

使用 KINECT 感測器調控燈光

施平輝
大葉大學
電機研究所博士班
建國科技大學電機系講師
sphuei@ctu.edu.tw

黃登淵
大葉大學
電機工程學系副教授
dyhuang269@gmail.com

鍾翼能
國立彰化師範大學
電機工程學系教授
ynchung@cc.ncue.edu.tw

摘要

KINECT 感測器及 KINECT for Windows SDK 的出現為個人電腦平台帶來了全新的應用程式操作方式，宣告了自然使用者介面時代的到來，操作電腦不再侷限於鍵盤和滑鼠。作者嘗試將其整合到 MCS-51 單晶片系統，結合傳統電機方面的知識，製作一個電燈的控制器（亦可控制家電，如電風扇等），透過使用者的手勢來調控燈光，達成使用者就是調光器(You are the dimmer.)的功能。

關鍵詞：KINECT，自然使用者介面，調光器。

Abstract

KINECT sensor and KINECT for windows SDK are new techniques for computer applications. It is one kind of natural user interface between human and machine. It is not just can use keyboard and mouse to control the computer. One light controller using MCS-51 single chip system is designed in this paper. The light can be controlled by human gesture. Therefore, you are the dimmer.

Keywords: KINECT, natural user interface, dimmer

1. 簡介

電燈的歷史悠久，早在 1854 年，亨利·戈培爾(Heinrich Göbel)使用一根炭化的竹絲，放在真空的玻璃瓶下通電發光。他的發明今天看來是首個有實際效用的白熾燈。他當時試驗的燈泡已可維持 400 小時，但是並沒有即時申請設計專利(維基百科, "電燈泡")。1850 年，英國人約瑟夫·威爾森·斯旺(Joseph Wilson Swan)

開始研究電燈。1878 年，他以真空下用碳絲通電的燈泡得到英國的專利，並開始在英國建立公司，在各家庭安裝電燈。1874 年，加拿大的兩名電氣技師申請了一項電燈專利。他們在玻璃泡之下充入氬氣，以通電的碳杆發光。但是他們無足夠財力繼續發展這項發明，於是在 1875 年把專利賣給愛迪生。愛迪生的最大發現是使用鎢代替碳作為燈絲。之後在 1906 年，通用電器發明一種製造電燈鎢絲的方法。最終廉價製造鎢絲的方法得到解決，鎢絲電燈泡被使用至今。

隨著時代的變遷，人們對於電燈泡除了基本的照明功能外，各式各樣的控制需求亦不斷演進。從一般的切換開關到觸摸、遙控、近接等方式來控制照明電路；從跑馬燈到各式各樣順序的循環控制。隨著科技的進步，在如何提高實用價值，降低成本，做到美觀炫麗，儘情發展各種創意。

調光器(Dimmer)可透過亮度的控制營造各種氛圍。無論是想簡單舒適的照明，柔和的燈光，時尚的晚餐等環境條件，使得調光器，非常有吸引力。調光器的設計從早期電影院機械式的 100 段調光設備[1]、西門子公司調光 IC S566(U.S. Patent Number 4, 250, 432) 的觸控無段調光到 cypress 公司 CY3269N-Lighting Starter Kit 的全彩無段調光[2]。

近幾年來，人性化人機介面技術大幅的成長，從之前的 WII 體感技術到 2010 年 6 月微軟發表的 KINECT for XBOX 360 遊戲裝置，都使用更自然和人性化的人機介面，讓使用者本身就是搖桿，透過使用者的肢體語言來操作遊戲，對於傳統的遙控手把來說更是一大突破。2011 年 6 月微軟發表了 KINECT SDK for Windows V1.0 開啟了 KINECT 應用開發的廣大興趣，目前版本已經更新到 1.6。作者使用 KINECT 感測器擷取操作者的手勢，結合 MCS-51 單晶片系統應用在控制家用電器設備

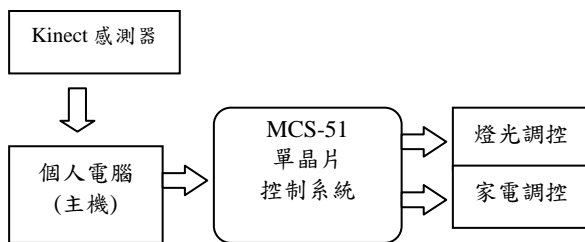
上(例如:電燈泡),讓使用者可以對著 KINECT 的鏡頭以手勢來啟動及調整電燈的明暗度,調和一個小空間裡的燈光情境,達成”你就是調光器”的功能。

2.系統架構及控制程式流程圖

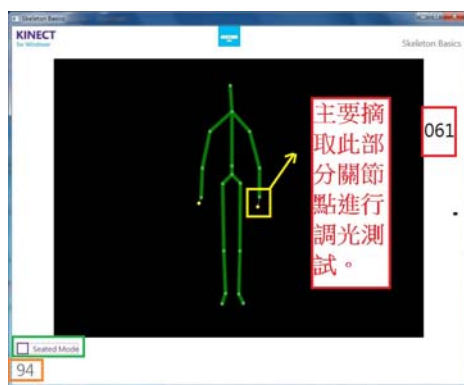
系統架構如下圖 1 所示,使用者可透過 KINECT 感測器將右手位置信號傳給主機,當右手高度時大於閾值(Threshold value)時,即啟動調控功能。主機將處理結果透過 RS232 介面傳輸到 MCS-51 系統,MCS-51 接收到控制信號並且作適當的處理。

當接收到不同信號時的處理方式如下:

- (a) 右手高度超過 120 時,會收到主機傳來 f 字元,蜂鳴器發出提示聲,LED 亮。
- (b) 右手高度超過 120 時,會收到主機傳來調光值:依照 0 至 199 亮度值來點亮燈泡。
- (c) 右手高度低於 120 時,會收到主機傳來 r 字元,MCS-51 控制 LED 暗。



(a)



(b)

圖 1 (a)系統架構圖(b)操控介面

2.1 KINECT 感測器

KINECT 感測器目前有兩種版本,即 KINECT for XBOX 以及 KINECT for Windows 如圖 2 所示。兩者主要差別在於近距

離模式(圖 3),後者是 KINECT for Windows SDK 完全支援的版本,使用在近距離骨架追蹤的坐姿模式時能取得較精確的結果。



(a)



(b)

圖 2 (a)KINECT for XBOX (b) KINECT for Windows

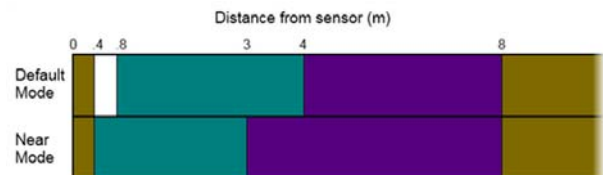


圖 3 KINECT SDK 的預設模式及近距離模式

KINECT 的內部硬體構造如圖 4 所示,彩色攝影機提供彩色影像,其解析度上限為 1280x1024。深度影像的運作是由紅外線投影機及紅外線攝影機的鏡頭來完成,紅外線投影機把特殊排列模式的點投射到前方物體,紅外線攝影機再拍攝這些投射的點,藉由演算法的解析即可算出該點的距離,其精確度可達到公厘(mm)。

麥克風陣列(Microphone Array)由四個麥克風構成,提供 API 中聲音來源方向以及自動增益、回音消除等功能。

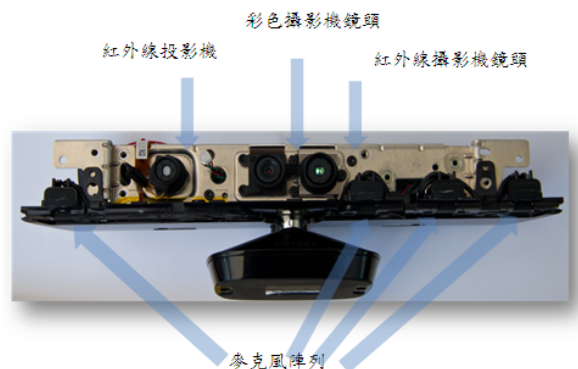


圖 4 KINECT SDK 的內部結構

2.2 MCS-51 基礎電路

MCS-51 基礎電路如圖 5 所示。石英振盪晶體提供工作所需時脈。

系統重置是任何微處理機系統執行的第一步，使整顆控制晶片回到預先設定的硬體狀態下。MCS-51 單晶片的系統重置是由 RESET 接腳來做控制，當此接腳送入高電位超過 24 個振盪週期後，MCS-51 即進入晶片內部重置的狀態下，而且一直在此狀態下等待，直到 RESET 接腳轉為低電位後，才檢查 EA 接腳是高電位或低電位，若為高電位則執行晶片內部的程式碼，若為低電位便會執行外部的程式。

MCS-51 在系統重置時，將其內部的一些重要暫存器設定為某些特定的值，對 MCS-51 而言，在晶片內部的 RESET 接腳接有一史密特觸發電路，以及一個電阻到地端，在外部接上一個 10uF 的電容加上電阻，便可達成 RESET 的重置電路。果要使程式碼重新執行時，可以按下外接的按鈕開關，將 RESET 接腳接至 +5V 電源，使系統重置而重新執行程式。

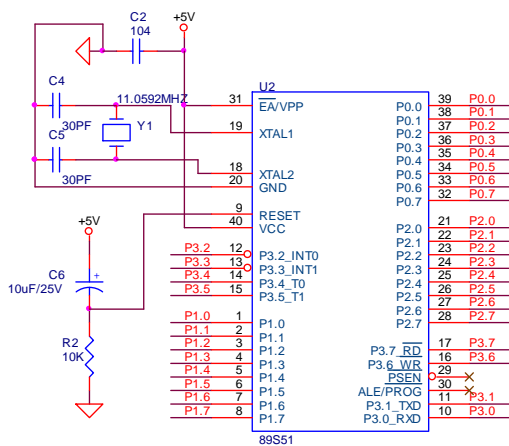


圖 5. MCS-51 控制電路

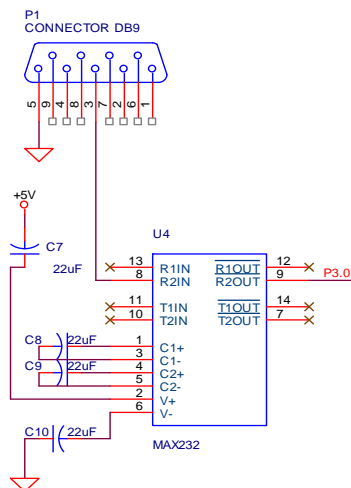


圖 6. RS232 介面電路

2.3 RS232 介面電路

與主機串列埠連接的 RS232 介面電路如圖 6 所示。其中使用 MAX 232 為一轉換元件，RS-232 規範中表示為避免雜信干擾及達到長距離通信之傳輸目標，除了採用負邏輯系統外，面對 I/O 兩邊使準位能正常操作，所以當有 TTL 準位相容之微電腦系統與 RS-232C 介面相連時，必須採用上述元件為一準位轉換之介面電路，轉換位準之負邏輯系統為 +3 伏特~+15 伏特為邏輯“0”，-3V~-15V 為“1”邏輯

2.4 相關硬體設計(燈光調整電路)

2.4.1 過零檢測電路

圖 7 為交流 110V 之過零檢測電路，信號為方波，透過 MCS-51 的 P1.1 腳位來偵測，當有信號時，可透過 MCS-51 程式來作延時過電的動作，以達到燈光亮度的不同。

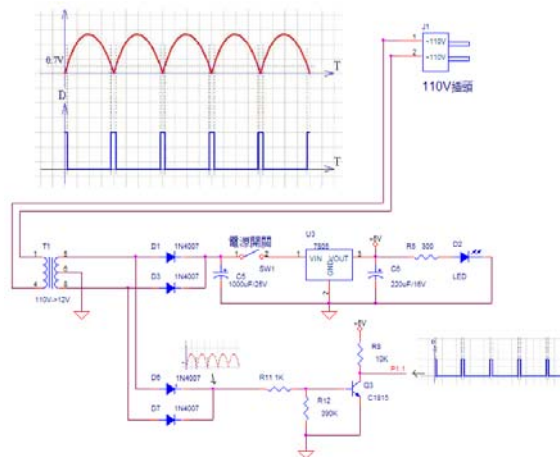


圖 7 MCS-51 電源供應及過零檢測電路

2.4.2 燈光調控原理

當 MCS-51 接收到過零信號時，可透過 MCS-51 程式依照來自 KINECT 感測器的右手 X 座標值作延時導通的動作。X 座標值越大，導通角度越小，燈光越強，X 座標值越小，導通角度越大，燈光越弱，以達到不同亮度的控制，如圖 8 所示。

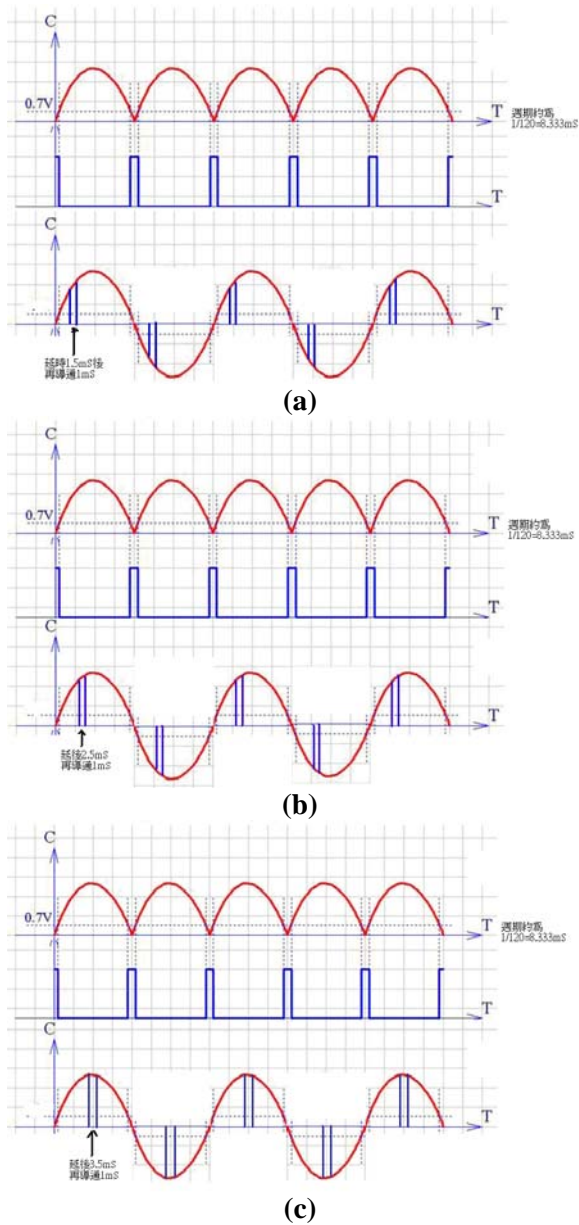


圖 8 不同激發角控制燈光亮度(a) 較強亮度(b) 中等亮度(c) 較弱亮度

2.4.3 電源調光總電路

完整的調光電路如圖 9 所示。在電源的每個半週，由過零檢測電路檢測出過零信，經由 P1.1 傳送到 MCS-51，經由換算過後的延時信號透過 P1.3 導通 Q1，再經光隔離 DIAC MOC3021 激發 TRIAC BTA12，將電源導通交流燈泡。

相位控制調光器輸入的正弦波電壓，經越零點後延遲一段時間，即觸發角 α 後導通 TRIAC 如圖 10 所示，到下一個半週的越零點被反相截止，然後經 α 角的時間再導通 TRIAC，如此週而復始的工作，其輸出電壓可

由(1)式導出

$$V_{out} = V_{in} \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (1)$$

其功率因數可由(2)式計算

$$PF = \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (2)$$

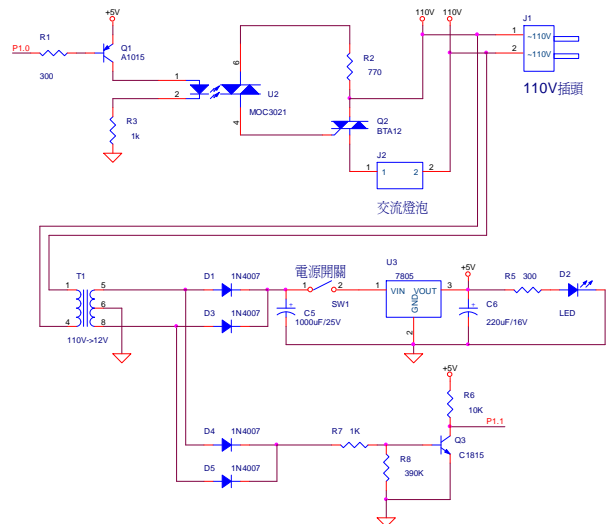


圖 9 完整的調光電路

本電路使用程式控制，不會有一般市售的 RC 相移延遲電路的觸發角 α 會因電源電壓的變動而有改變的情形，如圖 11 所示[4]。

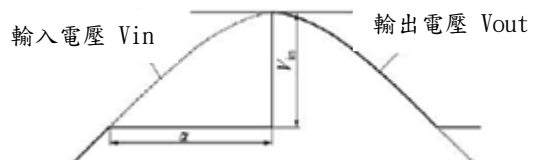


圖 10 相位控制調光器典型的波形圖

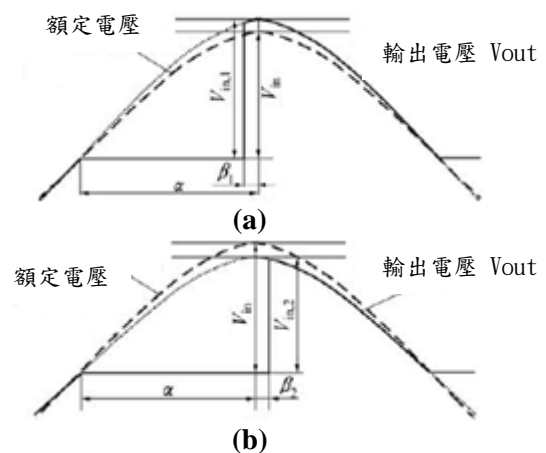


圖 11 相位控制調光器電壓波動時的波形圖(a) 電壓高於額定值 α 變小(b) 電壓低於額定值 α 變大

2.4.4 蜂鳴器、LED 電路

電路的動作指示由圖 12 來完成。當 KINECT 感測器的操作者右手座標大於 120 時，會經由 P2.1 送出信號導通 Q4，使蜂鳴器產生 Beep 的聲音。同時經由 P2.0 導通 LED(D6)，操作者右手座標大於 120 時，LED 會維持導通狀態。

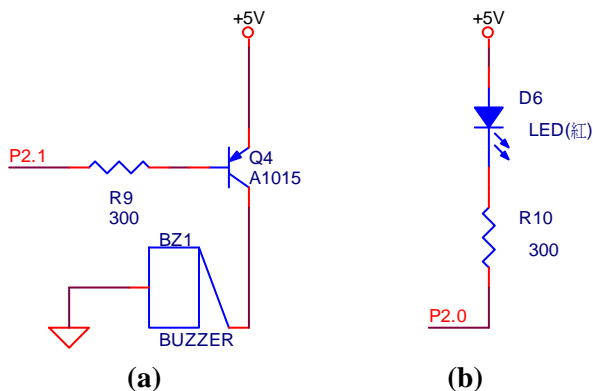


圖 12 電路的動作指示(a)蜂鳴器 (b) LED

3. 控制程式流程圖

3.1 檢測控制閾值 (KINECT 的輸出處理程式)

使用者透過 KINECT 程式介面將體感測得的右手位置信號透過 RS232 介面傳輸到 MCS-51 系統。

當 MCS-51 接收到不同信號時的處理方式如下：

- 右手高度剛超過 120 時，會收到主機傳來 'f' 字元(啟動手勢)，MCS-51 會使蜂鳴器發出提示聲，控制指示 LED 亮。
- 右手高度超過 120 並且改其 X 座標值時，會收到主機傳來 'l' 字元以及調光值：依照 0 至 199 亮度值來點亮燈泡。
- 右手高度低於 120 時，會收到主機傳來 'r' 字元(停止手勢)MCS-51 控制，控制指示 LED 暗。

其動作流程如圖 13 所示當操作者右手高度(右手.Y) 大於設定的閾值(120)，如圖 14 所示右手舉起時，左下角數據高於 120，此時蜂鳴器響一聲後同時紅色 LED 亮起，就可控制燈光亮度，右上數據(右手.X) 從 001 起越往右燈光亮度越亮，數據至 199 時燈光為最亮。

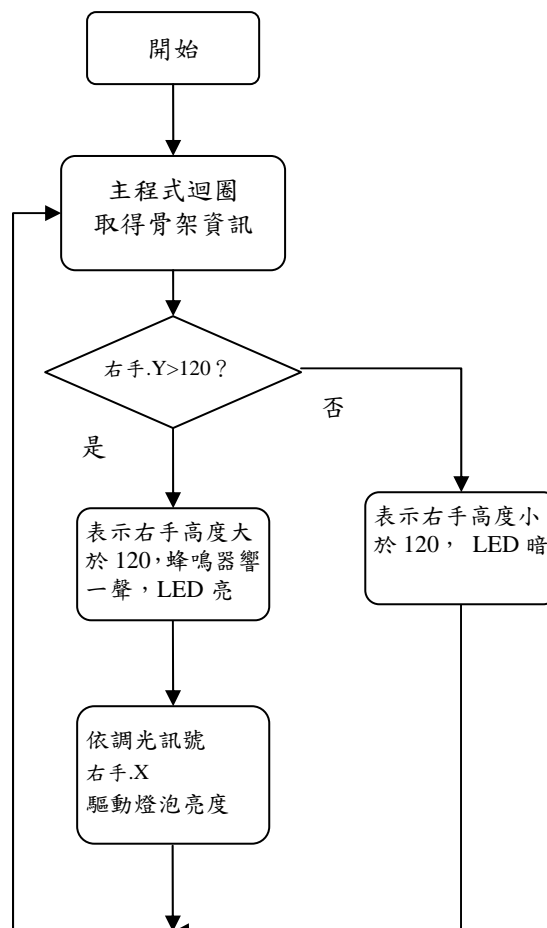


圖 13 手勢操作動作流程圖

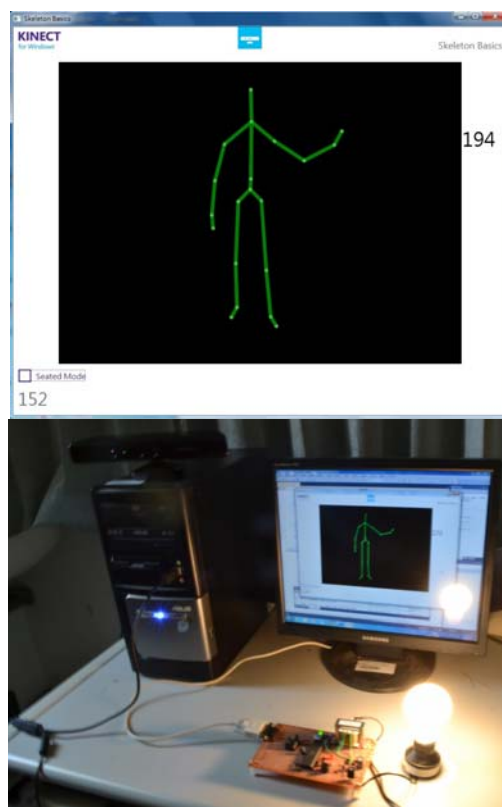


圖 14 右手高度大於所設閾值就可以控制燈光

當操作者右手高度小於所設閾值，如圖 15 表示右手高度低於數據 120 時，此時亮度不可改變，燈光亮度可保持想要的亮度，同時紅色 LED 亦熄滅。

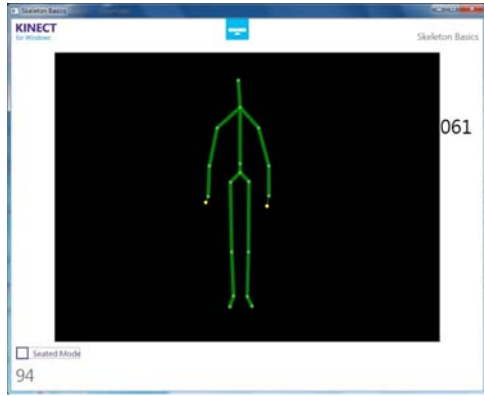


圖 15 右手高度小於所設閾值則保持所需亮度

3.2 MCS-51 驅動燈泡

MCS-51 的組成如圖 16 所示，主要的輸入信號來自於 KINECT 感測器經由 RS232 介面送傳到 P3.0 做為接收信號的 RXD 接腳，另一輸入信號來自如圖 7 所示，每半週的越零信號，傳送到 P1.1 做為每半週觸發角 α 計算的參考點。輸出信號包含驅動連接到 P2.0 的 LED、驅動 P2.1 的蜂鳴器以及經由 P1.0 送出觸發 TRIAC 的調光信號(α)。



圖 16 MCS-51 系統架構

MCS-51 系統的軟體由主程式和中斷服務程式兩部份組成。

主程式先完成初始化動作以及設定通信協定為 9600, 8, N, 1 的格式，然後取出暫存在位址為 \$30~\$32 記憶體中右手.X 的位置值，組合到 \$50，計算出觸發角 α 如公式(3):

$$\alpha = 200 - \$50H \quad (3)$$

其中 200 為調光最大值，在電源頻率為 60Hz 時，每半週期為 8.33ms，換算每個調光刻度為 0.0416ms。若記憶體 \$50 的值为 200，表示 $\alpha = 0^\circ$ ，在檢測出來自 P1.1 的越零信號後 P1.0 會立即送出導通 MOC3021 約 1ms 的脈波，以確保能激發 TRIAC，然後截止

MOC3021，等待另一個半週的觸發循環，其流程如圖 17 所示。

當中斷服務程式的接收信號有 'l' 字元時，表示來自主機的調光信號有改變，系統會重新計算觸發角 α 。系統預設調光值为 50，即 $\alpha = 45^\circ$ ($50 * 180 / 200$; 每半週為 180 電工角度)，實際延遲時間約為 2.08ms(電源頻率 60Hz，每半週為 8.33ms)。

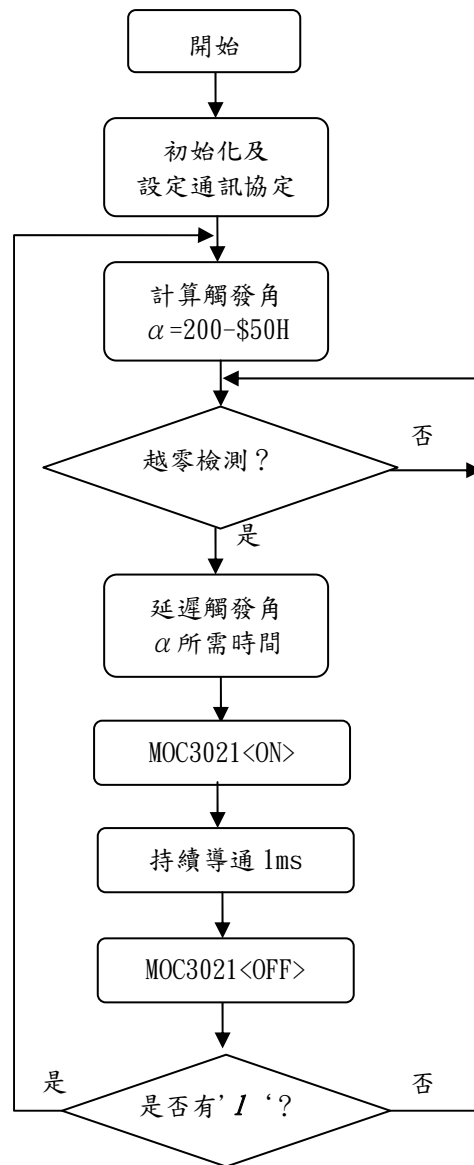


圖 17 MCS-51 系統主程式流程

中斷服務程式用來接收主機傳遞的信號，其服務流程如圖 18 所示。

當主機傳來 l 字元，表示調光信號(右手.X)有改變，開始接收調光值到暫存記憶體，重新計算觸發角 α 。

當主機傳來 f 字元，表示(右手.Y)剛剛超過閾值，調光指示 LED 亮，同時蜂鳴器產生

'嗶'聲；若（右手.Y）持續大於閾值，則 LED 持續發亮，蜂鳴器停止。

當主機傳來 r，表示（右手.Y）小於閾值，LED 熄滅。

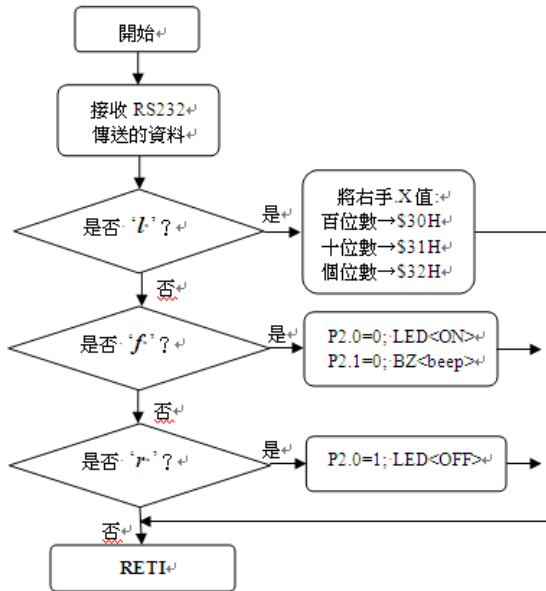
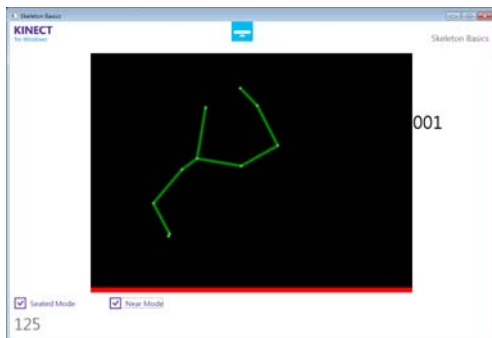


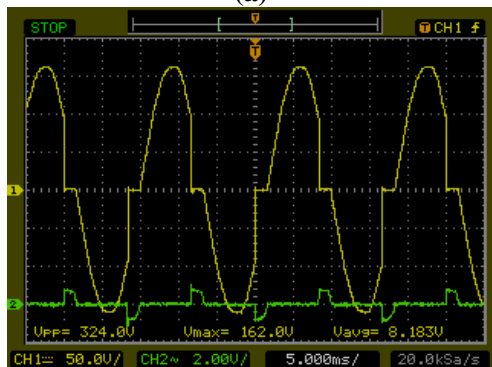
圖 18 MCS-51 系統中斷服務程式流程

4. 實驗結果

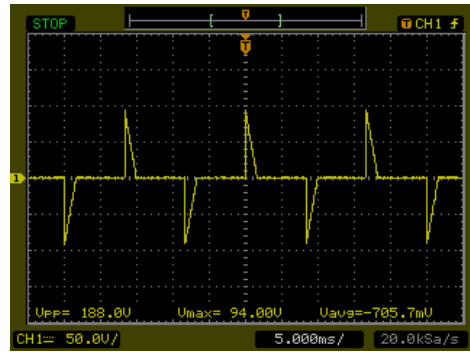
4.1 最小燈光(右手.X=001)



(a)



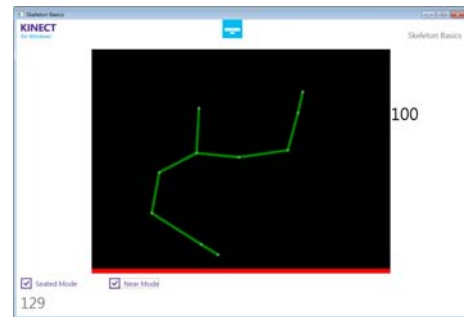
(b)



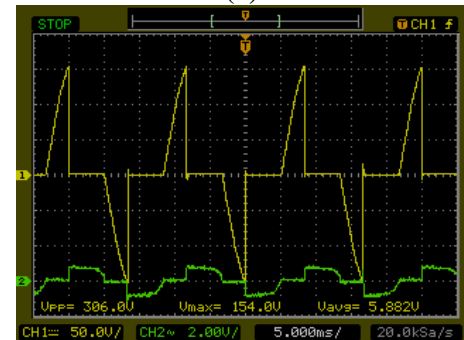
(c)

圖 19 (a)手勢(使用坐姿的近端模式) (b)TRIAC T1與T2的電壓(上)及T1與G之間的電壓 (c)燈泡兩端的電壓

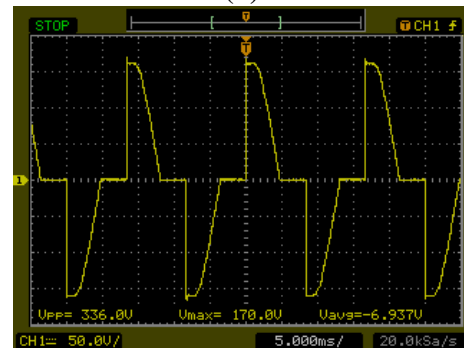
4.2 中等燈光(右手.X=100)



(a)

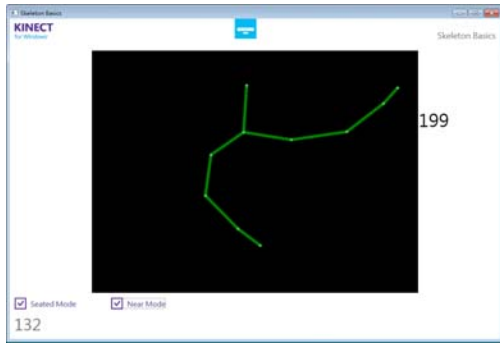


(b)

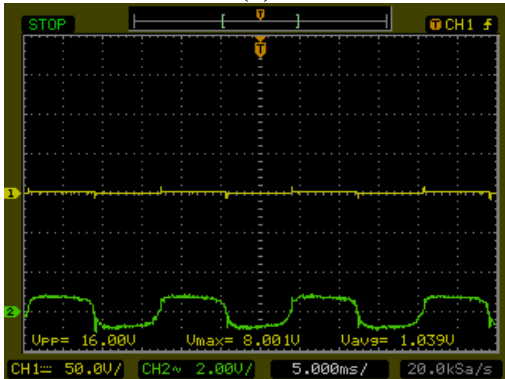


(c)

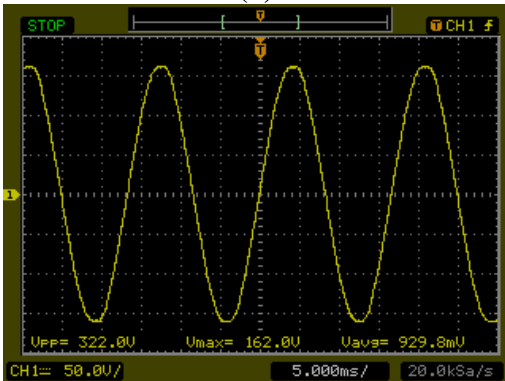
圖 20 (a)手勢 (b)TRIAC T1與T2的電壓(上)及 T1與G之間的電壓 (c)燈泡兩端的電壓 最強燈光(右手.X=199)



(a)



(b)



(c)

圖21 (a)手勢 (b)TRIAC T1與T2的電壓(上)及 T1與G之間的電壓 (c)燈泡兩端的電壓

5. 結語

比起傳統的調光器，作者所研究的調光器不需要觸控調光板或使用另一個遙控器，使用者本身就是調光器。傳統調光器的調光過程中需要連續的調控行為，本文所述的調光器則可任意時刻任意值的調控燈光或可控制其他電器設備(如電風扇等)，只要”舉手之勞”就可以了。

透過 KINECT 感測器的自然使用者介面的應用，本研究只是一個初探。後續的研究可加入語音辨識的應用，亦可將控制命令以有限狀態機(FSM)的型態來實現等，其應用的想像空間可以說是無限的寬廣。

參考文獻

- [1] Waller, Alfred B., “Dimmers for Tungsten Lamps”, *American Institute of Electrical Engineers*, Transactions of the Volume: XXXIV, Issue: 1, pp. 349-361, 1915
- [2] <http://www.cypress.com/go/CY3269N>
- [3] 陸苗霞, 李金龍, 李斌, “調光臺燈的設計”, 科技廣場(Science Mosaic), 07 期, pp. 143-146, 2012 年。
- [4] KIM Jong-hyun, RYU Myung-hyo, YOON Hyok-min, SONG Eui-ho, “A new dimmer for alternating-current directly drive light-emitting-diode lamp”, *J. Cent. South Univ.*, 19, pp. 374-379, 2012