。

關鍵詞：超音波洗衣機，溫度控制，驅動電路

Abstract

The object of this project is to develop a portable ultrasonic washing machine for women's underwear. The underwear cleaning has been a burden that women usually do by hands in each day after the daytime work. Therefore, it is a waste of time and reduces quality of the daily life for the modern women. Besides, the chemical residual might result in serious pathological harm on the skin. In addition, the underwear tends to be destructed or out of shape during manual cleaning. Most of the existing commercial washing machines do not have the capability to adjust water temperature. However, the water

temperature is the crucial factor of the washing capability. Therefore, the intelligent water temperature control system is developed in this project. It consists of a sensing circuit, an embedded micro-processor and a driving circuit. The water temperature can be adjusted to more appropriate condition for clothes by active water temperature control such that it not only improves the washing capability but also prevents clothes being destructed. The developed driver can supply steady driving power for the micro-processor and the ultrasonic machine. Besides, variable driving frequency methodology is included to enhance the washing capability.

Keywords: Ultrasonic Washing Machine, Thermal Control, Driving Circuit

二、緣由與目的

過去幾千年以來，社會中存在許多兩性之間相處及生活空間拘限的問題。於現今社會中，為了喚起大眾對兩性平權的重視，而促進兩性的和諧共處，諸多兩性平權議題漸漸受到重視，特別是對於女性的兩性平權生活空間。

然而以工程的角度來改善兩性實際生活與作息空間中的不平等乃是一項具有指標性且務實的作法([1]與[2])。在這個科技與知識大爆炸的世代，女性生活空間(或時間)仍然存在許多不方便且待解決的問題，例如女性每天換洗的貼身衣物其清潔問題。女性隨著教育水準提升與經濟自主意識抬頭，於白領與勞動市場上的地位日

趨重要。在勞累的一天工作後，晚上回家仍須手洗自身的貼身衣物，這對於白天忙碌工作的女性而言，造成體力上的負擔及時間的浪費。另一方面，利用手洗也會造成額外的問題，例如洗衣劑殘留對人體造成的傷害，例如皮膚炎、乳房病變、肝功能問題與血液病變等。此外，利用手洗亦會加速貴重衣物或織品的老化、皺折甚至損壞。

本研究針對女性每天清洗貼身衣物的問題研發一迷你型超音波洗衣機，整合超音波洗淨與智慧型水溫控制系統，不用洗衣劑即可有效的提升洗淨能力，完全不會有化學殘留的問題。液體在每秒數萬次反覆的振動中，會產生無數的微細氣泡，在瞬間爆破及再生，衝擊附著在清洗物上的污漬。這些肉眼看不見的氣泡，可侵入物件的細孔、凹位或其他隱蔽處，將污垢從衣物上“震”下來溶解到水中，達到強力去污全面清洗的效果([3]~[5])。

三、智慧型水溫控制系統

由於水溫會影響超音波洗衣機洗淨能力，而且水溫亦會影響水波中氣泡數量多寡。因此，水溫控制顯得非常重要。本計畫所要控制的主要對象是洗衣過程的溫度曲線，所以必須藉由溫度感知器與超音波氣泡感測器得知各種洗衣材質在其適合的水溫中所產生的氣泡量與即時溫度，進一步控制各種洗衣狀況下加熱器的運作情況，以達到精確的溫度控制。本研究之智慧型溫度控制系統，包含感知器、控制器與加熱器。加熱器對系統加熱時，由溫度感知器得知即時加熱溫度並經信號回授由控制器控制流經加熱器的電流量並保持適當溫度。其間的關係如圖 1 所示。

本研究利用白金(Pt)熱敏電阻作為溫度感知器，白金熱敏電阻具有高精確度及高安定性，在 -200°C ~ 600°C 之間亦有很好的線性度。一般而言，白金熱敏電阻在低溫 -200°C ~ 100°C 間其溫度梯度較大；在中溫 -100°C ~ 300°C 間有相當敏銳的線性特性；而在高溫 300°C ~ 500°C 間其溫度梯度則變小。因本研究反應溫度範圍皆位於白金的線性特性區間(約 25°C ~ 100°C)，故溫度感測器採用白金製作。

在本研究中所設計的感溫器放大電路如圖 2 所示。其中 AD581 是一穩壓 IC，其輸入電壓可以依照使用範圍做適當調整。此放大器電路主要利用了一顆功率放大器晶片 AD620。圖 2 中，電阻 R4 為白金溫度感知器之等效電阻。本研究所設計之放大電路其解析度約為 $0.1\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ，此解析度已足夠成為微處理器之回授訊號，即穩定又夠敏感得知目前加熱效果是否達到要求，以作為控制命令之修正。所設計的電路其實體照片如圖 3 所示。另一方面，本研究利用定溫控制電路(Constant Temperature Control Circuit)作為加熱器的驅動源，電路如圖 4 所示。此電路主要利用了 7805 電壓調整器(Regulator)，741 OP 放大器與 TIP122 達靈頓電路(Darlington Circuit)所組成，可有效執行微控制器命令並將所需電壓維持在一穩定的窄小範圍內。於控制器部份，利用 Intel 8051 Microprocessor 作為控制器的核心，並且整合感溫器放大電路以及加熱器的驅動電路等，可達到即時的溫度控制。其閉迴路控制系統示意圖如圖 5 所示。

四、超音波動態分析與驅動器設計

4.1. 動態分析

平面波為波動現象中最簡單的一種形式，在與波動前進方向垂直的任何平面上，介質粒子以簡諧方式運動，超音波即為一種平面波。超音波之波動方程式可表示為[6]:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 \varphi \quad (1)$$

其中 φ 為速度勢(Velocity Potential)， c 為波的傳遞速度。若在一面積為 A 之振動波源，其振動表面的正向速度為:

$$u = u_0 e^{j\omega t} \quad (2)$$

其中 u_0 為最大振動速度， ω 為振動頻率。根據雷利-薩瑪菲爾德積分式(Rayleigh-Sommerfield Diffraction Integral) [6]，在波場內位置 p 的速度勢為:

$$\varphi_p = \iint_A \frac{u_0}{2\pi r} e^{-j(\omega t - kr)} ds \quad (3)$$

故超音波波場中任意點的速度勢大小可由(3)式求得。而 p 點的平均壓力值與速度勢的關係可表示為:

$$P_p = -\frac{\partial \varphi_p}{\partial t} = -j \omega \rho \varphi_p \quad (4)$$

其中 ρ 為傳遞聲波之介質密度。在波動傳遞方向上通過單位面積的功率值為波動強度，其可表示為：

$$I_p = \frac{P_p}{2Z} \quad (5)$$

其中 Z 為聲阻抗(Acoustic Impedance)。經由上述之動態分析，可藉由模擬得知波動能量之傳遞，藉以得知振盪子之功率、最佳振盪頻率與配合驅動器等設計參數。

4.2. 驅動器設計

為了驅動超音波換能器以及提供控制系統之穩定電源，本計畫設計一驅動電路，如圖 6 所示，其具備有下列功能：

- 具備電源與穩壓電路
- 具有電壓調整功能之振動穩壓電路
- 放大電路
- 可調變頻率

於電源與穩壓電路的設計考量方面，主要是必須能夠具備穩定的電壓源，以提供超音波振動器與控制器所需之電源。本電路亦提供周期波頻率調整之功能，以便隨時可調整信號放大端的輸出頻率。於放大電路之設計，主要為將周期波之電壓訊號放大，以驅動超音波振動子。本電路可負載至 10A 之電流，約略可推動 30Kg 之負載，其實體電路設置如圖 7 所示。圖 8 與圖 9 為驅動電器之輸出訊號，由圖 8 與圖 9 可知，本研究所設計之驅動器不僅可調變頻率，亦可改變驅動之振幅，以達最佳之洗淨能力。

五、結論

目前市面上一般洗衣機針對衣物材質，通常以觸控式按鍵方式提供消費者選擇正確洗衣水溫，但是並非所有衣物皆有清楚標示洗衣護理標誌，且衣料材質不同洗衣溫度也不同。此外，利用超音波清洗時，常以水作為洗淨液，若水溫過低，常會造成洗淨效果不佳。其原因為當超音波發射入水中時，先要使原本靜止之水產生擾動，在這過程中受到水本身體積黏性等原因的影響，會損失一部份之能量，在溫度越低時，損失的能量越大，故此時會造

成出力不足之現象發生。故本研究發展出一套智慧型水溫控制系統，使系統包含水溫感測器、單晶片微電腦控制器與加熱系統。具有高解析度之感測器量測洗衣槽之水溫作為水溫控制之回授訊號，控制器以 8051 單晶片為主體，其優點為容易匹配周邊電路系統、價格便宜且容易取得。於超音波清洗方面，本計畫設計一同時具備電源提供、可變頻之穩壓電路與電路放大功能，足以提供超音波清洗所需之功率。另外，本研究亦探討超音波於水中之傳遞動態與波動強度，經由模擬可作為系統設計之依據。**(註：本計畫初步成果已發表於 SCI 級國際期刊論文[7])。**

六、參考文獻

- [1] [Http://news.sina.com/int/xinhuonet/105-103-102-105/2007-05-24/02592065356.html](http://news.sina.com/int/xinhuonet/105-103-102-105/2007-05-24/02592065356.html)
- [2] http://www.yamaha-motor.com.tw/News/news_Fancy070625.htm
- [3] 森田克美，”超音波洗淨”，近代編集社，1989。
- [4] K. Osawa, T. Yamashiro, N. Kitaori, “Development of the portable ultrasonic washing machine removing stains in clothes,” *Electrochemistry*, v 70, n 9, September, p 692-696, 2002.
- [5] V. N. Khmelev, I. I. Savin, D. S. Abramenko, S. N. Tsyganok, R. V. Barsukov, A. N. Lebedev, “Research the acoustic cloth drying process in mock-up of drum-type washing machine”, *International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials*, p 223-228, 2006.
- [6] M. H. Seegenschmiedt, P. Fessenden, “Thermoradiotherapy and Thermochemo-therapy”, Volume 1, Springer, p 253-277.
- [7] N.-C. Tsai, C.-Y. Sue, “Thermal control of micro reverse transcription-polymerase chain reaction systems”, *Sensors and Actuators A*, Vol. 136, p 178-183, 2007.

七、圖表

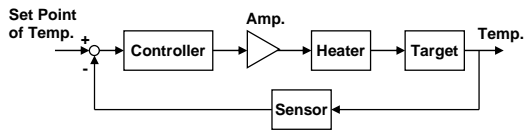


圖 1 溫度控制系統方塊圖

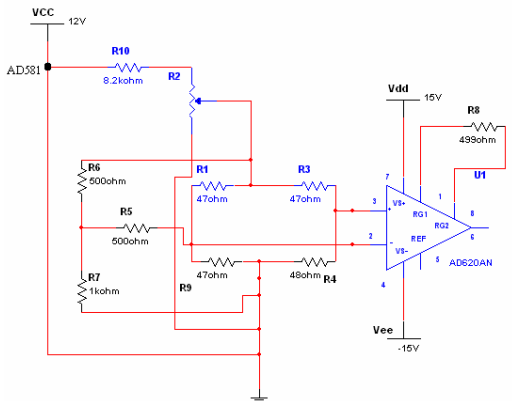


圖 2 溫度感知器放大電路

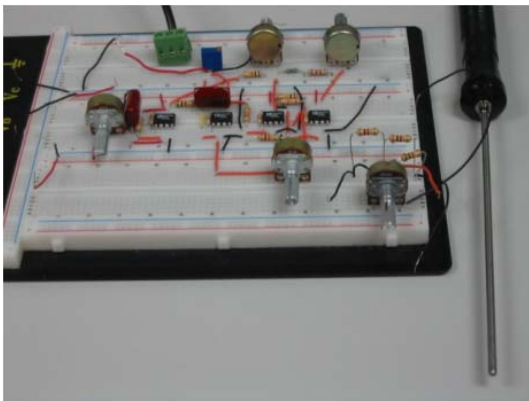


圖 3 感溫器訊號之放大電路實體圖

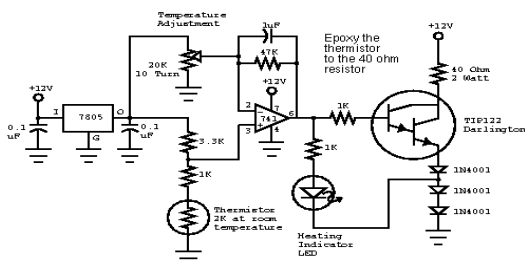


圖 4 加熱器控制電路

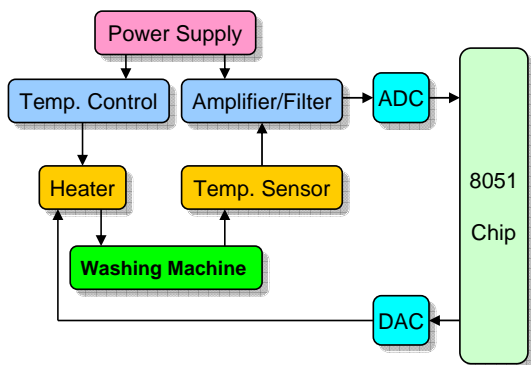


圖 5 溫度控制示意圖

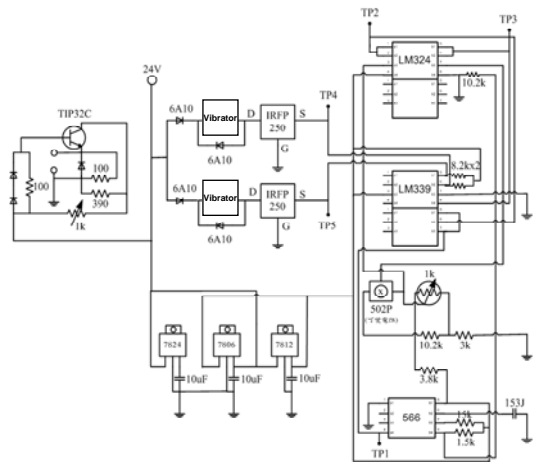


圖 6 驅動器電路圖

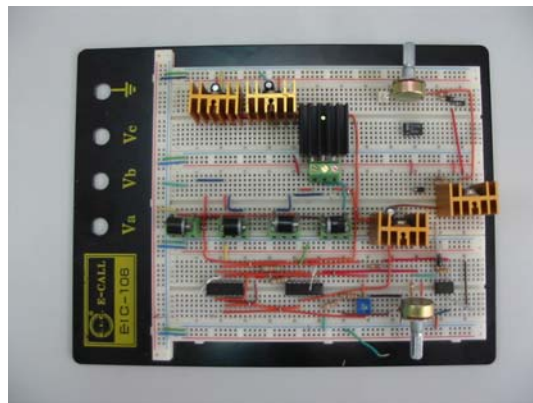


圖 7 驅動器電路實體圖

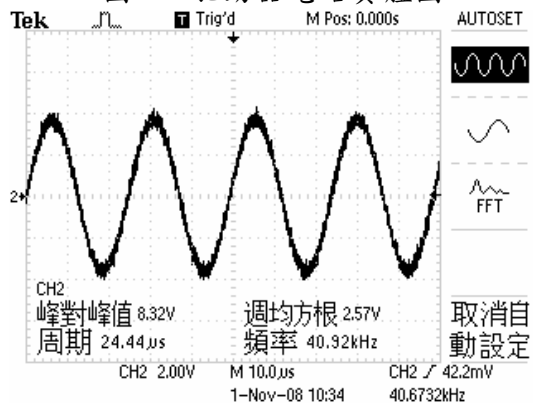


圖 8 驅動器輸出訊號(振幅 8V，頻率 40kHz)

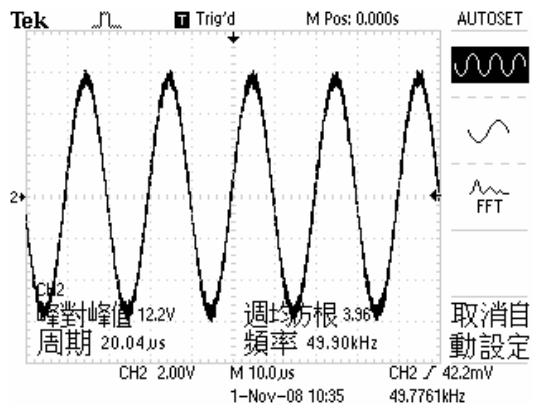


圖 9 驅動器輸出訊號(振幅 12V，頻率 50kHz)

