

共振式節能搖籃

趙春棠*、吳昂庭、范姜宗霖

南臺科技大學電機工程學系

tang@mail.stust.edu.tw*

摘要

本論文係運用共振的特性，設計非常省能源之電動搖籃。有別於一般電動搖籃將驅動馬達與軸承緊密結合，造成能量耗損的情形，本設計不採用驅動馬達，在搖籃的轉動軸承方面，則選用了滾珠軸承，能源驅動方面，則採用電扇風力，並使風力的產生與搖籃振動同步，應用共振的原理，達到輸出響應最大，最省能源的效果。在電路控制方面，以 Arduino UNO 做為核心處理器，並結合紅外線感測器 CNY70 及黑白條碼設計，進行搖籃振幅控制。實驗證明本系統僅需使用一般電動搖籃約十分之一的能源，希望藉由本研究的成果，能為節能減碳盡一份心力。

關鍵詞：共振、嬰兒搖籃、節能、Arduino

1. 前言

現今社會在面臨對於能源短缺與全球暖化的困境下，使得能源科技議題備受矚目。身為科技人的一份子，當為推廣節能、能源永續、環境保護理念，提倡在生活中落實珍惜能源、愛護環境的行動。本論文之靈感來自生活，希望應用共振原理，設計出非常節能之電動搖籃，響應節約能源。

出生前，胎兒在母腹羊水中，母親起臥走動等搖晃刺激不斷地被胎兒感知，並向大腦前庭系統發出強烈的信號，以促進大腦的發育[1]。出生後，搖晃刺激訊號突然消失，使嬰兒產生不安全感，由此產生再次被搖晃的需求，通過搖晃嬰兒可以獲得滿足感。嬰兒搖籃可達到此一目的，讓嬰兒能在短時間內安靜休息或睡眠。觀察市售一般電動搖籃，可發現驅動馬達與軸承緊密結合，在電源關閉的情況下，若以外力撥動搖籃，會發現阻力很大，即使搖籃擺動了起來，也會很快的停止，如此，造成驅動能源大量耗損。

關於共振的原理，工程科技人員並不陌生，機械中的振盪，以及電路中皆有共振的現象。系統在共振頻率的當下，會有最佳的頻率響應，利用這樣的概念，就有諧振電路的設計。難得的是，美國約翰霍普金斯大學生物物理博士王唯工教授提出了一個新的血液循環理論—共振，根據他的研究，原來人體心臟的跳動，其實是利用共振的現象，如此才只需耗損極少的能量[2]。此研

究激發了希望運用此概念，大大減少一般電動搖籃的能量消耗，達成自然、省電、實用目的的想法。1973年，英國籍的經濟學者E. F. Schumacher著書《小就是美 (Small is Beautiful)》，首次論及「適當科技」的核心概念[3]，身為工程科技人員，應當要有如是的理想及使命感。

國外方面亦有許多關於嬰兒睡眠與身心變化之研究[4-8]，電動搖籃方面，則大都在機構方面做設計，不論以彈簧形式[9]、桿件形式[10]或其他形式[11]設計嬰兒搖籃之傳動裝置，在驅動方面，同樣都是採用聯結馬達驅動搖籃以產生擺動。本研究將利用共振的特性，大大地減少電動搖籃的耗能，希望本研究能為綠色能源科技發展，盡一份心力，期盼台灣邁向潔淨生活及低碳環境。

2. 系統介紹

在本章中，首先 2.1 節介紹阻尼與共振的基本觀念，並引出採用滾動軸承的超節能設計方法。在 2.2 節中，量測市售電動搖籃之振幅與頻率，並希望以人性的方式，了解一般母親搖嬰兒的振幅與頻率。2.3 節則說明如何利用 Arduino 電路，進行電路設計與實作。

2.1 阻尼、共振與滾動軸承

自然界中由於空氣阻力帶來能量的耗損，所以不可能是無阻尼(無能量耗損)的狀態。若是理想的無阻尼狀態，則當輸入外力的頻率恰等於系統振盪的自然頻率時，就會產生純共振(Pure Resonance)現象。

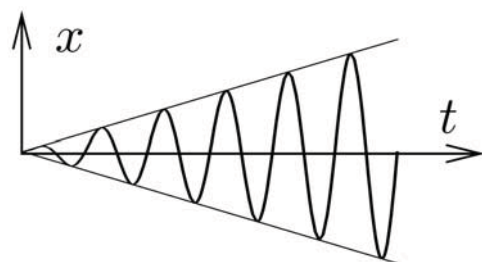


圖 1 無阻尼的純共振現象

除了無阻尼以外，還有低阻尼、臨界組尼、以及過阻尼。觀察市售一般電動搖籃，可發現驅

動馬達與軸承緊密結合，在電源關閉的情況下，若以外力撥動搖籃，會發現阻力很大，即使搖籃擺動了起來，也會很快的停止，如此，造成驅動能源大量耗損，這是屬於過阻尼的情形。以 101 大樓為例，頂樓設計的大型避震器，即是阻尼器，目的在增加振盪系統的阻尼[12]。

對控制系統工程人員來說，經常是要設計控制器，使振盪減少，讓系統更穩定[13]。但有時卻是希望振盪發生，例如設計弦波振盪器電路，或是本研究的需求。如此觀之，電動搖籃若要減少能量耗損，應該是要盡可能的降低阻尼才對，市售電動搖籃為了方便控制振盪頻率及周期，將驅動馬達與軸承緊密結合，自然是耗損不少能量的。

《氣的樂章》作者乃生物物理博士王唯工教授，他發展了一套理論，同時解開血液循環與古老中醫的奧秘，他指出心臟功率僅 1.7 瓦，如何提供直達遠離心臟之器官所需的血流動能？原來在胚胎發育上，如肝、腎等等器官供血動脈的血管生成是透過本身頻率與心臟跳動頻率呈現諧波倍頻方式發育而得，因此在循環上，壓力波的輸送因為「共振」而容易抵達器官。

基於以上的分析，本論文將有別於一般電動搖籃的設計，將不使用驅動馬達，在搖籃軸承方面，則採用低能量耗損的滾動軸承。滾動軸承依滾動體形狀分為滾珠軸承和滾子軸承兩大類。相較於主要尺寸相同的滾珠軸承與滾子軸承，滾珠軸承由於其摩擦阻力和迴轉時的軸振擺較小，因此適用於高速、高精度、低轉矩及低振動用途[14]。

滾動軸承的構造如圖 2 所示，包括外環、內環、滾動體及保持器；而依滾動體形狀之不同又可分為滾珠軸承、滾子軸承及滾針軸承三種。



圖 2. 依滾動體形狀之不同的滾動軸承

(由左至右為滾珠軸承、滾子軸承及滾針軸承)

本論文所使用的滾珠軸承如圖 3 所示，此種軸承最為常用，主要承受徑向負荷。

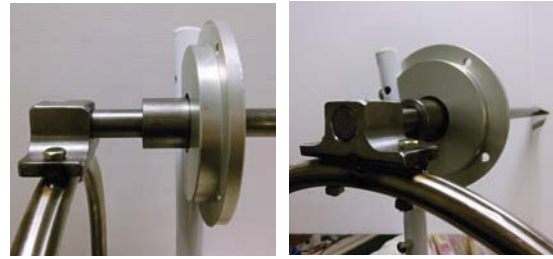


圖 3. 本論文所使用的滾珠軸承

2.2 搖籃振幅與頻率分析

圖 4 為市售 Mother's Love 嬰兒電動搖籃床，其提供了四段變速，供使用者設定，



圖 4. Mother's Love 嬰兒電動搖籃床[15]

表 1 表 2 所示為量測電動搖籃在空床以及載重 10 公斤的情況下，在不同的變速區段，所消耗的功率等。

表 1. Mother's Love 嬰兒電動搖籃床量測數據 (空床)

	一段變速	二段變速	三段變速	四段變速
電壓	6V	6.2V	6.35V	6.5V
電流	0.6 mA	0.69 mA	0.71 mA	0.72 mA
POWER	3.6W	4.278W	4.5085W	4.68W
頻率	1.25Hz	1.25Hz	1.25Hz	1.25Hz
振幅	22 度	25 度	27 度	29 度

表 2. Mother's Love 嬰兒電動搖籃床量測數據 (載重 10 公斤)

	一段變速	二段變速	三段變速	四段變速
電壓	6.2V	6.35V	6.4V	6.55V
電流	0.65mA	0.71mA	0.74mA	0.76mA
POWER	4.03W	4.51W	4.74W	4.98W
頻率	1.43Hz	1.43Hz	1.43Hz	1.43Hz
振幅	20 度	22 度	24 度	26 度

為了實際了解一般有經驗的母親，以雙手抱小孩，哄小孩入睡時，搖晃嬰兒的振幅及頻率，如圖 5 所示，量測結果發現擺盪振幅與頻率約在 $18^{\circ}\sim 21^{\circ}$ 與 $1.5\sim 2\text{Hz}$ 。不過這結果應該因人而異，僅供參考。



圖 5. 母親抱嬰兒實驗圖

2.3 電路設計與實作

本論文的系統之硬體方面有 Arduino 開發板、紅外線感測器、LCD 液晶模組、滾珠軸承及風扇，硬體架構流程圖，如圖 6 所示。圖 7 為系統所採用的 Arduino UNO 開發板。



圖 6. 系統架構流程圖

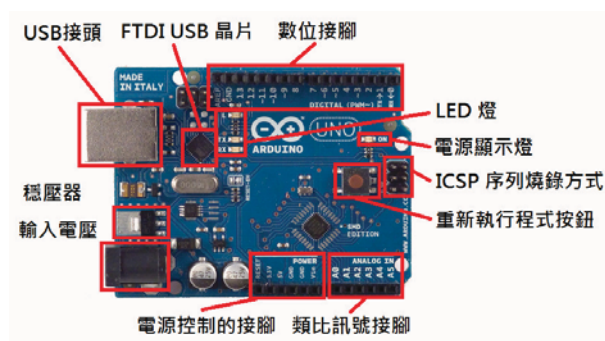


圖 7. Arduino UNO 開發板與接腳介紹

紅外線感測器 CNY70 的內部結構，如圖 8 所示，其中包含紅外線發光二極體、光電晶體，以及光濾波器，其功能分別是：

1. 紅外線發光二極體：類似發光二極體(LED)的功能，當 PN 二端加上順向偏壓時可發出波長為 800 nm 的紅外線不可見光。

2. 光電晶體：為一個對紅外線波長具敏感反應的光偵測元件，當光電晶體受紅外線光照射時為低阻抗，而未受光時呈現高阻抗。

3. 光濾波器：為一僅讓波長為紅外線附近光譜通過的濾光透鏡，可用來加強光電晶體的抗雜訊能力。

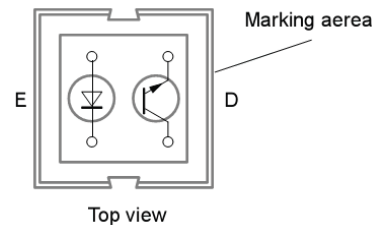


圖 8. 紅外線感測器

本論文利用 CNY70 紅外線感測器的特性來偵測條碼的訊號，如圖 9、10 所示，黑色條碼吸收紅外線，白色條碼反射紅外線，如此則利用 Arduino 晶片讀取紅外線感測之訊號，即可判定搖籃振盪的位置及振幅，提供系統進行驅動控制。



圖 9. 紅外線感測器感測的條碼



圖 10. 紅外線感測之訊號

本論文共振式節能搖籃所擺盪的頻率與振幅，同步顯示在 LCD 液晶模組上，如圖 11 所示，Arduino 模組驅動電壓為六顆 1.5V 電池共為 9 伏特(圖 11 顯示 3 顆 1.5V 電池，另有 3 顆於反面)。

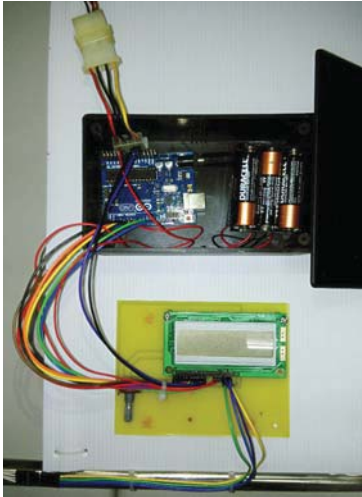


圖 11. LCD液晶模組

綜合以上之系統說明，如圖 12 所示為本系統共振式節能搖籃完成作品。

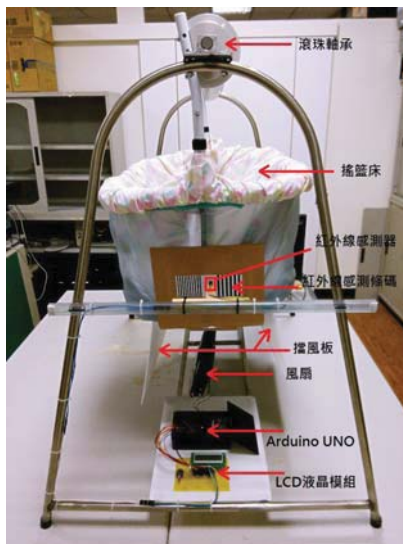


圖 12. 共振式節能搖籃完成作品

3. 結論

市售一般電動搖籃，驅動馬達與軸承緊密結合，將造成驅動能源大量耗損。在電源關閉的情況下，若以外力撥動搖籃，會發現阻力很大，即使搖籃動了起來，也會很快的停止。本論文設計採用滾珠軸承，如此阻力甚小，在電源關閉的情況下，若用手輕輕撥動，即可造成震盪。動力源可以置於下方，利用風力或磁力(若採用風力，可以設計受風板)。動力源不需一直啟動，利用共振的現象，只需與振盪頻率相同，就可以獲得最佳的響應。結合控制理論，調整動力源的輸出能量大小，即可控制搖籃的振幅。利用紅外線發射及感測技術，搭配黑色條碼於搖籃周邊或下方，如此即可控制搖籃的振盪幅度，及決定動力源的啟動時機。黑色條碼吸收紅外線，白色條碼反射紅外線，如此則利用單晶片讀取紅外線感測之訊

號，即可判定搖籃振盪的位置及振幅，提供系統進行驅動控制。電動搖籃未來還可結合嬰兒哭聲辨識，來自動決定振盪振幅，例如嬰兒若以沉睡，實不需一直搖晃。最後，可加裝太陽能板，以達成完全不需使用電力的效能。

參考文獻

- [1] 王 宇，胎教與保健，<http://www.digibooks.com.tw/>（天書在線，Digibooks）
- [2] 王唯工，氣的樂章，大塊文化，2009。
- [3] 方榮爵，適當科技 (Appropriate Technology)，生活科技教育月刊 39 卷第 6 期，2006。
- [4] Mircea Steriade, Anne Kitsikis, and Gerald Oakson, "Excitatory-Inhibitory Processes in Parietal Association Neurons During Reticular Activation and Sleep-Waking Cycle," *Sleep*, Vol.1, No.4, p.339-355, 1979.
- [5] Mark S. Scher, Doris A. Steppe, David L. Banks, Robert D. Guthrie and Robert J. Scwabassi, "Maturation trends of EEG-sleep measures in the healthy preterm neonate," *Pediatric Neurology*, vol.12, no.4, p.314-322, 1995.
- [6] Y. Navelet, O. Benoit and G. Bouard, "Nocturnal sleep organization during the first months of life," *Electro. and Clin. Neuro*, vol.54, p.71-78, 1982.
- [7] C. Lombroso and Y. Matsumiya, "Stability in waking-sleep states in neonates as a predictor of long-term neurologic outcomes," *Pediatrics*, vol.76, p.52-63, 1985.
- [8] Jacqueline Louis, Christine Cannard, Helene Bastuji and Marie-Josephe Challamel, "Sleep ontogenesis revisited: a longitudinal 24-hour home polygraphic study on 15 normal infants during the first two years of life," *Sleep*, vol.20, no.5, pp.323-333, 1997.
- [9] 丹尼·R·賓其(美國): 丹尼斯·M·杜納(美國)，兒童鞦韆驅動裝置，中華民國專利 #308,899，1997。
- [10] M. A. Flannery, T. L. Edwards, Open Top Swing, U.S. Patent #6,471,597, 2002.
- [11] H. Kosoff, "Electrically-Powered Baby Swing", U.S. Patent #4448410, 1984.
- [12] 王秋文、謝紹松、張國儀，如何幫大樓抗風防震？淺談台北 101 大樓阻尼器，台灣大學土木工程學系電子報，2009。
- [13] Norman S. Nise, Control Systems Engineering (Ver. 6), JOHN WILEY & SONS, INC., 2011.
- [14] 東培工業股份有限公司，滾動軸承構造與特徵，<http://www.tungpei.com/upload/2013/07/20130711145550.pdf>
- [15] 樂貝兒官方網站。
(資料來源: <http://www.szlebeier.com>)