

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

091009

讓植物動起來！—創意盆栽

學校名稱：臺北市立內湖高級工業職業學校

作者： 職二 顧達昀 職二 郭威賢 職二 盧士凱 職二 謝坪錡	指導老師： 羅文煜
---	------------------

關鍵詞：單晶片、伺服機、感測器

摘 要

陽光、空氣、水，是生命的三大要素，加上合適的溫度，植物才能順利成長。一般植物是被動的接受照顧，我們感受不到它的喜怒哀樂。不妨換個角度想像一下：若植物也能像動物一樣，飢餓或口渴時，能自行移動來滿足生理需求，如此主人就不須付出太多精神，也能享受種植的樂趣。如果植物也能夠說說話，唱唱歌，自娛娛人一番，這樣盆栽就不只是普通的盆栽，更是一個人見人愛的寵物了。

本作品包含六大功能：

- 一、感測功能：能感測生長環境。
- 二、語音功能：植物能夠「說話」，讓主人得知盆栽現況。
- 三、自走功能：使盆栽移動至定點。
- 四、紅外線功能：以紅外線控制光源、水源等。
- 五、太陽能充電：以太陽能板充電。
- 六、娛樂功能：植物舒適時，便自動播出音樂。

壹、研究動機

自從報名科展後，一開始我們便以「**生物電子**」作為研究的方向。但由於生物電子的領域十分廣泛，舉凡動物、植物、微生物，乃至於醫療等，都是值得研究的部分。在這些領域中，植物是比較容易控制的對象，因此我們就以植物作為研究的對象。

陽光、空氣、水，是生命的三大要素，加上適合的溫度，植物才能順利的成長。一般而言，植物苗圃常以溫室來控制光、空氣、水和溫度，但對於居家環境或辦公室而言，為了盆栽而刻意建造一座溫室並不切合實際。因此我們想到：與其讓植物**被動**的接受一個舒適的生長環境，何不換一個角度來想：讓植物**主動**去尋找適合自己的生長環境，是不是有趣許多？甚至更進一步，讓植物也像動物一樣，具備溝通的能力，能夠與人類互動。閒來無事時，植物也能像人一樣哼哼唱唱，自娛娛人，如果真能做到這些，植物就不再只是僅供欣賞的生物，簡直是具備新生命的寵物了！

本作品與教材的相關性分析如下表：

年級	類別	科目	相關的本作品內容
高一上學期	理論科目	基本電學	電源電路
	實習科目	基電實習	電阻網路
高一下學期	理論科目	基本電學	繼電器電路
	實習科目	基電實習	
高二上學期	理論科目	電子學	振盪電路
	實習科目	電子實習	感測器電路
高二下學期	理論科目	數位邏輯	反相器
	實習科目	電子實習	運算放大器

表 1-1. 作品與教材的相關性

貳、研究目的

研究這個题目的主要目的，是將在學校所學到的電子專業知識和技能，應用在日常隨處可見的盆栽上，使盆栽除了可供觀賞之外，還是個生動的寵物。以下是「創意盆栽」的研究目的：

一、減輕盆栽主人的負擔：

創意盆栽能夠自己行走，能夠根據本身的需要來澆水、日光浴、調節溫度和空氣品質，主人再也不必擔心忘了澆水或日曬，而讓寶貝的盆栽失去光澤。

二、為盆栽注入新的生命元素，增加蒔花弄草的樂趣：

創意盆栽能夠用語言表達自己的感受(生理狀況)，好像主動要求主人要關心它，讓植物變得比較有「人性」。還能夠播放 MP3 音樂，讓主人感覺盆栽是健康而快樂的。這些互動的功能，可以讓植栽的樂趣提昇許多。

三、一方面學以致用，二方面接觸新的技術：

為了達到這個專題所需的功能，應用到的技術包括：照度、溫度、濕度、空氣品質偵測、伺服機的控制、錄放音電路等。這些技術部份是在校所學，部分則需要從頭學習，我們希望在學習的過程中，能夠接觸到課堂以外的新知識和新技能，開拓自己的專業視野。

參、研究設備及器材

項目	使用設備及器材	數量
儀表	電源供應器	1
	數位電表	1
	示波器	1
設備	個人電腦	1
軟體	Keil-C	1
工具	尖嘴鉗	1
	斜口鉗	1
	電烙鐵	1
	IC 檢定板	10

表 3-1 使用設備及器材

項次	材 料	規 格	數 量	項次	材 料	規 格	數 量
1	IC	MC34063	1	26	陶瓷電容	30P	5
2	IC	4066	1	27	陶瓷電容	1000P	4
3	IC	89S51	5	28	陶瓷電容	1500P	1
4	IC	ISD4004	1	29	陶瓷電容	0.1uF	12
5	IC	LM7805	4	30	麥拉電容	0.001uF	1
6	IC	LM555	1	31	電解電容	1uF/25V	6
7	IC	LM386	1	32	電解電容	10uF/25V	5
8	石英晶體	12MHz	5	33	電解電容	33uF/25V	5
9	紅外線模組	T3800M	4	34	電解電容	47uF/16V	1
10	電晶體	A1015	9	35	電解電容	100uF/16V	3
11	二極體	IN4001	2	36	電解電容	220uF/16V	4
12	二極體	IN5819	1	37	電解電容	470uF/16V	1
13	稽納二極體	3.6V	1	38	電阻	0.33Ω 1/2W	1
14	稽納二極體	4.7V	1	39	電阻	10Ω 1/2W	1
15	LED	3mm	13	40	電阻	10Ω	1
16	繼電器	6V	4	41	電阻	180Ω	1
17	電感器	220uH	1	42	電阻	220Ω	14
18	變壓器	AC15V	4	43	電阻	1K	7
19	接鈕開關		12	44	電阻	2.2K	1
20	指撥開關	DIP-16	4	45	電阻	5.6K	1
21	指撥開關	DIP-8	1	46	電阻	10K	15
22	半可變電阻	5K	1	47	電路板		5
23	半可變電阻	10K	5	48	焊針	40P	10
24	半可變電阻	500K	1	49	伺服機	S03T	2
25	蜂鳴器	5V	5	50			

表 3-2 使用材料

肆、研究過程或方法

一、研究過程：

階段	起迄年月日	研究內容
第一階段	97.9.22~97.12.13	校內科展報名、文獻探討
第二階段	97.12.14~98.1.10	感測器特性研究與測試
	98.1.11~98.1.23	電路製作與測試
第三階段	98.2.2~98.2.7	機構組裝與測試
	98.2.8~98.2.20	作品說明書，看板製作
	98.2.24	校內科展
第四階段	98.2.25~98.3.30	作品改良，作品說明書修改
	98.5	校外科展
第五階段	98.5~98.7	作品改良，作品說明書修改
	98.7.27~98.7.31	全國科展

表 4-1 研究過程

● 第一階段：

雖然我們在報名之前已經想好了主題，但指導老師認為題目還不夠深入，希望我們多閱讀一些文獻資料，經過充份討論後再來決定題目。

老師希望我們配合高瞻計劃，以「生物電子」作為探討的方向。首先介紹了一些相關的網站(「捌、參考資料及其它」)，並分配一些主題讓我們去蒐集更多資料，約定每週二的中午作為共同討論的時間。

共同討論時間是很寶貴的體驗，在這段時間裡，我們四位組員提出自己的看法，發揮腦力激盪的功能，老師再針對我們提出的看法加以分析及補充。因此在確定題目以前，我們就閱讀了很多相關的文件，覺得非常充實。

我們討論的範圍很廣泛，包括土壤改良、居家照護、導盲輔具、機器人輔具、磁場與植物等，其中有些很吸引人的題目，但是需要有足夠的生物知識，由於我們較缺乏這方面的基礎，只好放棄。也曾經有過一些不錯的 Idea，但是上網搜尋更進一步的資料後，才發現已經有人做過，因此在文獻探討上花了不少時間。最後大家認為「創意盆栽」這個點子夠新穎，又適合我們的程度，所以就以此作為研究主題。

● 第二階段：

在這個階段，先決定系統架構，再研究各感測器的特性，最後才是製作電路。老師為了掌握進度，又增加每週一下午為共同討論時間。

(一) 決定系統架構：

經過多次討論，系統架構最後決定如下：

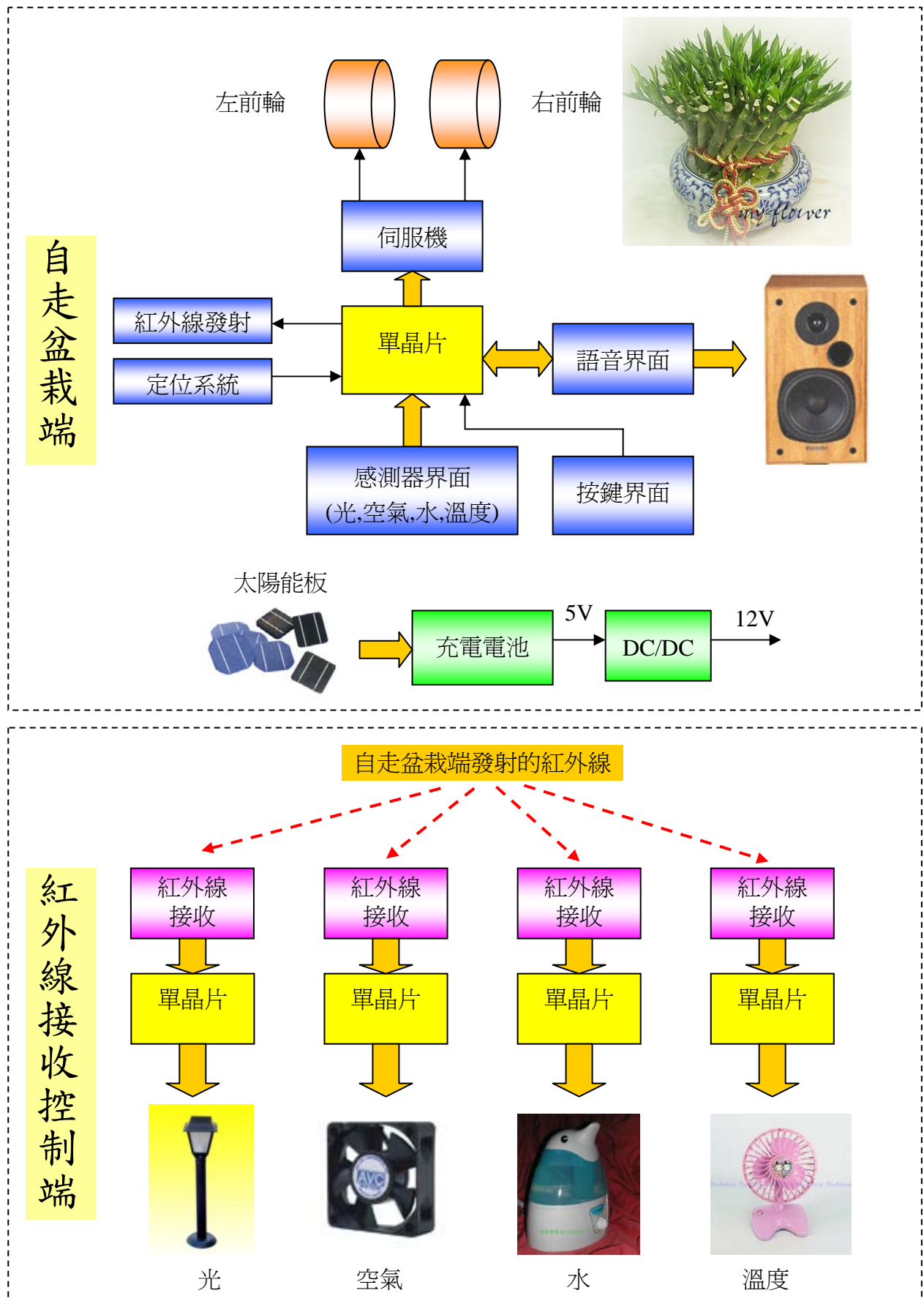


圖 4-1 系統架構

(二)感測器特性研究與測試

「創意盆栽」共用到四種主要的感測器，由我們四位組員每人負責測量一種感測器的特性。詳見「二、研究方法」。

(三)各單元電路製作與測試：由組員分工製作及測試各單元電路。

(四)系統整合：將各單元電路整合後，進行綜合測試。

● 第三階段：

由於電路製作完成後，學期已接近尾聲，接著就是春節，因此老師交待：利用春節期間，先寫一部份作品說明書(摘要、研究動機、討論)，春節過後再作整合。

春節後，我們把握寒假尾聲，進行機體外觀的製作。

1.自走盆栽的外觀：

託春節之福，我們找到了一個外型尺寸都剛好的禮盒(如圖 4-2)，稍加改裝後便可容納電路。圖 4-3 為裝上伺服機及輪子後的外觀。圖 4-4 為裝上控制電路板後的外觀。圖 4-5 為加上感測器及太陽能板後的外觀。



圖 4-2 自走盆栽外殼



圖 4-3 加上伺服機及輪子



圖 4-4 加上控制電路板



圖 4-5 加上感測器及太陽能板

2.紅外線接收控制端的外觀：

接收控制端共有四組控制器(光、空氣、水、溫度)，故需要四個外殼，我們在電子商場買到尺寸適合的外殼，稍加施工後便告完成。圖 4-6 為控制盒內部，圖 4-7 為加上蓋子後的外觀。



圖 4-6 控制盒內部



圖 4-7 加上蓋子後的外觀

第四階段：

校內科展結束後，我們很榮幸獲得推薦參加校外科展，因此將評審教授們的意見整理後，進行功能改良的工作。

第五階段：

經過一番努力，我們很幸運獲得推薦參加全國科展，故再接再勵計對缺失再作改進。

二、研究方法：

(一)感測器特性研究與測試

1.光感測器：

(1)實驗目的：測量光感測器

(2)實驗說明：

◆ 光對植物的影響：

光合作用是植物利用陽光的能量，將二氧化碳轉化為澱粉，以提供植物本身或動物的食物來源。而葉綠體則是植物進行光合作用的地方，也是陽光傳遞生命的媒介。如果植物長期處於暗室，就無法進行光合作用而凋謝。

光對於植物的影響可分為三方面：**光強度**、**光周期**、**光波長**。

◇ **光強度**：**光強度**又名**照度**，是指單位面積下所接受到可見光的能量，單位是勒克斯(Lux)，一天中以中午照度最大，早晚最小。葉片在照度光為3000~5000Lux時便開始行光合作用，但一般植物要順利生長，則需要18000~20000Lux。如陽光不足，可用人造光源代替。一般，光合作用的強度隨著照度的加強而增大，但不能超過一定的限值，否則光合作用會停止或減弱。(好亞網：給你的花兒多些呵護)

根據不同植物對於光強度的需求，可區分如下：

	好陽植物	好陰植物	半陰性植物
特點	喜強光，不耐陰	只需弱光或散射光	不喜強光，稍耐陰
常見植物	桃花、梅花、茉莉、菊花、仙人掌等	秋海棠、杜鵑、蘭花、萬年青等	桂花、蘇鐵、鳳仙等
適合環境	室外	可放室內	可放室內，但應酌量給予光照

- ◇ **光週期**：也就是植物的「生物時鐘」，某些植物需要適當的光照和黑暗交替，才能促進開花，稱為「光週期性」。每日的光照時間高於「臨界日長」才開花的，稱為長日照植物(LDP)；每日光照時間低於「臨界日長」才開花的，稱為短日照植物(SDP)。(葉美玲：光對開花的影響)，以下為幾種常見植物的光週期：

	長日照植物	短日照植物	中性植物
特點	每日的光照時間高於「臨界日長」才開花	每日光照時間低於「臨界日長」才開花	每日光照時間與開花無關
常見植物及其臨界日長	長壽花(>13h) 白芥菜(>14h) 鳳仙花(>13h)	三色堇(<12h) 菊花(<12h) 牽牛花(<14h)	胡蘿蔔、繡球花、天竺葵、蕃茄

- ◇ **光波長**：也就是光的顏色。植物都有喜好的顏色，各種植物不但有自身美麗的外衣，而且有著良好的視覺。它能辨別各種波段的可見光，儘可能的吸收自己喜愛的光線。近年來農業科學家發現用紅光照射農作物可增加糖的含量，用藍光照射則蛋白質含量增加，紫色光可以促進茄子的生長。不同波長的光對於植物的影響如下：(中興大學陳加忠教授：光線光譜與植物光合作用的關係)

光的波長	對於植物的影響
280~315nm	對植物生理影響極少
315~400nm	葉綠素吸收少，影響光周期效應，阻止莖伸長
400~520nm(藍光)	葉綠素與類胡蘿蔔素吸收比例最大，對光合作用影響最大
520~610nm	色素的吸收率不高
610~720nm(紅光)	葉綠素吸收率低，對光合作用與光周期效應有顯著影響
720~1000nm	吸收率低，刺激細胞延長，影響開花與種子發芽
>1000nm	轉換成爲熱量

針對光對植物的影響，我們的對策如下：

光對植物的影響	對策
光強度不足時	1. 利用光感測器來偵測照度是否足夠，來決定是否打開輔助照明。 2. 使用照度 3000Lux 以上的光源作為輔助照明。
光照時間不足時	當光感測器偵測到光照時，將時間累加起來，再與植物的臨界日長(預設值為 12 小時)作比較，來決定是否打開輔助照明。
光波長不是植物喜好的波長時	採用日光燈或鹵素燈等全光譜照明作為輔助光源，但鹵素燈會發出高溫，較不適合辦公室或居家。

光感測器的種類很多，有光二極體、光電晶體、光敏電阻等。我們的構想是：當照度低於下限一段時間(例如一分鐘)後，才開始移動盆栽，所以光感測器的反應不必太靈敏，因此我們選用光敏電阻。如圖 4-8.為光敏電阻的特性：亮度愈亮，電阻值愈小。

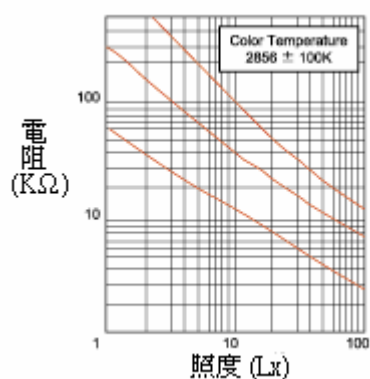


圖 4-8 光敏電阻的特性

(3)實驗步驟：如圖 4-9，以調光燈獲得所需的照度，再以三用電表測量電阻值。



圖 4-9 測量光敏電阻的特性

(4)實驗結果：

照度值(Lux)	100	200	300	500	1000	1500	2000	2500	3000
電阻值(Ω)	55K	50K	48K	35K	23K	15K	10K	8K	5K

2.空氣感測器：

(1)實驗目的：測量空氣感測器

(2)實驗說明：

◆ 植物可淨化空氣

現代人每天約有80%至90%的時間待在室內，人長期處在空氣不良的環境中，容易出現頭痛、喉嚨乾澀、咳嗽、噁心，眼睛、鼻子過敏，或頭昏眼花、嗜睡、易疲勞、易感冒、皮膚乾燥發癢等症狀。

室內空氣的主要污染源包括落塵、二氧化碳與有機揮發物質等：

空氣污染源	對於人類的影響
落塵	顆粒直徑小於 10 μ m 的落塵，在空氣中飄浮，無法被人體纖毛運動除去，會沉積在呼吸系統不同部位而危害健康。
二氧化碳	大氣中二氧化碳濃度約在 350-400 ppm 之間，然而通風不良或密閉的環境下，二氧化碳濃度隨著室內人數及所待時間增長而逐漸累加，室內二氧化碳濃度常可高達 600-1000 ppm 以上。二氧化碳濃度過高時，易使人產生頭痛、嗜睡、反射減退、倦怠等症狀，降低工作效率。
有機揮發物質	家庭與辦公室等環境中，散佈來自建築材料、傢俱、清潔劑、噴霧罐、修正液、生物排泄物及人類呼吸間產生之有機揮發物質(VOCs)。短期接觸會刺激眼睛及呼吸道系統；長期則影響腎臟及肝臟健康，甚至引發癌症或生育障礙。

根據科學研究報告顯示，植物有助放鬆心情、減少壓力及疲勞感、並實際改善生活環境中的落塵、二氧化碳及有機揮發物質等功效。植物葉片能有效附著大量塵埃，並透過葉面上的氣孔，從大氣中吸收二氧化碳。植物的根由土壤中吸收水分，葉子裡的葉綠體及其他綠色組織會吸收來自光源的輻射能，將水分子分裂成氧氣與氫氣。植物使用二氧化碳與氫氣，透過複雜的化學反應形成糖，光合作用的副產品氧氣，則會被釋放至大氣中。因此減少室內二氧化碳累積量。試驗顯示，多數的室內植物在二氧化碳濃度100至400ppm時生長最佳，而濃度在600至1000ppm時，則以黛粉葉、大岩桐、觀音蓮、山蘇花、鹿角蕨與冷水花等降低二氧化碳濃度的能力較佳。(行政院環保署)

◆ 空氣污染對植物的影響：

植物雖然有淨化空氣的效果，但太差的空氣品質也會對植物本身造成傷害。

除了灰(粉)塵覆蓋葉片會影響光合作用外，還有化學物質的危害硫酸對植物細胞有毒，可造成組織死亡成白色，其還能固定鐵而使光合作用受到抑制。當空氣中二氧化硫濃度高時，會致使葉綠素消失，葉片漂白，甚至全株死。濃度低時 也會使植物生理作用受抑制，影響光合作用及代謝等作用，造成發育受阻，養分消耗，不結果，提早落葉等徵狀，最後死亡。(Yahoo 知識)

不同氣體對於植物的影響如下：

氣體	對於植物的影響
臭氧	能抑制植物的光合作用中的氧化作用。
氯氣	能導致葉片退色，產生褐色病斑，影響光合作用
一氧化氮	可導致植物老葉黃化，幼葉壞疽等病徵

針對空氣對植物的影響，我們的對策如下：

利用空氣感測器來偵測空氣品質，當空氣污濁到達一定濃度時，盆栽便發出命令打開窗戶或空調系統。

不同種類的空氣感測器，可偵測不同的氣體。我們選擇常用於空氣品質控制的氣體感測器 TGS800。其外觀如圖 4-10 所示。

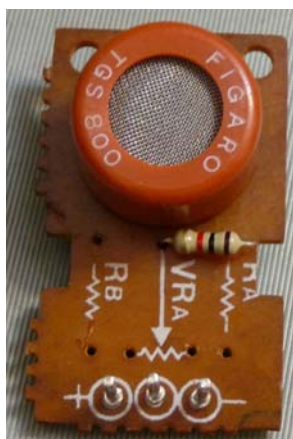


圖 4-10 TGS800 的外觀

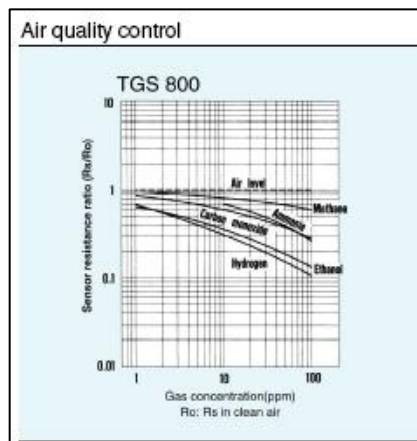


圖 4-11 TGS800 的特性

圖 4-11 為 TGS800 感測器的特性曲線，其主要特性如下：

可偵測氣體種類	一氧化碳、甲烷、乙醇、氨氣、氫氣等
可偵測氣體濃度範圍	1PPM~30PPM
阻抗變化範圍	10KΩ ~ 130KΩ
電源電壓	DC/AC 5V
加熱器電壓	5V (DC/AC)
感測器電壓	≤24V (DC/AC)
加熱器消耗功率及電流	660mW, 132mA

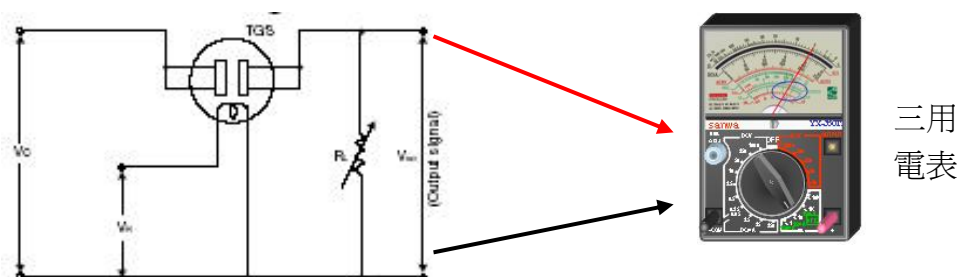


圖 4-12 TGS800 的基本電路

圖 4-12 為 TGS800 的基本電路，感測器的電阻 R_s 與負載電阻 R_L 構成分壓。當受測氣體濃度愈高， R_s 愈小， R_L 的分壓值愈大。

(3)實驗步驟：

- 加上感測器主電源 $V_s = 5V$ 。($R_L = 1K\Omega$)
- 加上加熱線圈電源 $V_H = 5V$ 。
- 靜待 90~130 秒，讓感測器達到穩定狀態。
- 用三用電表測量輸出電壓 V_{out} ，作為乾淨空氣下的感測值。
- 將打火機靠近感測器，距離 10cm，打開打火機的瓦斯來模擬污濁空氣，再測一次輸出電壓 V_{out} ，作為污濁空氣下的感測值。

(4)實驗結果：

空氣品質	乾淨空氣	污濁空氣
輸出電壓(V_{out})	0.2	3.3V

3.水份感測器：

(1)實驗目的：測量水份感測器。

(2)實驗說明：

植物可以調節濕度。植物透過根部所吸收的水分，僅有 1% 用來維持生命所需，其餘 99% 皆會釋放到空氣中。空氣濕度不足時，植物的葉子易焦枯捲曲，較無光澤及生氣，開花情形也不佳。然而濕度過高卻產生病蟲害，因此控制濕度對於栽培植物而言是重要的。

土壤是一個多孔體，在孔隙裏主要貯存著水分和空氣。土壤中空氣和水分的數量是相對的。雨天時，土壤孔隙大部份為水分所佔據，空氣成份稀少。晴天時，土壤中的水分大量消耗，空氣成份便增加。土壤中的水分移動影響泥土中的養分分佈和土壤的肥力，對植物的生長有很重要的影響。

水是植物細胞中最多的成份，不同植物內的水份比例如下：

植物名稱	水份比例
萵苣、蘿蔔	85%~95%
軟木	35%~75%
種子	5%~15%，為植物中含水最少的部分，但發芽前需要水

影響植物的濕度有二類：**土壤濕度**與**空氣濕度**。(好亞網：[給你的花兒多些呵護](#))

◇ **土壤濕度**：土壤濕度的大小，通常用土壤含水量的百分數表示。花卉生長所需要的水分，主要是從土壤中吸取，因此土壤濕度一般以 60~70% 為宜。當大於 80% 時，因土壤中所含空氣減少，根系的呼吸受阻，而停止生長，容易腐爛。

◇ **空氣濕度**：空氣濕度的大小，常用空氣相對濕度百分數來表示。一般花卉所需要的空氣濕度大致在 65%~70% 左右，常見如下：

植物種類	植物名稱	要求空氣相對濕度
喜濕植物	蘭花、秋海棠、龜背竹等	$\geq 80\%$
中濕植物	白蘭花、茉莉、含笑、扶桑等	$\geq 60\%$
耐旱植物	仙人掌類	

針對水對植物的影響，我們的對策如下：

利用水份感測器來偵測土壤中的濕度，當土壤濕度下降到一定程度(例如：70%)時，便移動盆栽到水源處準備澆水，或打開水噴霧器來提高空氣相對濕度。

市面上的濕度感測器種類很多，電阻式、電容式，IC 包裝等。但因濕度感測器須埋進土壤內，損耗率可能較高，本實驗並不需要太準確的濕度數據，所以自製一個簡易的水份感測器。如圖 4-13.為自製的水份感測器，二個電極之間的電阻會隨濕度增加而降低。



圖 4-13 自製的水份感測器

(3)實驗步驟：

如圖 4-14，利用水造霧器和風扇來調節濕度，而用濕度計來測量濕度，以三用電表來測量水份感測器的電阻變化。

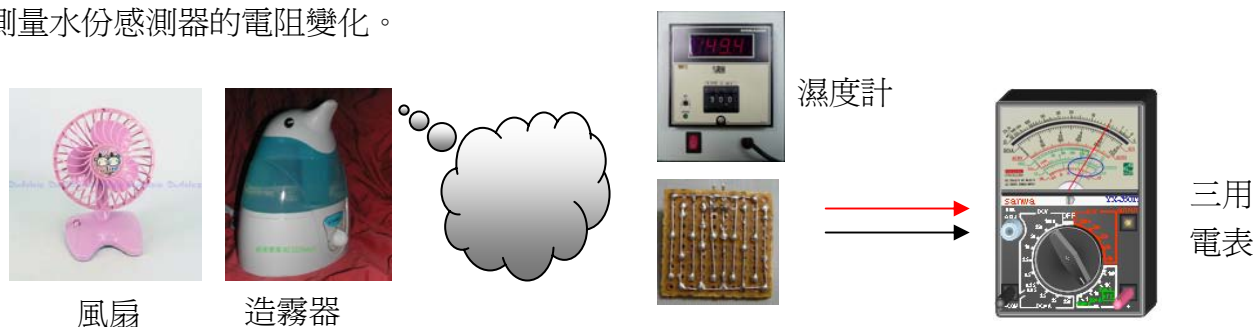


圖 4-14 測量水份感測器

(4)實驗結果：

濕度值(RH%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
電阻值(Ω)	∞	∞	∞	10M	5.5M	2.5M	1.1M	780K	440K	205K	110K

4.溫度感測器：

(1)實驗目的：測量溫度感測器。

(2)實驗說明：

溫度對植物的影響：溫度是植物物理環境中最重要之關鍵因子之一，它對植物生長與發育、地理分布、甚至存活，皆有極深遠的影響。因為生物的每項生理過程如酵素反應、新陳代謝功能，都有其溫度限制，超過範圍將無法運作。植物從種子發芽開始就受到溫度的影響，到以後的生長、開花、結果，都會受到溫度的控制。植物能夠開始生長的溫度稱為**最低溫度**，生長發育最旺盛的溫度稱為**最適溫度**，溫度升高到停止生長的溫度稱為**最高溫度**。表 4-2 為常見的幾種植物(蔬果)的生長與溫度(攝氏)的關係：邱阿昌：蔬菜生長與溫度的關係

植物種類	最適溫度(°C)	最低溫度(°C)	最高溫度(°C)
蕃茄	15~25	0~5	35~40
茄子	25~30	5~10	40~45
南瓜	20~25	5~10	40~45
葱	10~15	-7~0	30~35

表 4-2.不同蔬果的生長與溫度的關係

一般在栽培植物時，會選用適當的地區或季節來栽種不同的植物，也可以利用人工的方式，例如溫室、遮陽或通風來調節溫度。

針對**溫度對植物的影響**，我們的對策為：利用溫度感測器來偵測室溫，當室內溫度超過植物的**最高溫度**(例如 40°C)而且持續一段時間(例如 60 秒)時，就由盆栽發出命令，打開窗戶或風扇來調節溫度。一般來說，室溫應該不至於太低，故不考慮最低溫度。

AD-590 是常見的溫度感測 IC，圖 4-15 為其外觀及特性：從絕對溫度零度(0°K)開始，每上升 1 度，本身的電流上升 1uA，具有相當高的準確性。

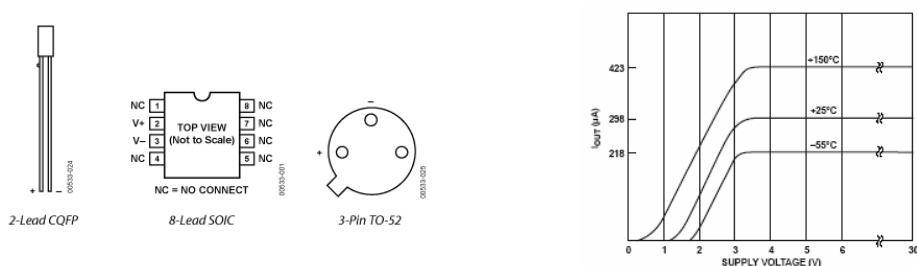


圖 4-15 AD590 溫度感測器外觀及特性

(3)實驗步驟：

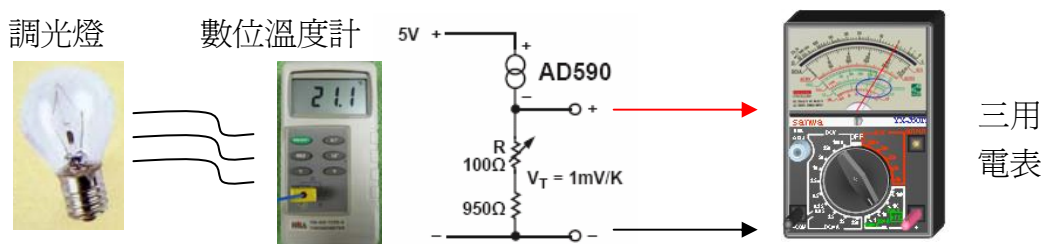


圖 4-16 測量 AD590 溫度感測器

a.如圖 4-16，利用 AD-590 通過串聯電阻所得到的電壓降，就可得知目前的溫度。

b. 利用調光燈來控制溫度，利用數位溫度計和三用電表來讀取溫度和電壓值。

(4)實驗結果：

溫度(°C)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
輸出電壓(mV)	未做	未做	293	303	314	325	336	345	353	365	374

(二) 其它元件特性研究與測試

1.紅外線發射接收：

(1)實驗目的：測量紅外線發射 LED 與接收模組

(2)實驗說明：自走盆栽利用紅外線來控制光、空氣、水、風扇。表 4-3 為紅外線 LED 及紅外線接收模組的規格。

紅外線 LED：EL-1L7		紅外線接收模組：T3800M	
最大順向電流 I_F	100mA	工作電壓	4.5V~5.5V
容許功率損失 P_D	150mW	工作電流	0.8mA
工作溫度	-40°C~+150°C	接收距離	6 公尺
發光功率	30mW($I_F=100mA$)	半功率角	90°
順向電壓	1.7V max	中心頻率	37.9KHz
紅外光波長	940nm	紅外光波長	940nm
半功率角	±30°	輸出電壓	GND+0.3(V)~ $V_{DD}-0.3(V)$

表 4-3 紅外線發射 LED 與紅外線接收模組的規格

圖 4-17 為紅外線 LED 與接收模組的外觀。

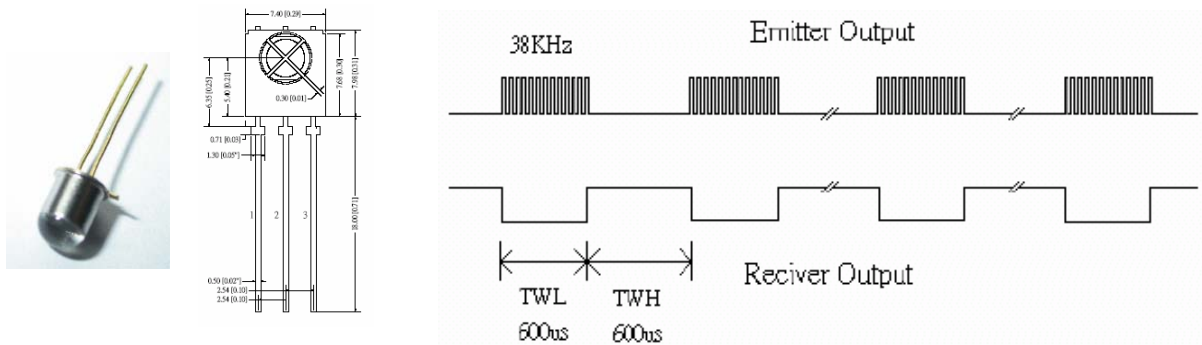
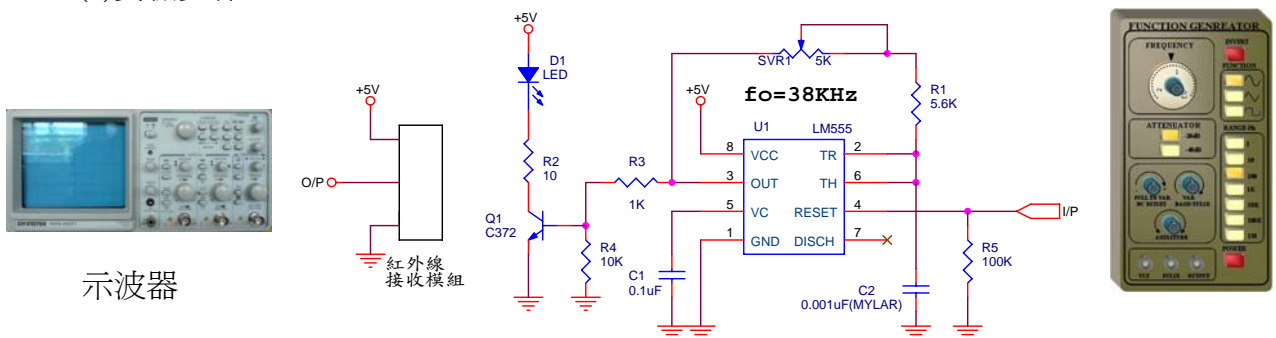


圖 4-17 紅外線 LED 與接收模組外觀及特性

◇ 紅外線 LED：用來發射紅外線訊號，必須以 38KHz 方波來調變發射紅外線。

◇ 紅外線接收模組：內含放大器、濾波器及控制電路，只須加電源便可工作。當接收模組接收到 38KHz 紅外線時，會輸出對應時間的方波，若未收到紅外線，則輸出維持在高電位，如圖 4-17 所示。

(3)實驗步驟：



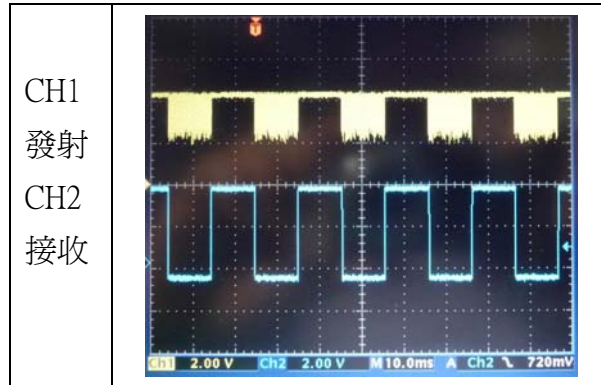
示波器

圖 4-18 測量紅外線 LED 與接收模組

如圖 4-18 接好 555 無穩態振盪電路，將紅外線 LED 與接收模組面對面相距 20cm。

- 將 I/P 端接到+5V，調整 VR1，使 555 振盪電路的振盪頻率 $= (38 \pm 0.5) \text{KHz}$ 。
- 將 I/P 端改接到信號產生器。調整信號產生器為 1KHz，5V_{p-p} 方波。
- 以示波器 CH1 測量振盪電路輸出(Q1 集極)，CH2 測量接收模組輸出端。

(4)實驗結果：



2.伺服機：

(1)實驗目的：測量伺服機

(2)實驗說明：伺服機是作為自走盆栽的前輪驅動之用，利用二個輪子之間的差速來達成轉向的目的。如表 4-4：

左前輪	右前輪	移動方向
逆時針	不動	右前方
不動	順時針	左前方
順時針	不動	右後方
不動	逆時針	左後方

表 4-4 前輪驅動與移動方向關係

我們選用的伺服機編號為廣盈電子製造的S03T，其外觀及特性如圖4-19所示。

伺服機包括了直流馬達，減速齒輪組，控制電路。如圖4-20所示。其中直流馬達提供運轉所需的動力，馬達輸出後帶動減速齒輪組，可得到高扭力輸出，廣泛使用在遙控模型上。

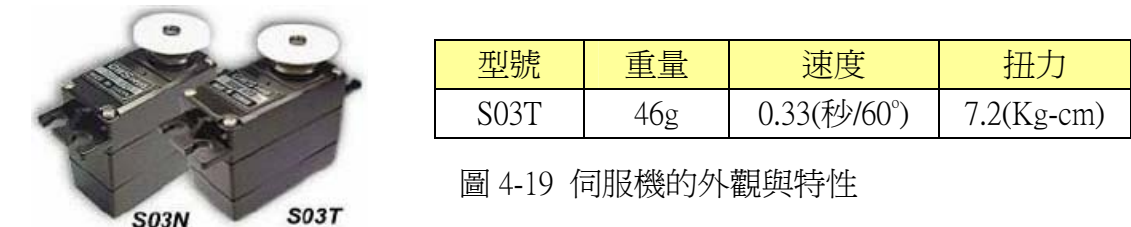


圖 4-19 伺服機的外觀與特性

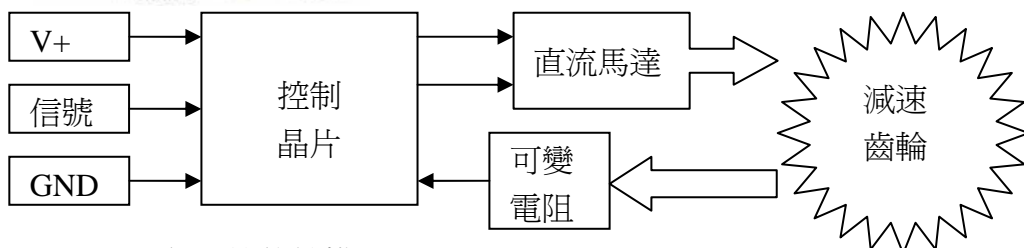


圖 4-20 伺服機的結構

根據技術資料，伺服機的控制方式，是以脈寬調變(PWM)的方式來改變轉動方向，若固定的脈波週期為 20ms，則正脈寬與轉動方向的關係如下：

正脈寬	伺服機輸出位置
0.5ms	← (反轉)
1.5ms	↑ (中央)
2.0ms	→ (正轉)

表 4-5 伺服機正脈寬與轉動方向的關係

(3)實驗步驟：

- 如圖 4-21 接好電路。
- 調整信號產生器的週期為 20ms。
- 調整信號產生器的工作週期，觀察脈波寬度與轉動方向的變化。

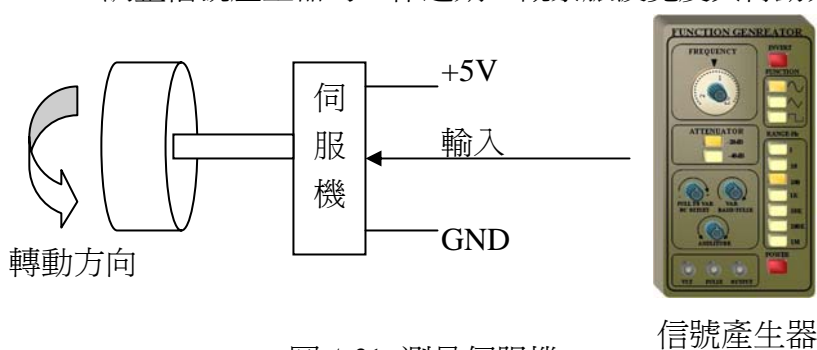


圖 4-21 測量伺服機

(4)實驗結果：

脈波寬度	0.5ms	1.5ms	2.0ms
轉動方向	逆時針	中央	順時針

(三)電路製作與測試

1.主控電路：

(1)實驗目的：測量主控電路

(2)實驗說明：

主控電路包含電源與單晶片電路。電路如圖 4-22。

a. 電源電路：

採用四顆 1.2V 鎳氫電池作為主要電源，可提供 2700mAH 的容量。太陽能板提供電池的充電來源，在 100mW/cm 的照度條件下，太陽能板可得到 9V，50mA 輸出，使得二極體 D5，D6 導通，形成充電迴路。

b. 單晶片電路：

本作品所使用的單晶片，是具有 ISP(線上燒錄)功能的 AT89S51 (ATMEL 公司生產)，電腦可透過 P1.5~P1.7 對單晶片進行燒錄、讀取等動作。單晶片 I/O 接腳分配詳見表 4-6。

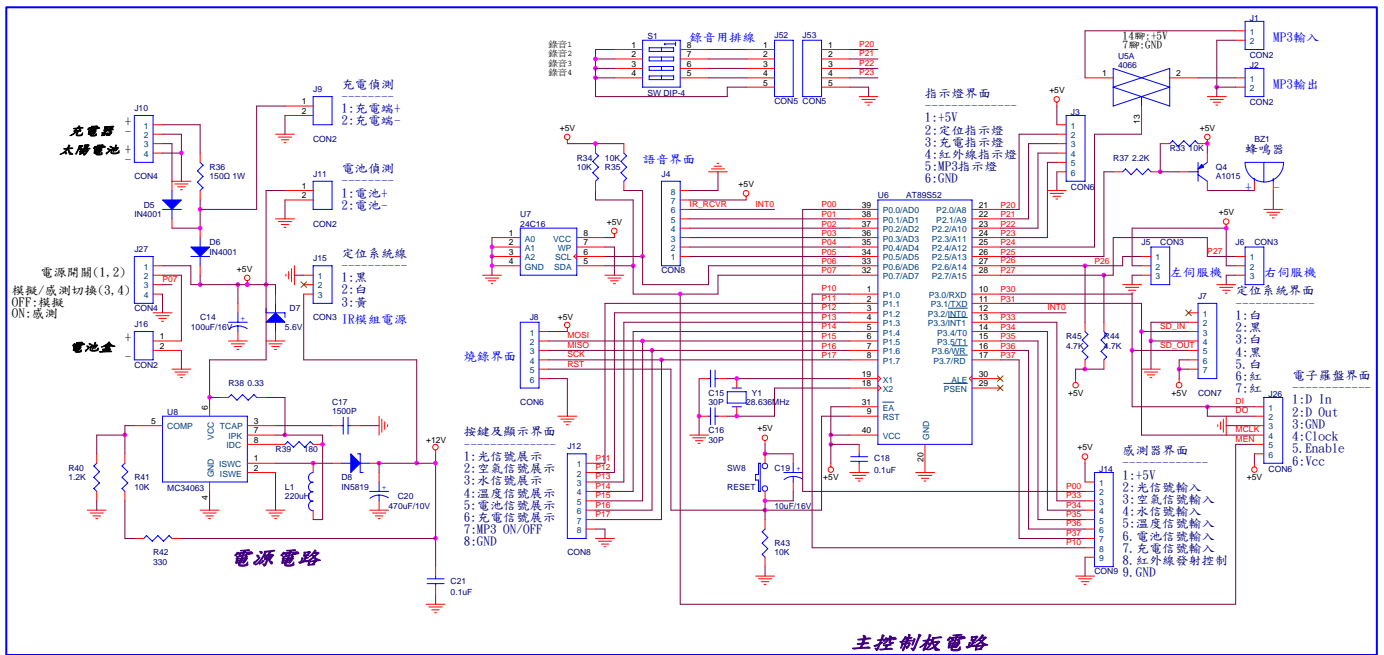


圖 4-22 主控與電源電路

(3)實驗步驟：

- 電源電路：接上電池與太陽能板，測量電源與充電功能。
- 單晶片電路：須搭配程式，故略。

I/O 接腳	功 能	說明	I/O 接腳	功 能	說明	
P0.0	光感測輸入	以排線 連接到 語音電 路	P2.0	定位指示燈	亮：定位中	
P0.1	語音界面(INT#)		P2.1	充電指示燈	亮：充電中	
P0.2	語音界面(SCLK)		P2.2	紅外線指示燈	亮：發射/接收	
P0.3	語音界面(MISO)		P2.3	MP3 指示燈	亮：MP3 ON	
P0.4	語音界面(MOSI)		P2.4	MP3 控制信號	1：MP3 ON	
P0.5	語音界面(SS#)		P2.5	蜂鳴器控制信號	0：蜂鳴器 ON	
P0.6	無		預留	P2.6	左伺服機控制信號	PWM 控制
P0.7	電子羅盤界面(MEN)	預留	P2.7	右伺服機控制信號	PWM 控制	
P1.0	紅外線發射控制	用按鍵 來模擬 感測器 的信號 ,以便展 示。	P3.0	定位界面(SD_OUT)	預留	
P1.1	光展示按鍵		P3.1	定位界面(SD_IN)		
P1.2	空氣展示按鍵		P3.2	紅外線信號輸入	預留	
P1.3	水展示按鍵		P3.3	空氣感測輸入		
P1.4	溫度展示按鍵		P3.4	水感測輸入		
P1.5	電池展示按鍵		P3.5	溫度感測輸入		
P1.6	充電展示按鍵		P3.6	電池感測輸入		
P1.7	MP3 按鍵		P3.7	充電感測輸入		
						以排線連接到 感測器

表 4-6 單晶片的 I/O 規劃

(4)實驗結果：電源與充電功能正常。

2.感測電路：

(1)實驗目的：測量感測電路

(2)實驗說明：感測器電路包含光、空氣、濕度、溫度、電池、充電等。圖 4-23。

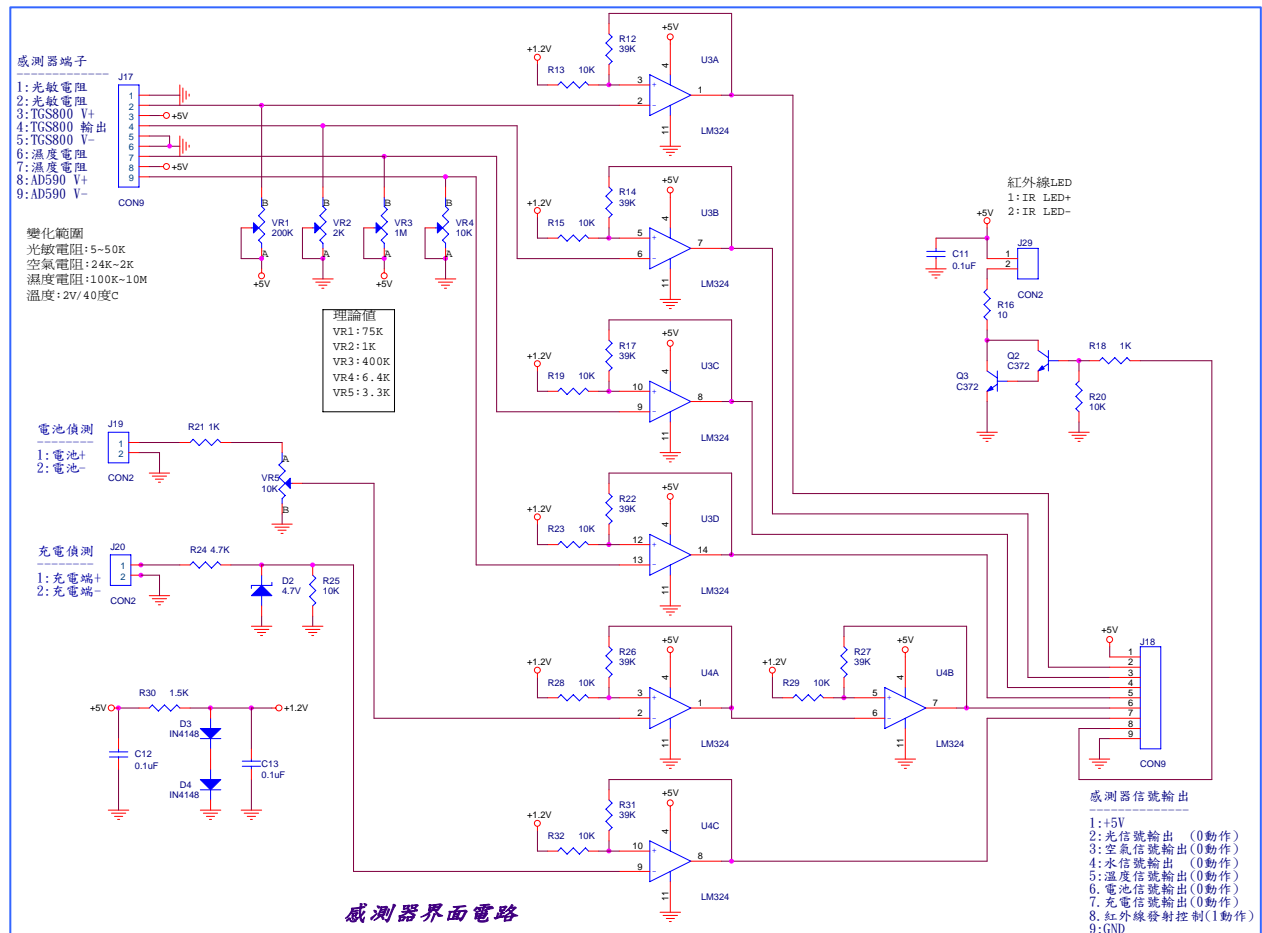


圖 4-23 感測電路

- 光感測**：平時樞密特反相器輸出為邏輯 1，當照度低於 10Lux 時，光敏電阻值下降，與電阻分壓後，高於樞密特反相器的臨界電壓，使樞密特反相器輸出邏輯 0，作為光感測輸出。
- 空氣感測**：空氣乾淨時，樞密特反相器輸出為邏輯 1；當空氣污濁時，TGS800 輸出高於樞密特反相器的臨界電壓，使樞密特反相器輸出邏輯 0，作為空氣感測輸出。
- 水份感測**：土壤潮濕時，樞密特反相器輸出為邏輯 1；當土壤乾燥(相對濕度 $\leq 70\%$)時，水份感測器電阻值上升，與電阻分壓後，高於樞密特反相器的臨界電壓，使樞密特反相器輸出邏輯 0，作為水份感測輸出。
- 溫度感測**：溫度適中時，樞密特反相器輸出為邏輯 1；當溫度上升到某一值時(例如 40°C)，AD590 輸出電流所產生的壓降高於臨界電壓，使樞密特反相器輸出邏輯 0，作為溫度感測輸出。
- 電池偵測**：電力充足時，電池輸出邏輯 1；當電池電力下降至某一程度(DC4.5V)時

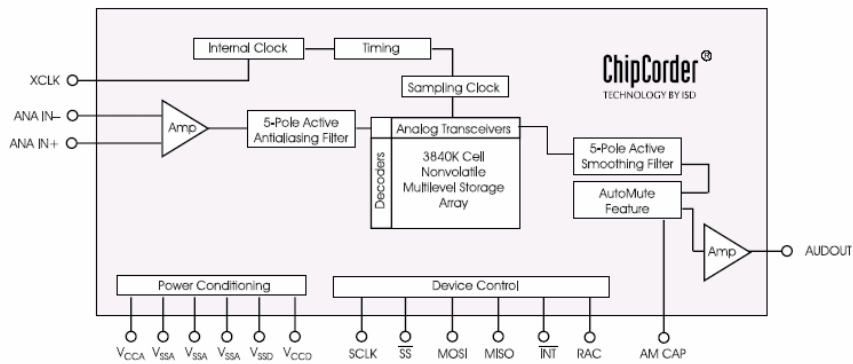


圖 4-25. ISD4004 內部方塊圖

單晶片控制 ISD4004 的方式，主要是透過六條控制線，其功能與規劃如表 4-7：

接腳	符號	輸入／輸出	功能說明	單晶片輸出／入埠
24	RAC	O	列位址信號輸出，週期為 200mS	P0.0
25	INT#	O	中斷信號輸出。當語音結束時輸出 0	P0.1
28	SCLK	I	時脈輸入	P0.2
3	MISO	O	串列資料輸出	P0.3
2	MOSI	I	串列資料輸入	P0.4
1	SS#	I	SS#=0 時，選擇晶片致能	P0.5

表 4-7.ISD4004 接腳說明及規劃

語音內容是以分段的方式，儲存在不同的位址，規劃如下：

發音時機	語音內容	起始位址	秒數
光線不足	這裡好暗呀！我需要明亮的陽光。	0000H	12.8
空氣污濁	這裡好悶呀！我需要新鮮的空氣。	0040H	12.8
濕度不足	好渴呀！我需要充足的水份。	0080H	12.8
溫度太高	哦！這裡好熱呀我想要涼快一下。	00C0H	12.8
電力不足	哎呀！我快要沒電了！我需要充電。	0100H	12.8
充電時	我正在充電中，請稍候片刻。	0140H	12.8
MP3 開啓	請享受美妙的音樂。謝謝。	0180H	12.8
光線充足	好了！我獲得足夠的陽光了。	01C0H	12.8
空氣清新	哈！有新鮮空氣真好。	0200H	12.8
濕度充足	好了！我獲得充足的水份了。	0240H	12.8
溫度適中	好了！我覺得涼快多了。	0280H	12.8
電力充足	OK！我現在的電力很充足	02C0H	12.8
充電完成	OK！我已經充電充好了。	0300H	12.8
MP3 關閉	音樂已經關掉了。	0340H	12.8
開機時	你好！我是你貼心的綠色小夥伴，我是創意盆栽。	0380H	12.8

表 4-8.語音內容規劃

b. 聲音放大電路：聲音放大是採用 National 生產的 LM386。LM386 的內部方塊圖如圖 4-26。LM386 本身為 8Pin 的功率放大 IC，主要規格如下：

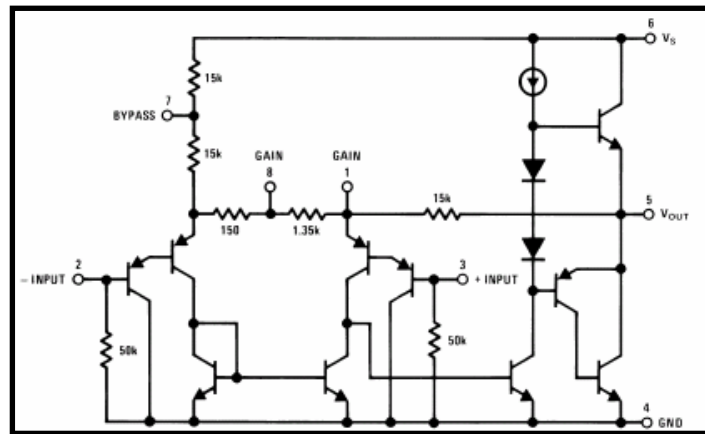
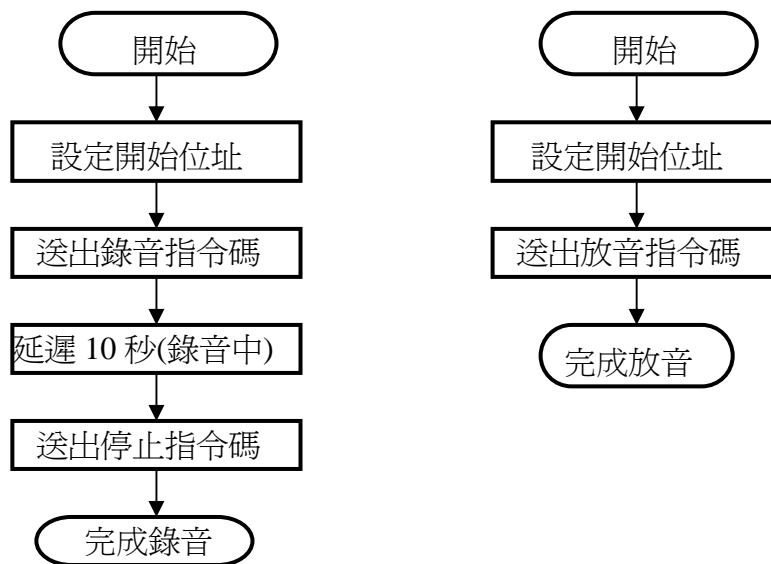


圖 4-26.LM386 內部方塊圖

- 電源電壓範圍：4~12V
- 電壓增益可由 20~200(由 Pin1 與 Pin8 之間的 10uF 電容控制)
- 輸出功率：700mW ($V_s=9V$ ，負載=8Ω條件下)
- 頻帶寬度：300KHz
- 總諧波失真：0.2%
- 輸入阻抗：50KΩ

(3)實驗步驟：



(4)實驗結果：可正確錄音及放音。

4.控制盒電路：

(1)實驗說明：控制盒置於自走車上方，作為感測及展示用途。包含感測器板、中央控制板、音訊板。如圖 4-27。

- a. 感測器板：將各感測器固定於控制盒，以便感測光、空氣、水、溫度。
- b. 中央控制板：含電源開關與展示開關，及 LED 指示燈。
- c. 音訊板：含喇叭及 MP3 輸入插座。

(2)實驗步驟：無

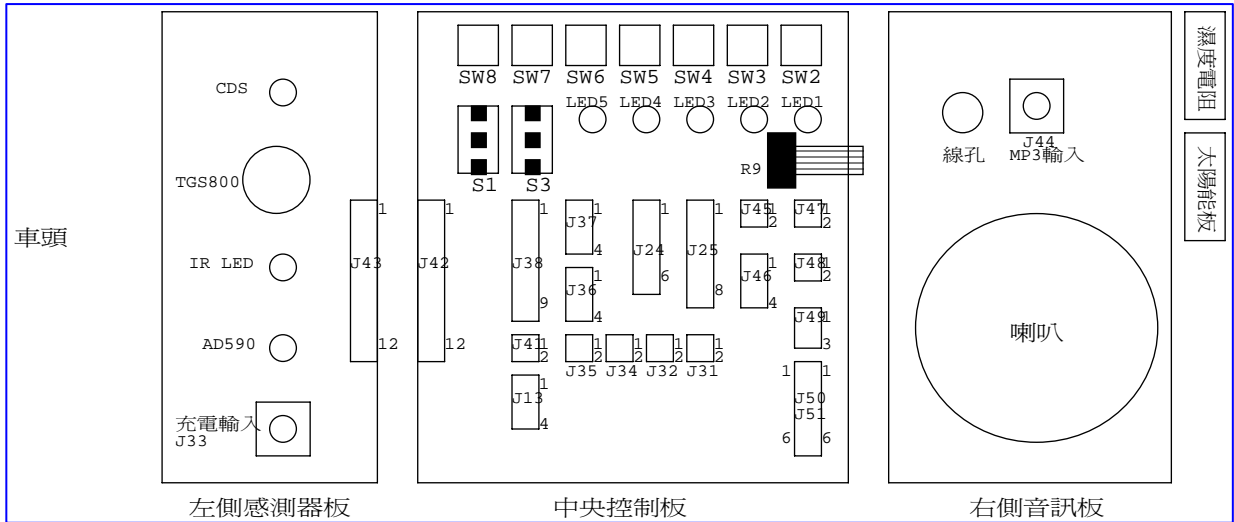


圖 4-27 控制盒位置圖

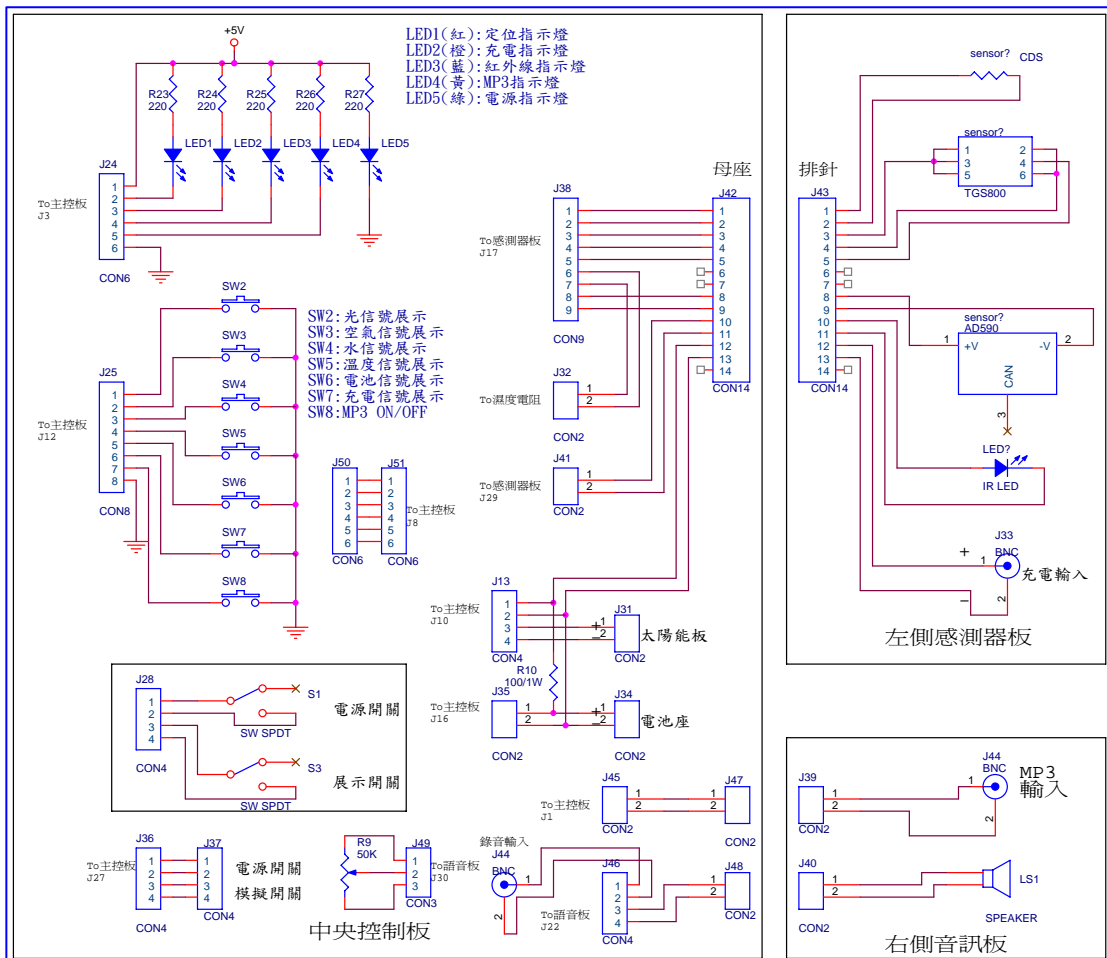


圖 4-28 控制盒電路圖

(四)系統整合：

(1)實驗目的：測量整合後的系統。

(2)實驗說明：將各單元電路以排線連接後，作實際的自走測試。

(3)實驗步驟：

- a. 以排線連接各單元電路，如圖 4-30。
- b. 將展示/感測器開關(S3)置於「展示」位置，按下展示開關(SW2~SW7)。
- c. 觀察喇叭是否發出預設的語音，伺服機是否按照預設的方向與圈數轉動。
- d. 在 MP3 輸入端輸入音樂信號，按下 MP3 展示開關(SW8)後，觀察喇叭是否有音樂播出。再度按下 SW8 後，音樂是否關閉。
- e. 如圖 4-31，按照機械架構將各單元電路組裝到自走車體上。
- f. 將創意盆栽置於地板，分別按下展示開關(SW2~SW7)，觀察創意盆栽的移動方向，是否移動到預設的位置。否則修正伺服機的轉動圈數。
- g. 將四組紅外線接收控制盒置於四個預設位置，當自走盆栽靠近控制盒時，是否能夠收到自走盆栽所發射的紅外線。
- h. 將光、空氣、水、溫度的控制目標(光源：檯燈、空調：抽風機模型、水源：水造霧器、溫控：風扇)連接到四組紅外線接收控制盒的 AC110 輸出端子(如圖 4-32)，觀察當收到自走盆栽發射的紅外線時，四組控制目標是否隨著作 ON/OFF 動作。
- i. 當自走盆栽發射完紅外線後，觀察是否移動回原位置。
- j. 當自走盆栽回到原位置後，觀察經過 10 秒後，是否自動打開 MP3 音樂。
- k. 將展示/感測器開關(S3)置於「感測器」位置，改用實際的感測物理量(光、空氣、水、溫度)來控制感測器，是否按照步驟 g~步驟 j 而動作。

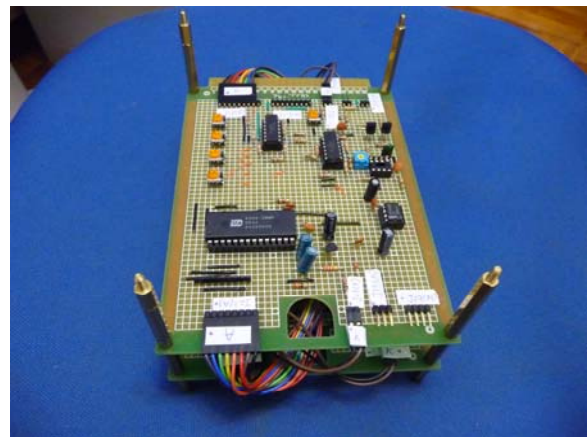
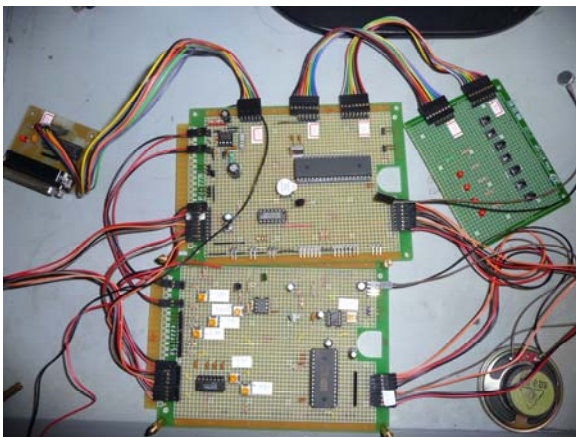


圖 4-30 連接各單元電路

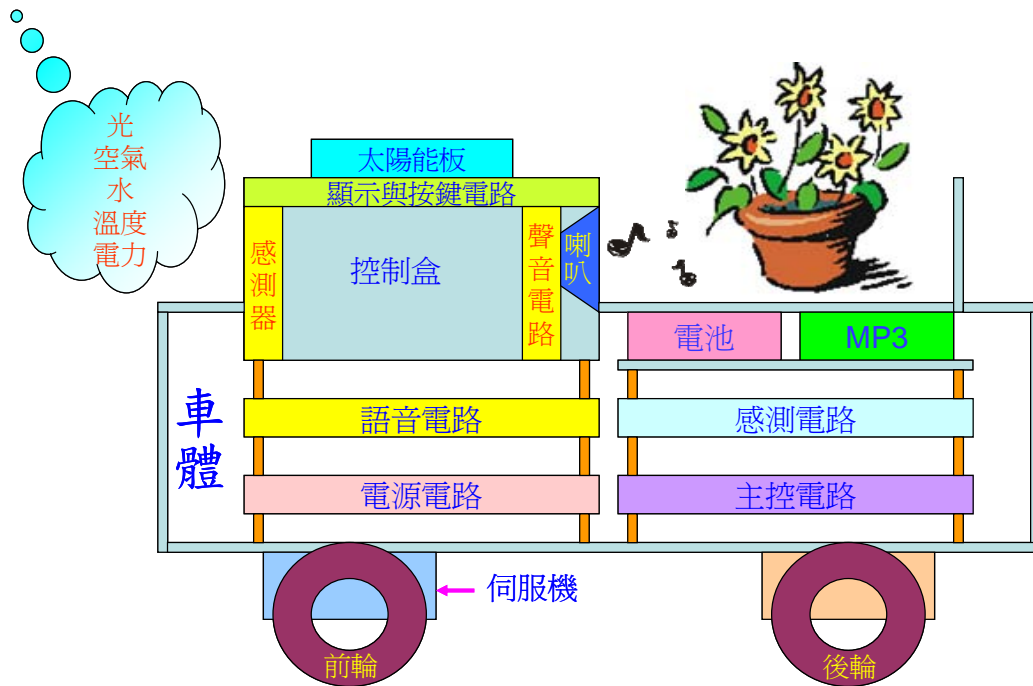


圖 4-31 機械架構圖

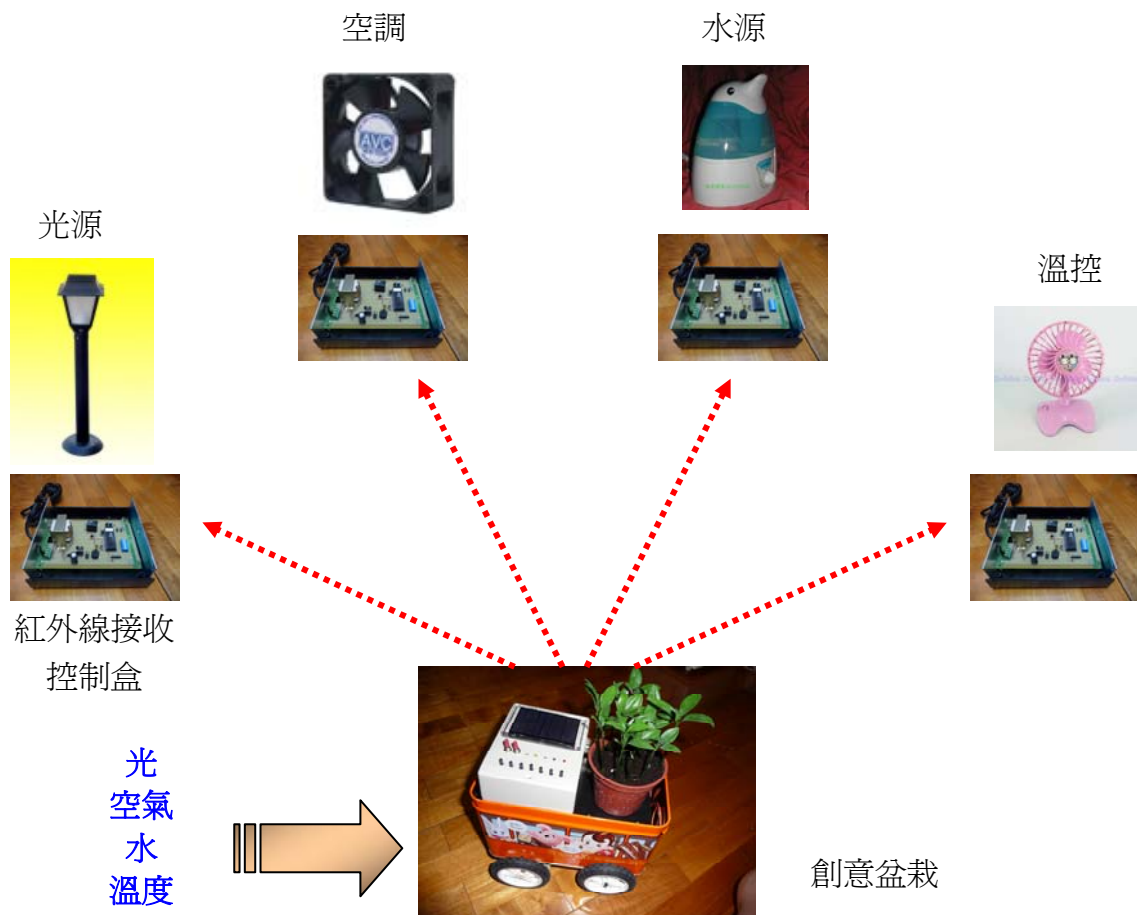


圖 4-32 系統測試

(4)實驗結果：請參考「伍、研究結果」。

伍、研究結果

爲了展示功能，我們利用開關來選擇**展示操作**或**感測器操作**。

- 一、**展示操作**：利用開關來模擬陽光、空氣、水、溫度、電池電力等環境變數，再進一步打開語音功能，告知目前的異常狀況，並且驅動伺服機將創意盆栽載送到定點位置來控制光源、空氣、水源、溫度。
- 二、**感測器操作**：利用光、空氣、濕度、溫度等感測器作實際感測，其餘功能同上。

經實際測試後，**研究結果**如下：

1. **語音功能**：不論使用展示或感測器方式，自走盆栽都能發出預設的語音內容。
2. **音樂功能**：生長環境正常時，待機十秒後可自動打開音樂。
3. **自走功能**：盆栽會朝控制目標移動，但有二點尚待改善：
 - (1).**誤差**：從目標移回原點時會有誤差(請參考：「陸、討論」。)
 - (2).**轉向**：最初是以一個前輪轉動，另一個前輪保持靜止的方式來控制轉向，但發現有時會拖不動盆栽；後來我們改用差速方式：也就是兩個前輪，以不同速度轉動，來達到轉向的目的。如此一來果然轉向順暢許多，但若要做到直接 90 度以上的大轉彎，就恐怕要改變傳動方式了。
4. **感測功能**：使用感測器時，都能正確感應到光(照度)、空氣(瓦斯)、水(濕度)的變化，並且驅使盆栽自走。但在溫度方面則反應較慢，後來研究其原因，我們認爲是由於溫度感測器(AD590)對溫度的改變特性比較線性，不像其它感測器(光、空氣、水)變化較明顯。
5. **紅外線發射控制電路**：本來是以 LM555 定時器 IC 來振盪出 38KHz 的紅外線載波，但經常發現遙控的距離很短(約 60cm)，經過研究，我們認爲振盪頻率靠可變電阻來調整，容易產生誤差，後來改成用單晶片直接輸出 38KHz 方波，遙控距離果然就遠多了。
6. **紅外線接收控制電路**：除了光接收控制電路的接收靈敏度較差之外，其它三者(空氣、水、溫度)可接收到來自盆栽發射的紅外線，也能正確控制 AC110 輸出。經過研究，發現光接收控制電路漏焊了一個 0.1uF 電源旁路電容，導致動作不穩。電容焊回後就恢復穩定了。
7. **電源電路**：本作品測量到的消耗電流如下：

工作狀態	靜止狀態	移動狀態
消耗電流	約 220mA	約 550mA
分析原因	空氣感測器 TGS800 內的加熱線圈是電流的主要消耗者(約消耗 130mA)	二個伺服機馬達轉動時會消耗大量電流(各消耗約 160mA)

以電池作爲電源而言，以上的消耗電流是不小的負擔，雖然有太陽能板充電，卻往往趕不上消耗電流的速度。所以可以考慮選擇容量更高的電池，或改變充電方式。

陸、討論

一、問題：創意盆栽朝目標移動時，為何會產生誤差？

討論：影響創意盆栽循跡的正確因素包括：距離、車速、車輪精密程度等，但產生誤差的最重要因素，應該是未加入修正循跡的功能。故本作品有預留定位系統界面，待適合的室內定位模組加入時，就可以改善誤差。

二、問題：創意盆栽是否適用於所有植物？

討論：各種植物對於陽光、空氣、水份、溫度的需求程度各有不同，故必須根據植物種類來更改控制參數，這難免會增加系統的複雜度。

三、問題：如果改變環境條件(例如：光源或水源的位置)，創意盆栽仍能正確找到目標嗎？

討論：在未加入定位系統前，創意盆栽只能按照預設的軌跡行進，因此一旦改變目標位置，就無法找到目標。將來如果加入定位系統後，可能也必須先輸入目標的座標以作為行進時的參考。要達到完全的自行找到目標，可能還要加入人工視覺辨識功能，當然複雜度就更高了。

柒、結論

本研究將電子技術應用於生物的控制，以植物對光、空氣、水、溫度的需求作為研究出發點，而以自走功能及紅外線控制來滿足植物作為研究終點。其它功能方面：如語音及音樂等則可為盆栽創造親和力與娛樂效果，拉近了人與植物的關係。

在自走定位方面則還有再改進的空間，將來希望透過室內定位模組，提供更準確的自走效果。

「生物電子」是生物與電子的結合，將本研究延伸到其他生物領域，例如動物、醫療等，不難發揮更多創意。如圖 7-1 所示。



圖 7-1 創意盆栽的下一步：創意輪椅

捌、參考資料及其他

壹、中文書籍：

吳金戌-沈慶陽-郭庭吉 (民 82)。8051 單晶片微電腦實習與應用。台北市：松崗。
楊明豐 (民 87)。8051 單晶片設計實務。台北市：碁峰。
張義和 (民 89)。電腦輔助電路圖設計 OrCAD Capture V9.0。台北市：台科大。
編輯部 (民 85)。TTL IC 資料手冊。台北市：全華。
編輯部 (民 85)。CMOS IC 資料手冊。台北市：全華。

貳、網路資源：

【技術資料】

機器人論壇。取自：<http://www.robofun.net/forum/archiver/>
伺服機。取自：<http://www.futaba-rc.com/servos/servos.html>

【媒體報導】

會騎獨輪車的機器人小妹妹亮相。取自：
http://www.eettaiwan.com/ART_8800545665_676964_NT_4d6fb6e7.HTM
Bio Club 生物科技俱樂部。取自：
http://www.bioclub.com.tw/tw/inform/d_knowledge.asp?serno=576

【公告事項】

行政院環保署。取自：<http://www.epa.gov.tw/>
休閒與生活(農委會)。取自：<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=5>

【單篇文章】

葉美玲。光對開花的影響。取自：http://www.tshs.tp.edu.tw/yeh/new_page_23.htm
陳右人。園藝植物的特性。取自：http://www.hort.ntu.edu.tw/life/95_1/20060927.pdf
陳加忠。光線光譜與植物光合作用的關係。取自：http://bse.nchu.edu.tw/new_page_122.htm
邱阿昌。蔬菜生長與溫度的關係。取自：<http://www.knownyou.com/>

【單篇文章，無作者】

室內植物淨化空氣。取自：<http://tw.myblog.yahoo.com/dog-heaven/>
給花呵護。取自：<http://www.haoyah.com/realestate/zhonghua5.asp>
分解二氧化碳植物。取自：<http://kent-garden.myweb.hinet.net>
養花的溫、濕度與光照。取自：<http://www.haoyah.com/realestate/zhonghua11.asp>
植物光照。取自：<http://kent-garden.myweb.hinet.net/illumination.htm>

【評語】 091009

- 1、 本研究研製一創意盆栽機構，使盆栽植物能避免因人為疏於照料而枯萎。在溫度、溼度、空氣品質及光照度超過設定值時能自我尋求補充與改善，甚具巧思。
- 2、 研究團隊能將所習得之知識與技能充分應用在本作品之研製上值得鼓勵，惟尚有甚多實務面問題尚待解決。
- 3、 本作品在經濟性、實用化及應用面上均尚有研究與努力空間。