

六足變色機器人之設計及控制

洪清寶 張人丰 陳家偉 張凱智 李俊緯 謝富才

國立勤益科技大學電機系

cbhong@mail.ncut.edu.tw

摘要

本文主要提出一具變色功能的六足行走機器人之設計及控制技術。主要包括一具備導光特性的機器人機構設計，能偵測行走路徑顏色的顏色感測電路，一由 RGB LED 構成的全彩發光電路，及控制機器人行走、顏色偵測及 LED 色彩調變的主控基板。六足機器人機構主要由易於導光的壓克力雷射切割製成，包含六角形之機身本體及組設於本體之六支腳。本體上可供組設電控基板及電源電路，每支腳則由三顆伺服機所驅動。電控基本以 PIC 晶片作為電控系統核心，藉由多通道 PWM 調變技術驅動總計十八顆之 RC 馬達運動。並整合有路徑顏色感測電路，並依據所感測之顏色調變鑲嵌於機器人本體的 RGB LED 調變不同的色彩，藉由壓克力板的導光，達成仿變色龍變色效果之變色機器人功能。經由機構組裝及電控系統的整合測試，驗證了本文所提架構之可行性。

關鍵詞：六足機器人、伺服機、伺服控制、RGB LED、顏色感測

I. 前言

仿生機器人的設計及應用為機器人開發的重要分支，藉由模仿既存生物模式的機器人設計，如機器螞蟻、機器昆蟲、機器恐龍、行走式人形機器人[1-4]...等等各式的機器人設計，早已在市面上廣泛的看到其相關應用，各類的商品在市場上皆能容易的購得。國科會的諸多學門亦將機器人技術視為重點研究方向，每年投入的研究經費亦不容小覷。為了推廣機器人的技術，國內每年更有不勝枚舉的大小小小機器人比賽，用來激發學生的創意，並吸引莘莘學子能投入機器人技術的研究及開發。當然亦吸引了作者們的研究興趣。

本研究室歷年來投入玩具機器人的研究中，先後開發了六足機器人[5]、具搖骰功能的六足機器人[6]、具互動功能的六足機器人，及群組搖控運動的機器人，已具備玩具機器人設計及控制所需之軟硬體技術。本文則進一步開發仿變色龍功能之變色機器人設計，藉由設計易於導光之機構本體，結合環境顏色偵測及全彩 RGB LED[7]調變技術，以使得六足機器人具備變色之功能。機構本體之設計，顏色感測電路之設計，RGB LED 調變技術，電控系統整合測試，及最終的實驗結果，將在依序的章節中加以介紹。

II. 六足變色機器人機構之設計

2.1 腹部本體設計

為便於導光及六足之組設，腹部本體以壓克力切割成六邊形，並於六個角落鑽設有適於 RC 馬達組設之螺孔，洽可與 RC 馬達組設之配件組合。腹部本體中心設有圓形通孔，可供導線穿設及顏色感測電路設置。圓孔週遭亦設複數個螺孔，可供組設電控基板等相關配件。腹部本體設計之上視圖如圖 1 所示。

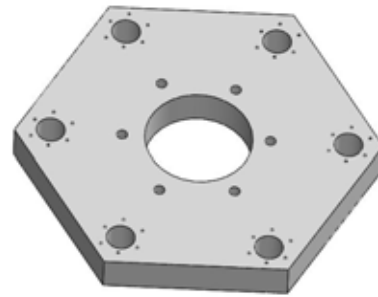


圖 1 腹部本體上視圖

2.2 足部之設計

六足機器人除腹部本體外，另外包括六支腳，每一支腳的構形皆相同，主要包括著地端之小腿(圖 2A)及小腿上端之大腿(圖 2B)。每一支腳由三個 RC 馬達所驅動，組設於腹部一角之大腿部關節由二顆垂直錯置之 RC 馬達所連動，具二自由度，大腿與小腿則由同樣之 RC 馬達所連結並驅動。小腿及大腿都預留有凹部或螺孔，分別與 RC

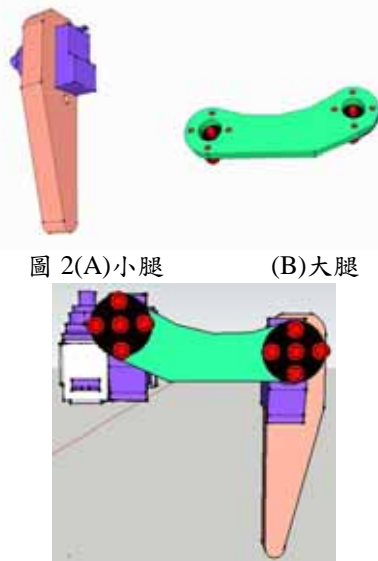


圖 2(A)小腿 (B)大腿

圖 3 完成之足部設計圖

馬達對應之組合套件螺絲加以固定。圖 3 左上方之

二顆 RC 馬達係錯置於一鋁成形元件之相對空間中。完成之足部設計如圖 3 所示。

2.3 六足機器人本體構造

將完成之六支腳與腹部本體組合後即完成六足機器人的本體機構設計，共 18 各自由度，除 RC 馬達外，主要構件皆為壓克力材質加工，易於導光使機器人可隨 RGB LED 的燈色變化出不同的顏色效果，達成可變色機器人的功效。完成之機器人本體構造如圖 4 所示。當然機身可視不同需求設計，來設計裝設特定功能之構造，如 CCD 攝影機、手臂、感測等等...。本機器人目前附加之裝置為顏色感測器及 RGB LED 發光電路。

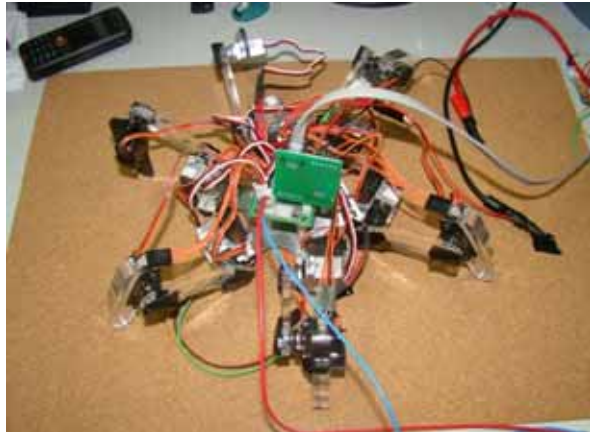


圖 4 變色機器人構型

2.4 光(顏色)偵測電路

本文所設計之顏色偵測電路係於光敏電阻的四週等間距設置 4 顆 RGB LED，LED 送出不同之預定之燈色時，投射到地面或近接之特體時會產生反射，光敏電阻依據不同光的反射之細微變化作出不同阻值的變化，據此於電路中之 AN0 電壓分壓改變，可判別出近接物體的顏色。圖 5 為偵測電路圖，表 1 則為控制 LED 不同顏色時，針對主要幾種顏色表面所產生的反射所量測之 AN0 的電壓值。圖 6 則為完成之顏色偵測電路。

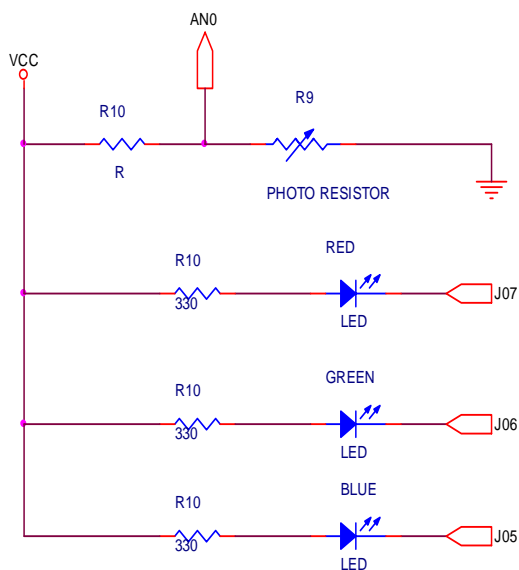


圖 5 顏色偵測電路方塊圖

表 1 顏色偵測實驗數據圖(volt)

色紙 \ 燈光	紅色	藍色	綠色	紫色	黃色	淺藍色	白色	無
紅色	1.37	1.81	2.02	1.16	1.25	1.63	1.08	2.38
藍色	1.98	0.71	1.35	0.71	1.32	0.62	0.61	2.11
綠色	1.76	1.23	0.84	1.14	0.8	0.68	0.66	1.94
紫色	1.17	0.94	1.54	0.71	1.04	1.04	0.67	1.8
黃色	0.82	0.85	0.57	0.65	0.47	0.49	0.42	1.16
淺藍	1.27	0.62	0.71	0.58	0.67	0.44	0.42	1.45
黑色	3.23	2.62	2.84	2.46	2.68	2.25	2.14	3.46
白色	0.64	0.37	0.45	0.32	0.39	0.28	0.25	0.84



圖 6 光偵測電路實體圖

2.5 RGB LED 調變電路

本文所使用之 RGB LED 是將紅綠藍之 LED 一體封裝於 6 支接腳之包裝，其示意圖如圖 7 所示，藉由圖示中之 RGB LED 各自點亮的灰階程度，調諧出各種所欲之顏色。顏色的變化視 RGB 可調節之功率等級而定。本文中以 DM632 LED[8]驅動 IC 進行各顏色的灰度控制，一顆 DM632 可單獨驅動 16 通道(顆)LED，每一通道具 16 位元 PWM 的灰階控制解析度。每一顆 RGB LED 使用 DM632 的 3 組通道，可產生的色彩調變最高可達 2^{48} 色，即 256 億色。只是這麼高的色彩解析能力已非肉眼所能分辨。設計者可視需要僅調變所需之 PWM 位元數，如使用 8 位元，餘 8 位元寫入 0，則調變顏色降為 2^{24} 色。以 8 位元解析度而言，依照如表 2 所示之色階表，可調變出各種所欲之顏色顯示。

而為使機器人產生變色的效果，於機器之適當位置處同樣鑲嵌有複數個 RGB LED，配合 DM632[8]調變晶片，每顆 RGB LED 使用到 DM632 的 3 個通道，以裝設 18 顆 RGB LED 為例，需使用到 4 顆的 DM632，可視需要調整 RGB LED 裝設的數目。

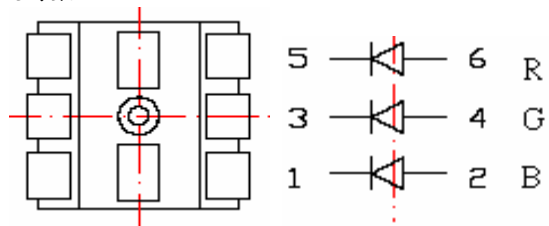


圖 7 RGB LED 示意圖[7]



圖 12 變色機器人之主控基板

3.2 RC 馬達驅動信號產生[5]

本文所採用的馬達為 BLUE BIRD 之 BMS-380 馬達如圖 13 所示，其三條接線主要作為 RC 馬達驅動所連接之電源、接地及脈寬控制信號。RC 馬達是將基本的控制器一體設計於馬達本體，引出電源、接地及控制信號線。控制信號僅接受預定週期之 PWM 信號，例如本文所採用之 RC 馬達接受的脈波寬度為 0.2ms~2ms，其對應的運動角度為 0° ~ 180° 。為使 18 軸之馬達的運動能夠平順，本文仍延用先前所開發之多通道脈寬調變技術來產生驅動 RC 馬達所需之 PWM 信號。其主要利用軟體技術，配合中斷技巧，使連接到 18 顆 RC 馬達的控制信號能同步產生如圖 14 所示之 PWM 信號。



圖 13 BLUE BIRD 之 BMS-380 馬達

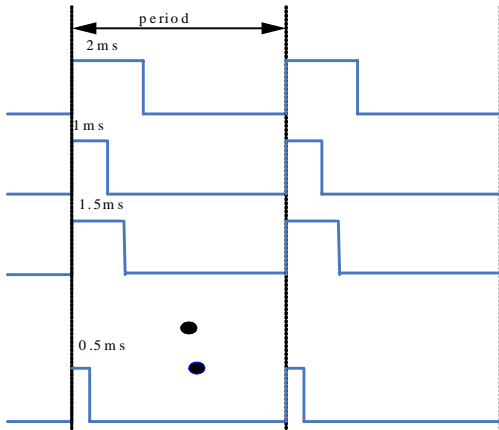


圖 14 同步式 PWM 信號

3.3 軟體程式設計

完成硬體架構設計後，變色機器人的操控皆由軟體程式掌控。本文中所設計之展示功能，是規畫變色機器人在一佈希不同顏色色紙上行走，走到不同顏色的色紙時，變色的 RGB LED 會跟隨變化。控制 18 顆 RC 馬達行走的多通道 PWM 信號是利用計時器的中斷功能來達成，而顏色偵測及變色調變則在主程式中以輪詢方式達成。主程式及中斷程式的流程圖如圖 15 所示。

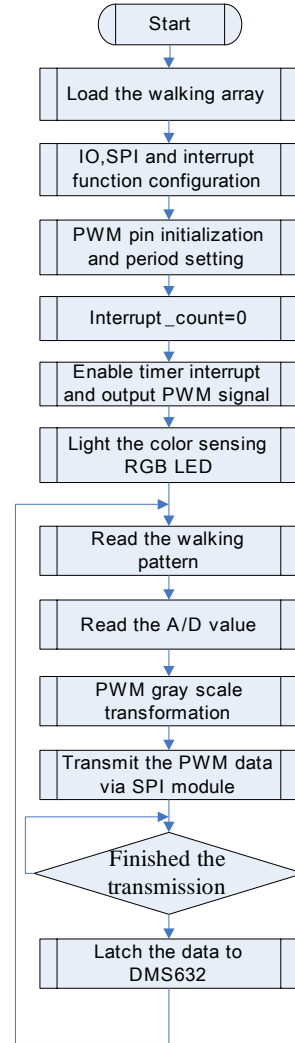


圖 15(a) 變色機器人主程式流程圖

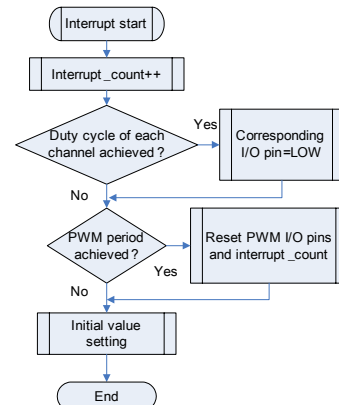


圖 15(b) 變色機器人中斷程式流程圖

IV. 實驗結果

4.1 RC 馬達驅動信號測試

機器人進行行走模式運動時以邏輯分析儀量測任意之 8 個通道，可測出各通道送出之波形如圖 16 所示。在電源功率足夠的前提下，機器人可以平順的進行預先規畫的動作行走。

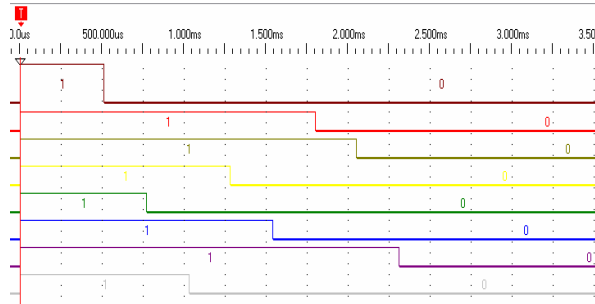


圖 16 RC 馬達驅動控制之 PWM 信號輸出

4.2 RGB LED 信號調變測試

用來調變機器人顏色之 RGB LED 係嵌設於機構本體，為便於測試，本文另以相同電路之 RGB LED 電路板進行產色之測試，其輸出之結果如圖 17 所示，其任一顆 RGB LED 均可單獨進行色彩的控制。圖 17 僅使用 DM632 的 8 位元 PWM 調變。



圖 17 RGB LED 的驅動測試

4.3 機器人本體測試

本文於顏色感測電路放入紅綠藍的色紙時，變色機器人隨即分別改變成對應之顏色，足見顏色感測電路及 RGB LED 調變之可行性，其輸出結果如圖 18(a)(b)(c)所示。

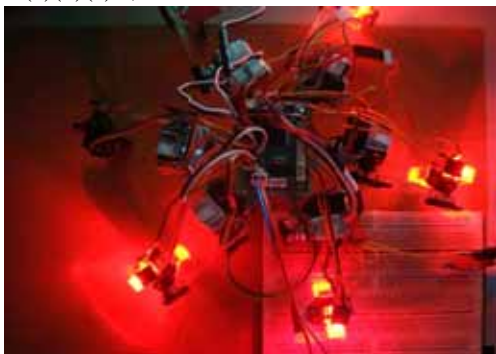


圖 18(a)紅色感測時之變色功能



圖 18(b)綠色感測時之變色功能

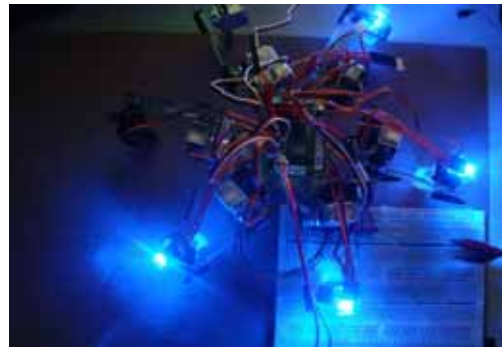


圖 18(c)藍色感測時之變色功能

V. 結論及未來研究方向

本文設計了易於導光的六足機器人，並以光敏電阻及 RGB LED 設計了顏色偵測電路，進而透過 PWM 的調變技術，使嵌有 RGB LED 的機器人本體可產生隨環境變色的效果，模仿了變色龍的生物特性，經由實驗並成功的驗證了所提架構的可行性。而欲達到更精細的變色效果，必須提昇顏色感測的解析度及於機器人本體嵌設更多的 RGB LED，方能使變色機器人能呈現多部位的變色功能。如何結合 CCD 感測及影像處理技術，以調變更多的色彩變化，可作為本文的後續研究重點。

參考文獻

- [1] M. Friedrich, S. Alexander, and B. Luc, "Passive compliance for a RC servo-controlled bouncing robot", *Advanced Robotics*, vol. 20, no. 8, pp. 953–961, 2006.
- [2] J. Yamaguchi, A. Takanishi, and I. Kato, "Development of a biped walking robot compensating for three-axis moment by trunk motion", *Proc. IEEE Int. Conf. Intelligent Robots and Systems*, 1993, pp. 561–566.
- [3] I. Yamaguchi, E. Soga, S. Inoue, and A. Takanishi, "Development of a bipedal humanoid robot control method of whole body cooperative dynamic biped walking", *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, 1999, pp. 368–374.
- [4] S. N. Oh, Kab-Il Kim, and S. Lim, "Motion control of biped robots using a single-chip drive", K. Daeinabi and M. Teshnehlab, "Steam tracking of intelligent arc welding robot", *Proc. 6th WSEAS Int. Conf. System Theory & Scientific Computation*, 2006, pp. 161–166.
- [5] C.P. Hung, W. G. Liu, S.T. Chen, "Multi-channel PWM signals generation method", *ILT 2008*.
- [6] C.P. Hung, W. G. Liu, H. J Su, and S.T. Chen, "Multi-channel PWM signal generation method and its application on robot yoy control", *proceeding of the 8th WSEAS Intern. Conf. on Signal Processing, Robotics and Automation*, #575-052, Feb., 2009.
- [7] Sunny(旭翔光電), "Datasheet of 5050 multi TOP LED/Ultra bright LED", 2008
- [8] Silicon touch technology(點晶科技), "Datasheet of DM632, 16-channel constant current LED driver with programmable output", 2008
- [9] <http://rhinejo.myweb.hinet.net/home/color/color-cord.html>
- [10] Microchip, "PIC18F86520/8520/6620/8620 /6720 /8720 Datasheet Search", 2004.