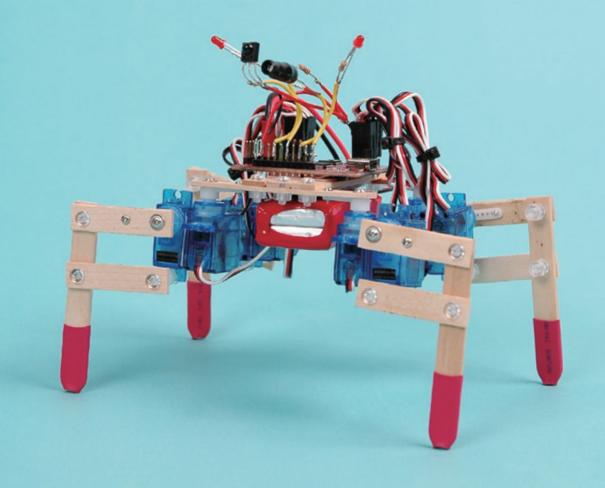
小怪獸

文:鮑惟聖



仿生機器人——小怪獸

把從便利商店買來吃剩下的冰棒棍,搭配SC8 (Servo Commander 8)控制板——它最多能控制八個通道的傳統R/C伺服機、紅外線LED以及一些隨手可得的零件,就可搖身一變成為動作靈活的「入門級」仿生機器人。

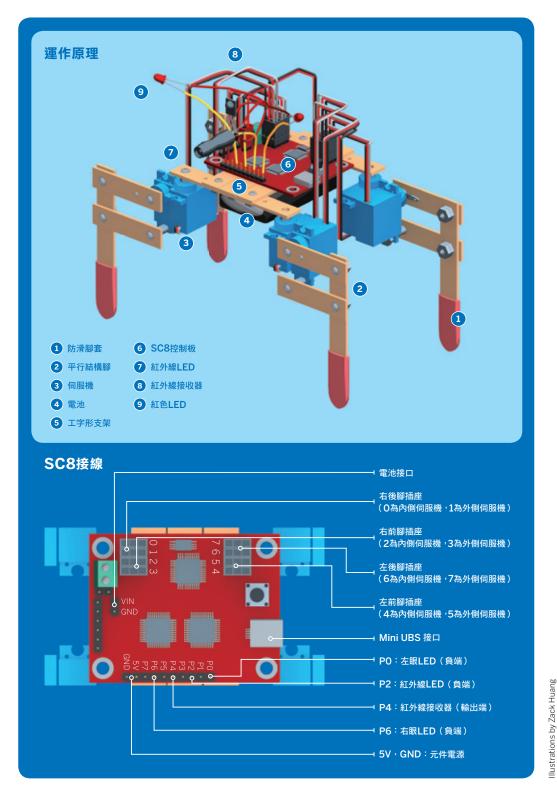
看過許多玩家的機器人作品,我總覺得它們的動作不夠靈活, 而且缺少了智慧性,讓人有種隔靴搔癢、無法盡興的感覺,因此 就興起了自己動手做一臺的念頭。我所做的這臺機器人,除了外 觀酷炫、功能多樣外,還能避開障礙完成指定的任務。

我利用隨處可得的冰棒棍來當作機器人的四肢與身體(支撐控制器的支架),再從「遙控飛機模型店」買八臺8g伺服機當作肌肉、用SC8控制板當作大腦,以及紅外線LED當作眼睛。

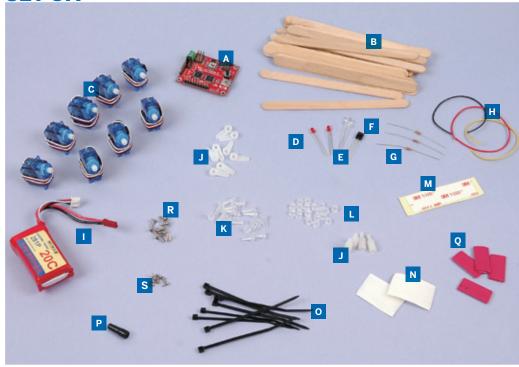
這隻我叫它「小怪獸」的四腳仿生機器人,打造完成後,有著兩顆一閃一閃十分討喜的紅色眼睛。它除了可以做伏地挺身外,還能走迷宮。當小怪獸走不出迷宮時,兩顆紅色的眼睛會閃得更快了,並不斷地轉動自己的身體,一副著急想提快找到出口的樣子。以下我將說明如何利用 SC8 來製作這臺可愛的小怪獸。

Set up: p.135 Make it: p.136 Use it: p.141

鮑惟聖,擁有中原大學電機工程學士學位,利基應用科技(www.innovati.com.tw)的創辦人。多年來一直從事微處理 器應用與系統工具的開發,並致力於推廣智慧型機器人科普教育。



SET UP.



材料

[A] Servo Commander 8(SC8)控制板(1)

購自利基科技網站(www. innovati.com.tw),新台幣1,600元。

[B] 冰棒棍(20)

文具店或工藝店可買到一包 50根的冰棒棍。

[C] 8g伺服機,附搖臂與螺絲(8)

一般遙控模型店可買到,每 臺約新台幣340元

[D] 3 φ 的紅色 LED (2)

[E] 5 φ 的紅外線 LED (1)

[F] 紅外線接收器:

FM-9038LM-5AN (2)

[G] 220 Ω 電阻(3)

[H] 各種顏色線,50 cm

[I] 7.4 V 950 mAh 鋰電池(1)

[J] 塑膠六角柱: 3 φ, 長度1cm(4)

[K] 3 φ 的塑膠螺絲(18)

[L] 3 o 的塑膠螺帽(30)

[M] 雙面膠10 cm

[N] 魔鬼氈 5 cm 固定電池用。

[0] 束線帶(4)

[P] 5 φ 的塑膠套管 (1)

[Q] 3 cm的熱縮套管(4)

[R] 伺服機隨附螺絲(8)

[S] 2mm的攻牙螺絲(8) 鋰電池(鎳氫電池)充電器

工具

直尺

筆

美工刀

鑽孔機

線鋸機

十字螺絲起

尖嘴鉗

烙鐵與焊料

付螺絲(8) 三用電表

電腦

Mini USB訊號線



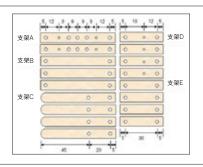
製作您的 小怪獸

開工》

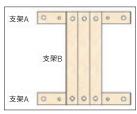
時間:一個週末 難易度:中等

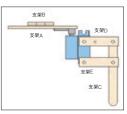
1 設計草圖

1a. 先設計草圖



1b. 利用這些材料組出「工字形」主支架與「平行結構」四隻腳,基本上這樣骨架就完成了。當然這是我的版本,一旦大家上手之後就可以發揮 DIY 的精神,設計自己的版本,愈有造型就愈有特色。

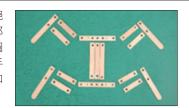




2 裁切與鑽孔

2a. 冰棒棍在各個文具行都可以買得到,價格很便宜的。但也可以「物盡其用」,買上兩打冰棒然後找朋友幫忙吃完它,「獨樂樂不如與眾樂樂」這機器人也算是「集體創作」。冰棒棍的長度與鑽孔處,草圖上都畫得很清楚了,冰棒棍到手了就可以開始裁切了。

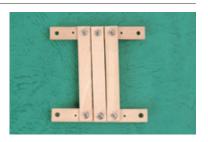
2b.「工欲善其事,必先利其器」,有臺鑽孔機絕對是如虎添翼的,但是如果手邊沒有鑽孔機,那就需要有雙靈巧的雙手了。注意冰棒棍上的2mm圓孔是為了固定伺服機的「搖臂」之用。請注意您手邊的伺服機「搖臂」上的孔距,是否可以鎖上,如有差異,請自行調整2mm圓孔鑽孔位置。



3 組裝「工字形」支架

3a. 現在開始組裝,首先是「工字形」的支架,「工字形」的支架下方,會放置電池,「工字形」支架的上方則會放置 SC8 控制板。 為提供較大的承載面積。

3b. 「工字形」支架的中間部份是由三條冰棒棍並排組成,共使用 六顆3mm的塑膠螺絲與螺帽固定。



4. 伺服機定位

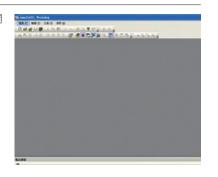
4a. 伺服機(或稱之為舵機)是機器人入門的必備零件,在「遙控飛機模型店」都可以買得到。我這裡的「小怪獸」是採用小型8g伺服機。8g指的是伺服機重量約為8公克。如果仔細找一下還會看到6g、7g、9g的伺服機。除了重量不同外,一般重量越大也代表了扭力比較大。目前「小怪獸」的重量輕,所以扭力影響程度有限。

4b. 注意伺服機可以轉動的角度範圍。伺服機可以轉動的角度範圍愈大,足部可以伸展的範圍就愈大。一般伺服機都可以達到60度,所以後續的動作都以60度為應用範圍。還有,不要用手大力或快速去轉動伺服機,這樣會很容易造成齒輪崩牙。

4c. 伺服機買到手之後,對第一次玩機器人的朋友來說,必須先了解伺服機的「定位」問題,這是需要花點心思的。首先從組裝的角度來看,伺服機分成主體上的「動力輸出軸」,以及外加的「搖臂」塑膠件。主體上的「動力輸出軸」可以轉動的範圍是個「絕對」範圍。如何將這「絕對」範圍,因應機構需要,變成「相對」的範圍,那就要靠「搖臂」的安裝了。有些事情就是愈聽愈糊塗,親自把玩一下就茅塞頓開。

4d. 伺服機定位的目的就是將伺服機動力輸出軸,轉到我們希望的角度位置。一般會是中間位置,這樣我們就可以獲得相同的的正反轉範圍。市面上有伺服機角度設定的小儀器,使用起來很方便,如果預算可以的話,值得去買一個,很多場合都用得到。但是省錢的方法,就直接安裝InnoBASIC Workshop 2系統,使用內建的「動作編輯器」完成定位的工作。

4e. 到官網下載InnoBASIC Workshop 2安裝軟體,安裝完畢開 啟該軟體。



4

4f. 找一條 Mini USB 訊號線連接 SC8 控制板與電腦。當電腦偵測到 SC8 控制板就會開始 USB 驅動程式安裝程序。只要按照電腦畫面指示,幾個步驟後就完成 USB 驅動程式安裝。如果電腦無法偵測到 SC8 控制板,請檢查一下是否拿到的不是 USB 訊號線,而是 USB 充電纜線。



4g. 如果一切都順利,請在「工具」選單中啟動「動作編輯器」,開始初始設定畫面。由於「小怪獸」不是標準產品,請選擇「預設值」。並在使用模組區選擇Servo Commander 8。



4h. 設定完成後就會有就會出現「動作編輯器」主畫面。在每個 通道(CH)的前方都有一的核取方塊 (check box),想要使用到的 通道就去點選它。我們就先選CHO,同時把想要定位的伺服機插到 SC8 控制板的 CHO接口上。通常伺服機線為黑、紅、白三種顏色,分別代表電源(一)、電源(+)、訊號線,而且電源(+)在 中間。安裝伺服機線時請注意顏色方向。



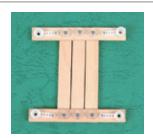
4i. 現在 SC8 控制板是使用 USB 電源,雖然伺服機是插到 SC8 控制板上,但是 SC8 控制板只送出控制訊號,各個伺服機的電源則需另外提供, SC8 控制板只是將電源引到伺服機接口處,並未做任何穩壓控制。換句話說,外部電源的電壓是直接通到伺服機,所以一定要注意外部電源電壓與伺服機操作電壓的匹配問題。 現在我們就來看看電池的問題。又要重量輕又要電流夠大,鋰電池通常會是最佳人選了。但是缺點是電壓高了些,規格上為 7.4 V。如果伺服機的工作電壓較低,有可能沒有工作多久就會燒毀了。 選用 5 個電池的「鎳鍋」或「鎳氫」充電電池,則可較符合 6 V 規格,缺點則是稍微重了些。電池可使用魔鬼氈黏貼於「工字形」支架下方,這樣方便取下充電。每次裝上電池時注意不要影響到伺服機的轉動,另外儘量將電池的重心調整到「小怪獸」的正中央讓四隻腳平均受力,否則行走時會有跛腳現象。



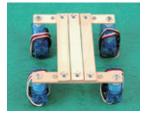
4j. 現在試著調整動作編輯器裡 CHO 的捲軸或數值,觀察伺服機轉動的狀況。新手可以利用這個機會第一次觀察伺服機轉動與數值設定的關係。將八個伺服機輪流插拔到 CHO,就完成伺服機定位的工作了。如果伺服機上已經有裝上「搖臂」,將它先卸下再來做定位比較好。定位好的伺服機小心不要再去轉動它。好了!電腦可以先關掉了,我們會有一段時間用不到電腦。

5 安裝伺服機

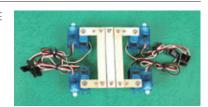
5a. 使用 2 mm 攻牙螺絲將四支「搖臂」固定到「工字形」支架下方。



5 b. 使用伺服機所提供的螺絲,將四個伺服機與「搖臂」結合。注意在結合的過程中不要轉動到伺服機的軸,最後再使用所附的螺絲將其鎖緊。此時伺服機、搖臂、「工字形」支架的相對位置已固定,如果不小心轉動到伺服機,只要將它輕輕轉回即可。



5c. 接著使用3M雙面膠,將伺服機以90度直角互相黏合。現在四隻腳已經可以前後、上下轉動了,八個自由度就完成了。



6 安裝平行結構腳

6a. 平行結構最主要的目的在保持足部與地面垂直,獲得較好的運動形式,同時分散伺服機輸出軸的力距 到平行結構上,減少受損機率。

6 b. 伺服機動力輸出軸當然是平行結構的支點,平行結構的另一個支點,則是使用長度1公分的塑膠柱鎖在伺服機的固定孔做為第二個支點,一般8g伺服機結構類似,應該都可以適用。

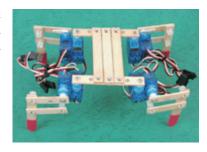


6 c. 連桿部份目前的設計是使用塑膠螺絲,另一端則是連續鎖上二個螺帽,以固定螺帽位置以免螺帽鬆脱。如何將冰棒棍結合在一起,不能太緊導致轉動不易,又不能太鬆變得結構鬆散,就要靠調整這二個螺帽的位置了。

6d. 伺服機的「搖臂」則以2mm攻牙螺絲鎖到平行結構上。

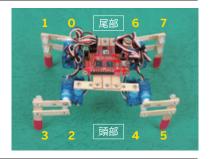


6e. 最後使用伺服機所提供的螺絲將平行結構鎖到伺服機上。注 意在結合的過程中不要轉動到伺服機的軸。鎖緊「平行結構」腳之 後,足部支架的相對位置已固定,如果不小心轉動到伺服機,只 要將它輕輕轉回即可。其他三隻腳以相同的方式安裝之。



- 安裝SCS控制板

7a. 使用海綿雙面膠把 SC8 控制板固定在「工字形」支架上方。 請注意,SC8控制板下緣的一排針腳就是輸出入腳的位置。由於 最後會把感測器放到這裡,所以SC8控制板下緣應朝向前方,我 們將它定義為「頭部」。SC8控制板可以控制最多八個伺服機,分 別標示為 CHO ~ CH7。



7b. 八個伺服機的依編號插至 SC8 控制板,插裝時並注意接頭顏色方向。安裝完成後線材凌亂可以使用束 線帶整理。

NOTE: SC8 (Servo Commander 8)的使用手册:

http://www.innovati.com.tw/website/down/html/?151.html

完工! X

現在就開始使用 >>>

USE IT



翻滾吧「小怪獸」!

讓小怪獸來個伏地挺身

基本上到目前「小怪獸」的硬體算是完成了。原 來規劃還有LED與紅外線感測器部分,我們等到 「小怪獸」可以行走了之後再來加裝。現在請開啟 InnoBASIC Workshop 2環境,到「動作編輯器」 的主畫面(圖A)。機器人最基本的行走原理就類似 早期的卡通影片,將許多的靜態畫面連續播放,就 形成了動態的畫面。這時候如何正確而精準地將一 個動作拆成幾個分解動作,就是機器人運動能力優 劣的關鍵了。現在就先讓「小怪獸」學會暖身來個 「伏地挺身」吧。我把「伏地挺身」分成二個分解動 作。第一就是標準站姿,第二就是腹部貼近地面。 目前畫面上所顯示的初始值都是1500,也正好就是 我們所要的標準站姿,注意要先將所有的核取盒打 勾, 這樣才有啟動控制功能。接著我們就直接按下 「儲存」鍵,將此動作儲存到SC8控制板裡。

微調的重要性

通常這時候就會發現明明每個伺服機都按照要 求設成1500的位置,但站姿好像不是很正,左看 右看每個伺服機都想給它調整一下,這時候我們就 需要做「微調」了(圖B)。造成這各現象的原因 有二:第一,伺服機輸出軸與「搖臂」結合處的齒 數是有限的,所以不論如何鎖,一定會有機械性的 角度誤差;第二,整體性的機構偏差,例如支架歪 斜,使得我們必須靠「微調」來補償機構上的偏差。 動作編輯器主畫面的右上角有「設定微調值」的按 鍵,按下後即可進入「設定微調值」的主畫面。其 中可以進行微調的通道,即為剛才所核取的通道。 基本操作方式與動作設定相同,只是數值範圍較小 從-128到+127。邊微調邊觀察伺服機是否轉動到 要求的位置了。常各通道微調值設定好了之後,記 得要按下「儲存到模組」按鍵,目前的設定值才會







Make: 141

圖A:儲存編號O的

圖B:微調操作畫面 圖C:儲存編號1的分

分解動作。

解動作。

制板會發現微調值還是舊的。現在大家了解「微調」 的用處之後,我們繼續剛才的動作設定。

(M) (M) (M) (M) (M)

完成伏地挺身的動作設定

接著我們要調整出第二個動作,讓身體貼近地 面。其實只要轉動外側的四個伺服機就可以了。現 在請慢慢拉動 CH1、CH3、CH5、CH7 的捲軸或填 入數值。這時候就可以觀察是否有符合您的動作要 求。這裡我使用的位置是1200與1800,從中心位 置前後大約擺動各30度。因為伺服機安裝的方向不 同,左前腳與右後腳會是同一個數值,右前腳與左 後腳會是另一個數值。動作若是一致的,就是要降 低身體高度。如果覺得姿態沒問題就先將畫面左上 正式被儲存到SC8控制板,否則下次使用SC8控 方的動作編號改成1(圖C),然後按下「儲存」鍵,

將此動作儲存到SC8控制板裡。

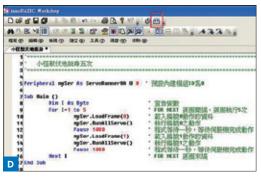
每次儲存新的動作時一定要記得改變動作編號, 否則之前所設計的動作就會被覆蓋掉了。因為你所 設計的動作都儲存在SC8控制板裡,如果想檢視某 一個編號的動作,只要改按「讀取」鍵,並輸入動 作編號,例如編號O。這時候「小怪獸」就會呈現原 先設定的站立姿態了。好了,動作設定完成,現在 開始寫程式吧。

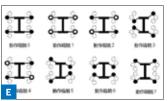
開始寫程式

首先從「檔案」/「開新檔案」選單之下開啟一個新檔案,然後輸入下列程式。單引號「'」之後的文字稱之為「註解」,方便自己或他人閱讀程式之用,對程式執行沒有任何影響。練習的時候如果想省事,「註解」的部份是可以省略。但是正式寫程式的時候可千萬別偷懶,否則現在引以為傲的「武功祕笈」下次在閱讀時,套句俏皮話,就變成諸葛亮的「出師表」,「臨表涕泣,不知所云」了。



程式輸入完畢之後(圖D),請在「建立」選單中選取「建立」功能然後開始進行程式編譯與通過USB線下載編譯後的程式碼至SC8控制板。此時「小怪獸」就會每秒一次「上」或「下」進行「伏地挺身」,而且因為For...Next指令的指定,「小怪獸」將會執行5次「伏地挺身」。





807	СНО	СНІ	СНФ	снв	CH4	CH5	СНБ	СНТ
Frame 0	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Frame 1	1500	1200	1500	1800	1500	1200	1500	1800
Frame 2	1500	1500	1500	1800	1500	1500	1500	1800
Frame 3	1800	1500	1200	1500	1200	1500	1800	1500
Frame 4	1500	1200	1500	1500	1500	1200	1500	1500
Frame 5	1200	1500	1800	1500	1800	1500	1200	1500
e	1800	1500	1200	1500	1800	1500	1200	1500
F	1200	1500	1800	1500	1200	1500	1800	1500

圖D:編譯與下載程式。圖E:八個分解動作圖解。圖F: 八個分解動作伺服機對應數值。

好啦! 伏地挺身還算是簡單,我們現在開始設計步行的動作。原則上愈多分解動作可以達成較好的平衡性與流暢度。但是既然是「入門級」的機器人,步態設計還是以簡單易懂為原則。這裡就整理出八個分解動作,經由不同的分解動作組合,可以做出前進、後退、轉彎等動作。下面就是這八個動作的示意圖。首先大家會注意到每隻腳都有對應到三個圓圈,說明足部是在「前」、「中」、「後」哪個位置,這些位置是由內側伺服機控制。虛線的圓圈只是方便辨識相對位置,實際落腳會以一個「實心圓」與「空心圓」分別表示不同高度,這些高度是由外側的伺服機控制,圖的上方為頭部的方向(圖E)。

高度可以有「上」、「中」、「下」三個位置,但是目前為止動作規劃還沒有使用到「上」的位置。所以大家有進一步的動作規劃時,可以再加入「上」的位置。為了方便動作設定,這裡就一併把設定這些動作所需要的伺服機位置數值,建成一張表給各位參考。各位就依照前面伏地挺身的動作設計方法(圖F),把剩下的動作2到動作7儲存到SC8控制板裡面。

網站連結:

動作編輯器 (Motion Editor)使用介紹: http://www.innovati.com.tw/website/down/html/?43.html

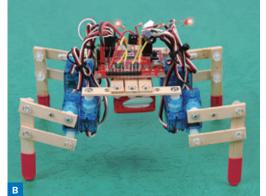
■ BASIC Commander & InnoBASIC Workshop 使用手冊: http://www.innovati.com.tw/website/ down/html/?33.html

■ InnoBASIC Workshop 2 安裝程式: http://www.innovati.com.tw/website/down/html/?113.html



去探索吧 小怪獸!





圖G:LED、紅外線發射器、紅外線實際接線圖。圖H:「小怪獸」完成圖。

加裝LED與紅外線感測器

現在「小怪獸」已經可以靈活的動作了,來一段 有趣的舞蹈也是不難事。前面有提到我們想替「小 怪獸」裝二個LED與紅外線感測器(圖A),讓它 看起來更酷更聰明,現在就繼續努力吧!

首先介紹元件工作原理,大家可以對照之前SC8 接線安裝圖。LED有二隻腳,長腳為正極,短腳 為負極。長腳串接一個220歐姆的電阻到5V,電 阳的色碼為紅紅棕。LED的短腳再分別接到數位 輸入輸出腳PO與P6。PO與P6的選擇是為了方便 LED安裝在左右兩邊,沒有其他考量。再來就是安 裝紅外線發射器。這裡所使用到的就是一個紅外線 LFD,顧名思義,它也是一個LFD。只不過發射出 來的是不可見的紅外線,所以對LFD的描述也適 用。這裡我們把它接到P2。紅外線接收器是一個三 隻腳的元件,我這裡使用的編號為FM-9038LM-5AN。分別為正、負電源以及輸出腳。正、負電源 就分別接到5V以及GND,輸出腳則接到P4腳。 紅外線LED與紅外線接收器同樣面向前方,但是紅 外線會從LED側面散出,而被紅外線接收器收到, 造成誤認前方有障礙物。為避免紅外線散出,這裏 使用了膠套將紅外線LED包起來,僅允許從前方發 射紅外線出去。各位手邊沒有適用的膠套,則可以 使用黑色電工膠帶將LED纏繞,僅留前方開口即 可。目前使用到的PO、P2、P6都是做輸出使用, 只有p4是做輸入使用。(圖A)為了方便辨識,特 別將須接到5V的線路選用紅色線材,須接到GND 的線路選用黑色線材,須接到各I/O接腳的線路選 用黃色線材。實際接線時要注意避免金屬部分碰 觸造成短路,所以電工膠帶或是塑膠套管都是需要

雖然線路是相同的,但每一個人實際的接線看起 來都會不太一樣,美醜就看每個人的藝術細胞有多 少啦。我給每隻腳套上紅色的熱縮套管,再加熱使 其收縮而不會掉落,穿上四隻小紅鞋看起來還很有 造型,而且還有防滑的功效呢,希望對我的藝術細 胞有加分作用,完成品請看(圖B)。

「小怪獸探索」的程式

現在開始要把感測器的輸入與動作結合,前面的程式只是練習題,現在才是正式開始撰寫「小怪獸探索」程式。這裡先介紹一下「小怪獸」的行為模式。開啟電源後「小怪獸」會先點亮LED雙眼,維持標準站姿五秒。接著做兩個「伏地挺身」暖身一下準備出發。

「小怪獸」會隨時測量前方是否有障礙物,LED雙眼也保持每秒明滅一次的速度眨眼。一旦發現障礙物則停止前進,然後原地左轉,再次測量前方是否有障礙物,這段期間LED雙眼以兩倍的速度明滅,讓它看起來很焦慮的樣子。如果前方依舊測量到有障礙物,則持續作左轉測量的動作,直到障礙物消失,然後繼續前進,LED雙眼也恢復每秒明滅一次的眨眼速度。這裡的障礙物偵測距離大概是30公分,調整偵測距離的方法以後有機會再來介紹。

以下就是程式原始碼,後面有註解説明。此程

式只使用到幾個副程序,提高程式閱讀性,方便入 門者了解程式控制之原理。等到熟悉相關程式技巧 後,可以嘗試更結構化的程式架構,以減少程式行 數、提高執行效率,增加程式維護、修改的彈性。

```
' 小怪獸探索程式
Peripheral mySer As ServoRunner8A @ 0
                               '預設內建
模組ID為o
Sub OpenEyes()
 Low 0
               '點亮左眼LED
 Low 6
               '點亮右眼LED
End Sub
Sub CloseEyes()
 High 0
               ' 熄滅左眼LED
 High 6
               ' 熄滅右眼LED
End Sub
Sub RunFrame(ID As Byte)
 Myser.LoadFrame(ID) ' 載入編號ID的動作
 Myser.Runallservo() '執行載入的動作
 Pause 150
               '等待伺服機完成動作(每秒4步)
End Sub
Sub Main()
  Dim IR As Byte '宣告變數
'點亮左右眼LED以及初始立正姿勢
               '點亮雙眼LED
 OpenEyes()
 RunFrame(0)
               ' 呼叫程序執行編號o動作
               ' 等待5秒才開始動作
 Pause 5000
' 伏地挺身一次
 RunFrame(1)
               '呼叫程序執行編號1動作
 RunFrame(0)
               ' 呼叫程序執行編號o動作
 RunFrame(1)
               ' 呼叫程序執行編號1動作
 RunFrame(0)
               ' 呼叫程序執行編號0動作
 Pause 2000
               ' 等待2秒才開始出發
'_____
' 程式主循環
  Sound(2, 5, 38400) ' 從第2腳發射5微秒的38.4kHz紅
外線載波
  IR = In(4)
               '從第4腳讀取紅外線載波資料
```

' 發現障礙物向左轉, 左前足起

```
步左轉: [4,6,2,7]
                 ' 呼叫程序執行編號4動作
    RunFrame(4)
    CloseEyes()
    RunFrame(6)
                 ' 呼叫程序執行編號6動作
    OpenEyes()
                 ' 呼叫程序執行編號2動作
    RunFrame(2)
    CloseEyes()
    RunFrame(7)
                 ' 呼叫程序執行編號7動作
    OpenEyes()
   Else
                 ' 未發現障礙物, 右前足起步前
行 [2,5,4,3]
                 ' 呼叫程序執行編號2動作
    RunFrame(2)
    RunFrame(5)
                 ' 呼叫程序執行編號5動作
    CloseEyes()
                ' 呼叫程序執行編號4動作
    RunFrame(4)
                 ' 呼叫程序執行編號3動作
    RunFrame(3)
    OpenEyes()
   End If
  Loop
End Sub
```

程式輸入完畢之後,請在「建立」選單中選取「建立」功能進行程式編譯,並通過USB線下載編譯後的程式碼至SC8控制板。此時「小怪獸」不再只是會做「伏地挺身」而已。這樣的程式流程已經讓「小怪獸」具有從迷宮脫困的基本能力。大家完成程式之後,可以嘗試定義一下更複雜的流程。原則上更複雜的流程可以讓「小怪獸」以更聰明的方法從迷宮中脱困。或者加上更多的感測器,讓「小怪獸」可以更快速地感測周邊環境,做出更有效率的決策。這時候大家就來辦個「走迷宮競賽」,誰的「小怪獸」厲害,高下立判。

文章接近尾聲了,當我把功能驗證完畢之後,心情剎時輕鬆了起來。拿幾個紙盒當成路障,把書房的燈給轉暗,再啟動我的「小怪獸」。閃爍的LED光影、「嘎嘎」的伺服機轉動聲、踽踽獨行的身影,我彷彿看到「小怪獸」在火星上獨自探索。We are programmed to explore! 這就是機器人DIY的樂趣。當我神遊在自己的異想世界裡,「小怪獸」已經從紙盒做的「八卦陣」裡走了出來,我彷彿聽到「小怪獸」在說:What's next?

網站連結:

■「小怪獸」探索影片: http://www.innovati.com. tw/website/index.php

If IR = 0 Then