

智慧聯網，直流變頻寵物烘乾機

蔡文宗
朝陽科技大學資訊與通訊系
助理教授
azongtsai@cyut.edu.tw

張經盛
朝陽科技大學資訊與通訊系
學生
a1596394@gmail.com

朱士享
朝陽科技大學資訊與通訊系
學生
kk8861614@gmail.com

林威佑
朝陽科技大學資訊與通訊系
學生
s10130099@gmail.com

陳重濤
朝陽科技大學資訊與通訊系
學生
stu620889141@gmail.com

陳家銘
朝陽科技大學資訊與通訊系
學生
jay123peter@gmail.com

摘要

本論文「智慧聯網，直流變頻寵物烘乾機」使用 Altera DE2-115 開發板作為主體，所開發完成之軟硬體設計包含：(1)軟體：手機控制頁面，(2)韌體：硬體控制器驅動程式，(3)數位電路：計時/溫控/變頻風扇等硬體加速控制器，(4)類比電路：加熱/馬達/溫控之電源功率及回授控制電路。使用上可以從手機經由 WiFi 無線網路，手動設定烘乾機的風速、溫度與運作時間，或可針對不同寵物的需求，使用智慧模式自動設定適合的風速、溫度與運作時間，以達成輕鬆方便吹乾寵物的目的。

關鍵詞：現場可編輯邏輯閘陣列；直流變頻馬達；溫度控制；物聯網

Abstract

This paper implemented a Wisdom Networking, DC Inverter Pet Dryer by using an Altera DE2-115 development board. This hardware/software co-design includes 1:Software: User interface control webpage, 2:Firmware: Device drivers of hardware controllers, 3:Digital Circuit: Timer, Heater, Inverter controllers, 4:Analog Circuit: Power, Temperature, Motor sensor and feedback circuit. By the use of a cell-phone via Wi-Fi interconnection, User can manually set the fan speed, heater temperature and operation time. Moreover, the Pet Dryer provides an alternative selection of smart operation modes, which provide an appropriate setting to dry the pet in an easy way.

Keywords: Field-Programmable Gate Array; DC Inverter Motor; Heating Control; Internet of Things.

1. 前言

我們的寵物烘乾機所使用的馬達相較於一般的烘乾機，是穩定且安靜的直流變頻(DC Inverter)馬達；直流變頻馬達是近年來於冷氣壓縮機上已普遍應用的技術，相較於傳統交流定頻壓縮機，直流變頻技術可避免反覆的啟動與關閉馬達，因此不僅可以保持烘乾機內部恆溫，而且壓縮機運轉大約可省電 30~35%，靜音的效果亦佳。因此直流變頻馬達技術近年來更擴展其應用於電冰箱，洗衣機，電風扇，甚至於抽風機之上。

隨著時代的進步，智慧型手機的發展迅速，幾乎每十個人就有九個人有智慧型手機，相當的普及，其所應用之嵌入式系統須能整合周邊控制器以及微處理器，以便能快速適應不斷變化的應用要求。因此近年來興起的可重規劃(Re-Configurable)現場可編輯邏輯閘陣列(Field-programmable gate array; FPGA)[1]，如 ALTERA NIOS II 微處理器[2]便逐漸受到市場的關注。對於需要大量數據運算以及標準不斷演進的新興消費性電子產品來說，可重新規畫之軟式核心確實有其優勢。開發人員能彈性選擇所需的軟硬體功能，以達成系統成本與效能間的最佳化。

2. 作品功能與特色

我們的「智慧聯網，直流變頻寵物烘乾機」將各項功能最佳化，讓使用者隨心所欲，所提供的功能包括：

- (1) 智慧聯網：我們可以透過無線網路直接用手機或電腦控制寵物烘乾機。
- (2) 風速調整：擁有 30 段的風速可供使用者依照需要進行調整。
- (3) 溫度控制：可從室溫到最高 40 度。
- (4) 定時控制：從 1 分鐘到 60 分鐘皆可計時。

綜合上面的各項功能，設計出「手動設定模式、智慧循環烘乾模式、除濕模式」。作品特色包括：

- (1) 具一體成形的簡約風格，造型美觀又耐看。
- (2) 溫度最高 40 度，達到使用者所設定溫度時自動停止加熱系統轉動送，寵物最舒適又安全的溫度。
- (3) 手機上溫度與風扇轉速顯示，使用安全舒適看的見。
- (4) 兩側增設四顆風扇讓烘乾速度加倍。
- (5) 擁有進氣孔及排氣孔形成空氣對流。
- (6) 原木底板不導熱可拆洗。

2.1 系統架構

我們的論文「智慧聯網，直流變頻寵物烘乾機」是以 Altera DE2-115 開發板作為平台結合直流變頻馬達與溫控電路，利用程式控制馬達的轉速，可依照需求調整不同的風速，同時透過溫度感測器感測溫度高低來控制加熱溫度，再透過 webserver 經由無線網路可以從手機或是電腦上使用 webApp 直接控制烘乾機的風速與溫度以及定時，達到智慧與便利的效果。系統架構圖(圖 1)與程式流程圖(圖 2)如下所示：

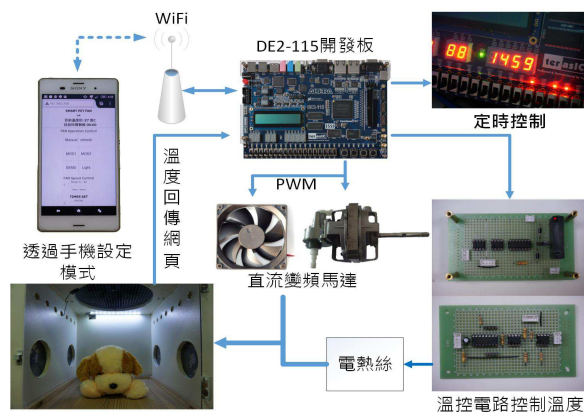


圖 1 系統架構圖

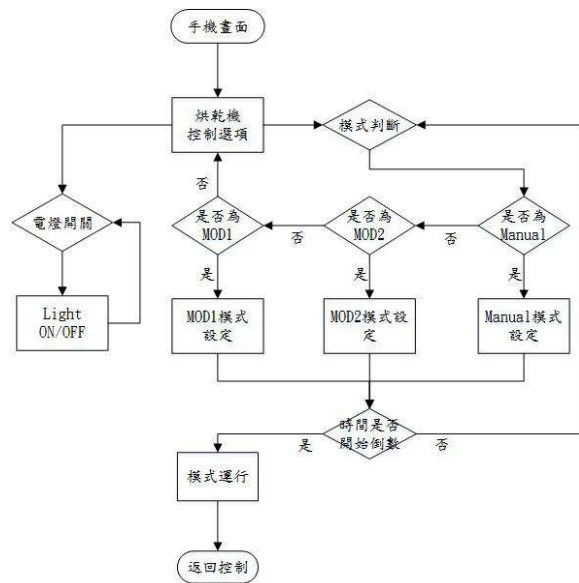


圖 2 程式流程圖

2.2 硬體架構

本論文於 FPGA/SOPC 製作硬體控制器，例如：計時控制器、馬達控制器、溫度控制器等等控制器，並將相對應之控制器連接至實體電路做軟硬體溝通控制。

- (1) Timer：時間倒數控制與時間資料暫存器
- (2) PWM Controller：風扇馬達控制器
- (3) Temperature Controller：加熱溫度控制器
- (4) PIO Controller：訊號輸出控制器
- (5) On-Chip Memory：使用者程式記憶體
- (6) 7-SEG Controller：七段顯示器顯示時間
- (7) LCD Controller：顯示 IP 位址與控制訊息
- (8) Ethernet Controller：乙太網路控制器
- (9) Memory Controller：記憶體控制器
- (10) Flash Controller：快閃記憶體控制器
- (11) Embedded Processor：嵌入式處理器

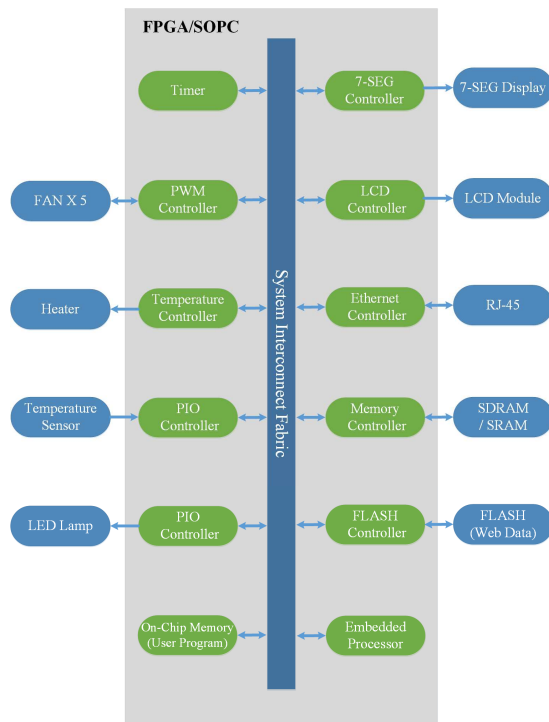


圖 3 硬體架構圖

2.3 直流變頻馬達

利用電子轉向技術，改善傳統交流馬達耗電、噪音大、轉速無法提高與直流有刷馬達機械轉向壽命短、噪音大及碳粉污染的缺點。直流變頻馬達因具備壽命長、噪音低、省電又純淨無污染的優點，廣受世界先進國家採用（德國、日本…等）。又因轉速高可以高到很高，低又可以低到很低，具備交流變頻的功能，所以這類的電氣產品在國內通稱「直流變頻」。

變頻(Inverter)就其目的而言是實現對於馬達運轉速度的平順調節。變頻技術的核心是變頻器，變頻器應用於交流馬達時，變頻控制主要是將供應交流感應馬達的交流(Alternate Current；AC)電源之電壓(Voltage；V)與頻率(Frequency；F)予以變化，而提供不同轉速(Revolution Per Minute；RPM)與扭力(Torque；T)控制。所以在變頻控制時，只要改變電壓與頻率，便可使馬達有不同轉速與扭力的呈現。但類比電路有控制信號容易隨時間漂移難以調節，以及易受雜訊和環境干擾等問題。

與類比電路不同，數位電路是在預先確定的範圍內取值，在任何時刻，其輸出只可能為ON和OFF兩種狀態，所以電壓或電流會通電或斷電方式的重複脈衝序列載入到類比負載。其最大的優點是從處理器到被控對象之間的所有信號都是數位形式的，無需再進行數位

類比轉換過程；而且對雜訊的抗干擾能力也大大增強(因雜訊只有在強到足以將邏輯值改變時，才可能對數位訊號產生實質的影響)。

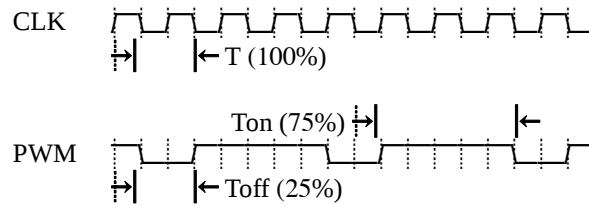


圖 4 脈波寬度調變訊號

因此直流(Direct Current；DC)變頻近年來大量使用 PWM(Pulse Width Modulation；脈波寬度調變訊號)[3]來控制馬達轉速。控制 PWM 訊號主要就是控制脈波的工作週期(Duty Cycle)。如圖 4 所示，脈波週期為 T，而 $T = T_{on} + T_{off}$ 。假設提供給馬達工作時間為 T_{on} ，不提供馬達的時間為 T_{off} ，脈波週期為 T，而 $T = T_{on} + T_{off}$ ，此時工作週期 δ 為：

$$\delta = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times \% = \frac{T_{on}}{T} \times \% \quad (1)$$

馬達兩端平均電壓 V_{avg} 為：

$$V_{avg} = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times V = \frac{T_{on}}{T} \times V = \delta \times V \quad (2)$$

其中 V 為電源電壓，所以脈波控制工作週期就可控制馬達兩端的平均電壓，藉此達到控制馬達轉速的目的。此外 PWM 模組之組態暫存器名稱，位址，與定義如表 1 所示：

表 1 系統暫存器

Address Map

Name	Address	Description
CONTROL	0x0000	System Control
CYCTIME	0x0001	PWM Cycle Time in unit of clock cycle
HIPDCYC	0x0002	PWM Hi Period Cycle
Reserved	0x0003	Reserved

CONTROL Register (Address: 0x0000)

Name	Bit	Description
PWREN	[0]	Power Enable 0: Disable (default) 1: Enable
OPMODE	[2:1]	Operation Mode indicates the PWM duty cycle is set by 00: HI period % (default) 01: Reserved 10: Smart Operation Mode 11: Reserved
SMTCTL	[4:3]	Smart Control means the PWM HI period % is controlled in a fashion of 00: From low to hi, then hi to low iteratively (default) 01: From low to hi 10: From hi to low Others: Reserved
Channel Num.	[31:5]	Reserved

CYCTIME Register (Address: 0x0001)

Name	Bit	Description
CYCTIME	[31:0]	PWM Cycle Time can be set from 0 to 2^{32} . Default is 0.

HIPDCYC Register (Address: 0x0002)

Name	Bit	Description
HIPDCYC	[31:0]	PWM Hi Period Cycle can be set from 0 to 2^{32} cycles. Default is 0.

HIPDPTG Register (Address: 0x0003)

Name	Bit	Description
HIPDPTG	[31:0]	PWM Hi Period Percentage can be set from 0 to 100 %. Default is 0.

2.4 直流變頻馬達

作用原理是以溫度感測器(LM35)與加熱器(電熱絲)做結合，利用邏輯開電路判斷電壓的高、低態作為開關，控制何時加熱、何時停止加熱之溫度上下限。其中上、下限值由 FPGA 輸出之數位訊號經 DAC0808 轉類比電壓訊號決。LM35：工作原理為感測目前溫度並轉換為電壓輸出，轉換公式為：

$$V(T)=(10\text{mV}/^{\circ}\text{C}) \times T(^{\circ}\text{C}) \quad (3)$$

LM311：電壓比較器，工作原理為當正端輸入電壓高於負端輸入，電壓比較器為正飽和，且輸出為數位邏輯之高態(Hi)，當負端輸入電壓高於正端輸入，即為負飽和，且輸出為數位邏輯之低態(Low)。RS 電門：為兩個 NAND 開組成。DAC0808：數位類比轉換器，電流輸出。

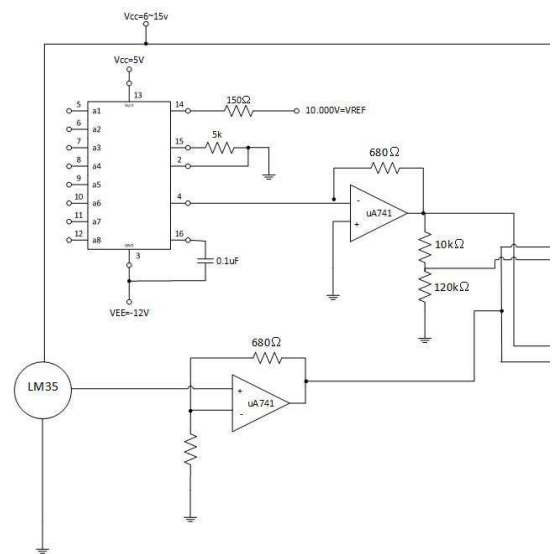


圖 5 溫控電路圖左半部

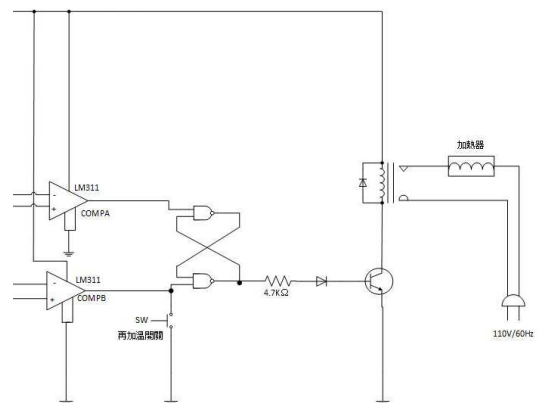


圖 6 溫控電路圖右半部

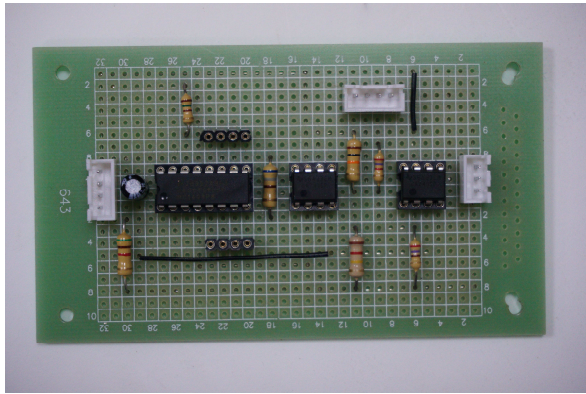


圖 7 溫度控制電路(一)

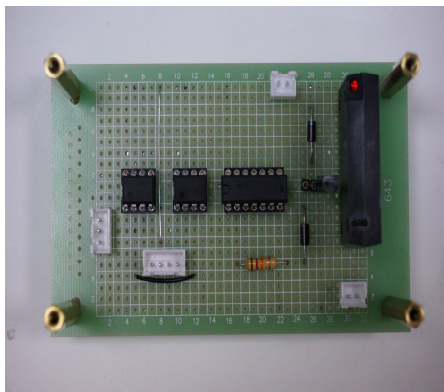


圖 8 溫度控制電路(二)

2.5 定時控制

倒數計時器是以硬體描述語言模擬出來的數位電路，由減法器以及除頻器製作而成的，分別為分跟秒的個位數、十位數，一共四個數字，由最高位數開始倒數，數到零後在到下一個位數開始倒數，直到最後一個位數，當最後一個位數為零時會回到最高位數開始倒數，當全部的位數都為零的時後烘乾機就會停止，時間的部分會回傳至手機上面，可以讓使用者隨時觀看烘乾機目前的剩餘時間。

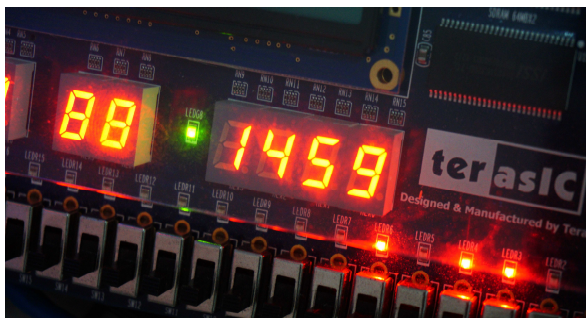


圖 9 定時顯示器

2.6 軟體架構

本論文使用 $\mu C/OSII$ 多工多核嵌入式作業系統，Ethernet Controller、Memory Controller 等等作業系統上的驅動程式，本論文建構在 Web Sever 上，使用者可以透過手機連結至 Web Sever 控制頁面，透過 TCP/IP 網路傳輸協定，傳送控制訊號制伺服器軟體做處理以及運算，運算完之後的控制訊號，再傳送至 API 控制介面，進行軟硬體的溝通。

手機控制頁面 (User Interface)	
伺服軟體 (Server Program)	
硬體控制介面 (Hardware API)	網路協定軟體 (TCP/IP Protocols)
裝置驅動程式 (Device Drivers)	
作業系統 (Embedded Operation System)	

圖 10 軟體架構圖

2.7 實體電路

本論文所製作的控制實體電路主要有，溫度控電路、晶體開關電路、ADC、DAC 轉換電路、電源電路等等，透過這些電路我們可以控制馬達轉速、電熱絲加熱溫度。

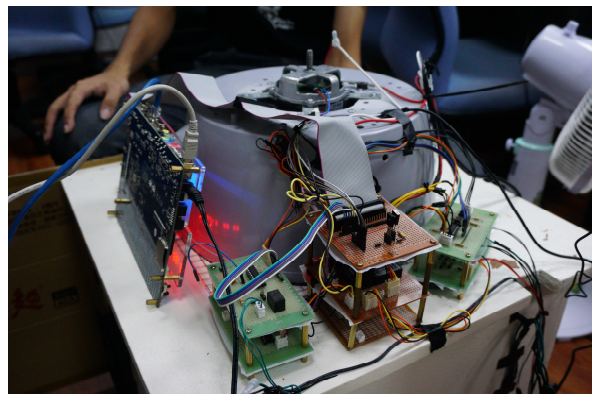


圖 11 實體電路

2.8 控制頁面操作方法

我們的「智慧聯網，直流變頻寵物烘乾機」是以智慧型手機做控制，透過網頁上的控制頁面啟動烘乾機。首先，將手機連線到 WiFi AP 之後，輸入 IP「192.168.2.100」即可進入我們的控制頁面，從頁面上我們可以看到許多按

鈕：Manual：我們的「手動設定模式」，使用者按下按鈕之後，可以在下方的輸入自己想要的風速、時間還有溫度；風速有 30 段可以調整，溫度從室溫到 40 度，時間可設定 1~60 分鐘計時，設定完成後，按 Start 即可開始。MOD1：「智慧循環烘乾模式」，時間自動設定 15 分鐘，溫度設定在 40 度，風速 30，先按 MOD1，再按 Start 即可開始；每過五分鐘，風速跟溫度會隨著時間下降，當時間倒數完畢時，會以嗶聲通知使用者烘乾已停止，並關閉所有功能。MOD2：「除濕模式」，為了將烘乾機裡的水氣吹乾，時間自動設定為 1 分鐘，風速 30，先按 MOD2，再按 Start 即可開始。Light：控制烘乾機的電燈開關。Refresh：當烘乾機在運轉時，我們可以從手機上看到溫控電路回傳的溫度跟剩餘時間。Stop：暫停烘乾機的運作。



圖 12 手機控制頁面(上)

3. 結論

目前在市面上的產品，是以機械式開關做控制，外觀上有與多轉盤，且風速無法控制，馬達聲吵雜，而我們的寵物烘乾機不但外觀乾淨，還能從手機遠端控制風速，且接近無聲，對於有養寵物的家庭，我們的寵物烘乾機確實擁有不錯的成果與效益。未來我們希望能加入濕度感測，讓烘乾機能根據濕度判斷烘乾時

間，並加上攝影機，讓使用者在手機上直接看到寵物的烘乾情形，做即時監控，更加完善寵物烘乾機，有機會的話我們可以與智慧家具控制系統結合成智慧家庭。

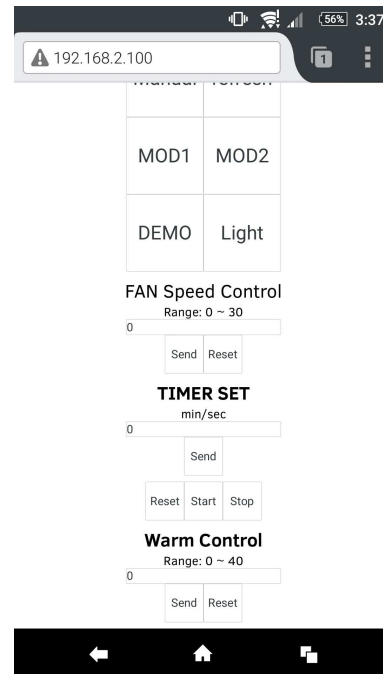


圖 13 手機控制頁面(下)

4. 致謝

感謝朝陽科技大學 104 年度校級重點特色計畫「智慧物聯網核心技術之建立-子計畫三-智慧家庭物聯網」之支持。感謝科技部計畫編號：MOST 104-2221-E-324 -001-MY2 與 MOST 105-2623-E-324-001-D 之支持。

參考文獻

- [1]ALTEA FPGAs,
<http://www.altera.com/products/fpga.html>
- [2]NIOS II Processor: The World's Most Versatile Embedded Processor,
<http://www.altera.com/devices/processor/nios2/ni2-index.html>
- [3].脈衝寬度調變簡介,
<http://zh.wikipedia.org/wiki/脈衝寬度調變>