

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

第二名

040804

精密光學鎖

學校名稱：國立秀水高級工業職業學校

作者： 高二 吳韋逸 高二 王星萌 高二 徐聖幃 高二 莊淙鈺	指導老師： 張家豪 張漢佑
---	---------------------

關鍵詞：光學、鎖、邏輯電路

作品名稱：精密光學鎖

摘要

鎖的設計方式種類繁多，有機械鎖、磁性鎖、電子鎖、指紋鎖等方式，一般傳統的機械鎖容易被撬開，而電子式的密碼鎖則可以利用嚐試錯誤的方式來破解，傳統上的鎖較少利用光學方式來設計製作。物理老師在上課時有提過全像光學鎖的設計，它是利用雷射的干涉現象來製作的鎖，運用光的二元隨機相位來編碼，就很難被破解。學校物理課程有上過幾何光學，光線具有反射與折射的性質，因此我們想設計一個利用光學控制的鎖，初步的構想是利用光敏電阻來感測光的存在，利用一個圓柱型的導光壓克力棒，在圓棒上的特定位置上加工有刻痕孔洞，由於光線在圓棒內傳導時，有全反射的現象，當光線射到加工刻痕時，因為入射角度關係，光線會經由刻痕透出，再經光敏電阻感應後透過邏輯電路計算達到開鎖的功能。我們先設計光敏電阻感應光線的實驗裝置，了解光線經由不同位置孔洞洩漏出來的程度，及可能互相干擾的情況，最後根據實驗的結果，修改光敏電阻的排列方式，並搭配邏輯電路的設計製作，完成一組光學感應鎖。

壹、研究動機

有一次到朋友家玩，朋友是住在公寓的 8 樓，樓下沒有管理室，因此要進到樓梯間需要使用鑰匙，不然就是要用對講機連絡住戶開門。到了朋友家後聊天中才知道，他們對面的住戶遭小偷，大家討論的原因是樓下大門的鑰匙被偷走了，因此要重新換一個鎖，這時大家又要花錢換鑰匙了。

有什麼方式可以避免這種情況發生，如果每一個住戶的鑰匙都不一樣，同時開門時就會有紀錄時間及用戶編碼，誰的鑰匙掉了就重新設定，這樣就很方便。研究有什麼方法可以做到用戶的鑰匙不同，又都可以開同一扇門鎖，觀察了一般的鎖設計，都有使用到銅針，因此能開的鑰匙就是一種組合，如果不用銅針的話，可以用什麼來感應呢？可以用磁場、光學等方式，剛好學校電學有教到光敏電阻，因此我就想利用光學的方式來設計這個鎖。

貳、研究目的

- 一、 了解光線在壓克力圓棒內傳送的現象，及光線經由孔洞透出的效果。
- 二、 應用光學折射與反射原理及光敏電阻來製作光學鎖。
- 三、 設計並且製作一組邏輯電路可隨意控制光學鎖開關組合。

參、研究設備及器材

一、 機械部分

1. 車床
2. 數值控制加工中心機
3. 雷射切割機
4. 使用材料：鋁材、壓克力等

二、 電子電路部份

1. 銲槍
2. IC--89s51
3. 光敏電阻
4. 三用電表
5. 電子電路實作工具

肆、研究過程或方法

研究過程如圖 1 所示，分為三個部分，第一個部分為實驗設備的設計製作，實驗研究以壓克力棒作為光學鎖的光線導引裝置時，可能有哪些現象產生，並設法解決這些問題。第二部分是在鎖頭的設計，包含光敏電阻的位置、光源作動的方式等等。第三部分為邏輯電路設計、製作及測試修正。

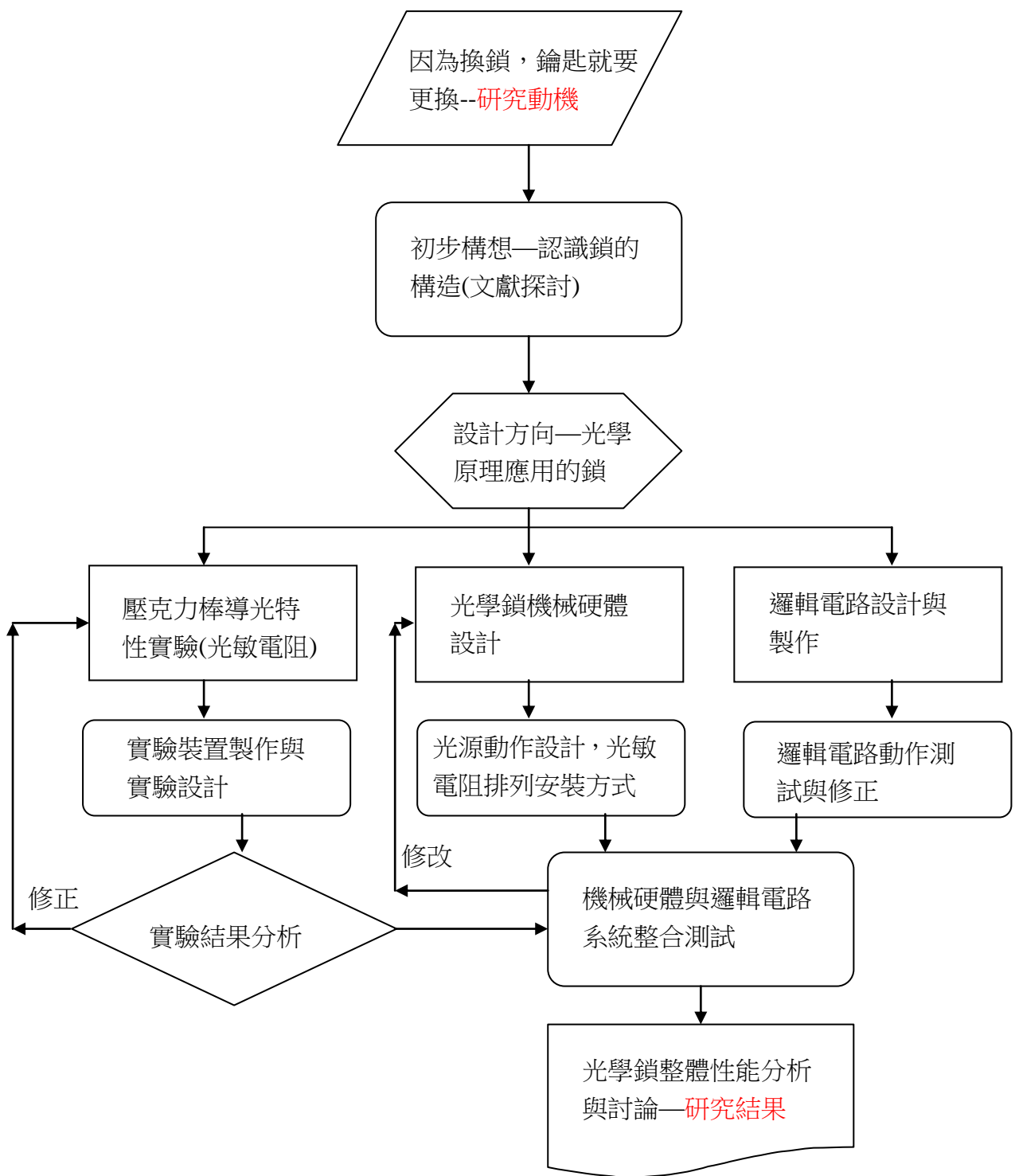


圖 1、研究流程圖

一、 文獻探討

1. 各種鎖的設計及原理

在專利搜尋中我們發現有利用條碼的方式作為鎖的設計，如專利證書 M214056 之**光學式門鎖**安全辨識裝置，圖 2 所示，設計在鑰匙表面設置條碼圖案，並且在鑰匙槽道外側裝設有光電模組，包含發光元件及光感測元件，利用紅外線掃描鑰匙上之條碼圖案後產生相對應之類比訊號輸出，經由控制端來進行比對與儲存，並依據比對的結果決定是否傳輸訊號給電磁閥解除對於大門卡樺之開關控制。還有其他利用光學原理設計的鎖，例如 2008 年 U19 的最佳創意作品，也是利用光學原理的方式來設計一個鎖，其設計方式為『在鑰匙的構造部份按下按鈕後即會從不同方位及角度投射數道光線，而鎖本身內部是光滑的金屬弧面，上面佈滿光線感應點，只有在特定定點感應到光線，才能順利將鎖打開。如要提高防盜效率，可設置二到三組光線密碼，連續解開後才有辦法順利開鎖。有了這套光學鎖，就可以向小偷說掰掰』！他的設計如圖 3 所示。

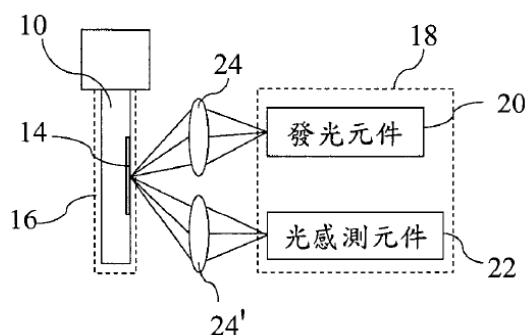


圖 2、條碼式光學鎖設計

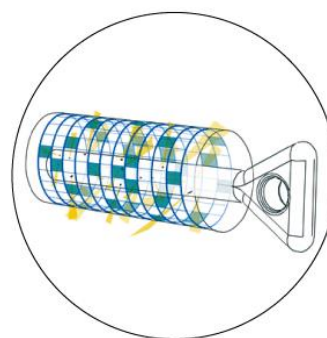


圖 3、U19 2008 年最佳創意作品示意圖

(摘錄自 U19 網站)

2. 光的反射與折射

光的折射定律如圖 3 所示。

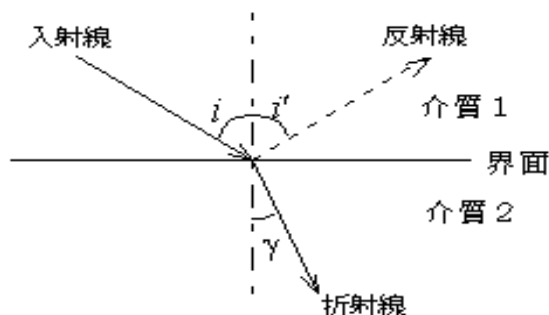


圖 4、反射與折射定律

3. 光纖原理

“光纖”由兩部分組成，其中核心部分的折射率(光密)比外殼折射率(光疏)大一些，方能滿足光由密介質(高折射率區域)入射疏介質會發生全反射的原理，而使光線能繼續不斷的在介質中傳播如圖 6 所示。

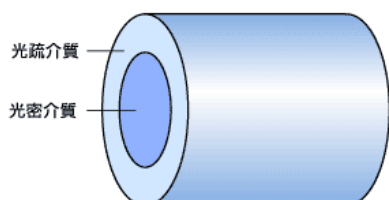


圖 5、光纖的切面

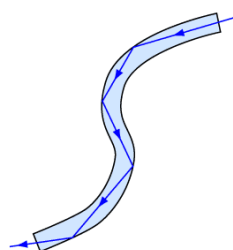


圖 6、光線在光纖中被全內反射

學校之前學長有一件科展作品跟光學有關，他們是利用光在壓克力內前進，當遇到刻痕或是一些加工處理的孔洞時，會有光線從加工處漏出，因為當光線遇到刻痕時，可能因為入射角小於臨界反射角，光線就穿過刻痕，洩漏出來，實際測試如圖 7 所示，我們想利用這個特性來製作一組光學鎖。並且實驗了解其穩定性與可能遇到的問題。

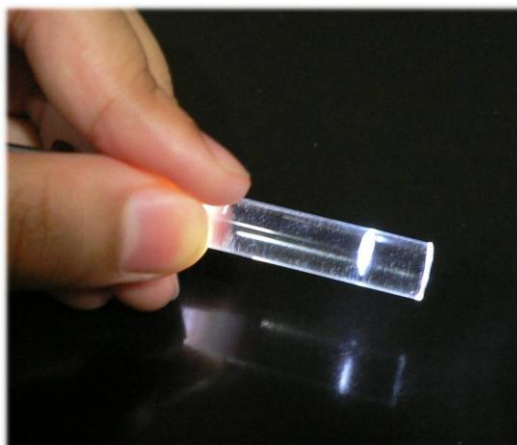


圖 7、壓克力圓棒的光纖現象

4. 單晶片微電腦硬體結構

微電腦硬體結構包含中央處理單元、記憶體單元、輸入單元與輸出單元等四個主要單元，其結構關係則如圖 8 所示。

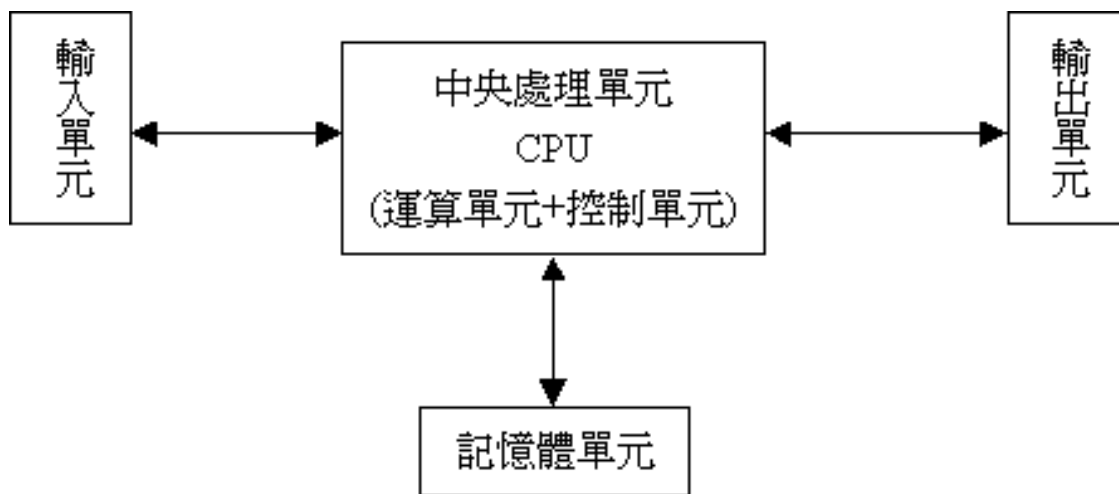


圖 8、微電腦硬體結構示意圖

5. 光敏電阻

圖 9 為 CDS 光敏電阻是一種薄膜的電子元器件，電阻值隨著光源強度而變化。

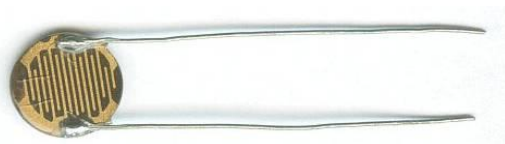


圖 9 光敏電阻

二、 光學鎖機械硬體設計

設計的方式如圖 10 所示，其中鑰匙孔外有加工輻射狀孔洞的中空圓柱，每一個孔洞都可以裝設一個光敏電阻，鑰匙孔底部有一 LED 光源，我們使用壓克力圓棒作為鑰匙材料如圖 11 所示，壓克力鑰匙的外周圍刻有不同位置的加工痕跡，可以讓光線從加工刻痕透出。當鑰匙插入鑰匙孔內後，朝內壓使 LED 燈泡亮起，LED 光線經由壓克力鑰匙導光出來，在刻痕處會有光線溢出，同時使光敏電阻動作，若光敏電阻的啟動或關閉是我們設定的排列時，門鎖就能打開，在不同的光敏電阻數量排列之下，就可以有很多種開門的組合。目前的鑰匙是利用壓克力製作，未來製作時可以使用如水晶或是玻璃等物質，可以有很高雅的質感。

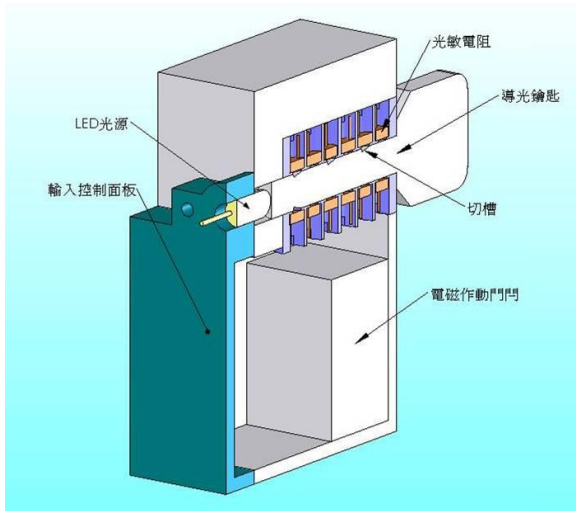


圖 10、整體設計剖視圖

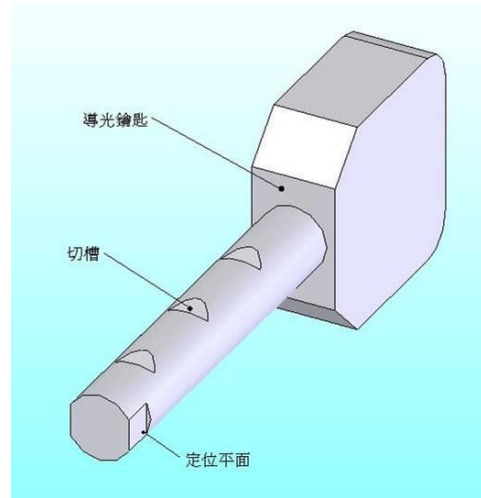


圖 11、導光鑰匙

三、 光敏電阻的應用實驗

設計上會使用到光敏電阻，在實際測試時發現壓克力圓棒在加工後，發現在各感應點上可能會有互相影響的現象發生，因此我們想先設計一個實驗來了解可能會遇到的問題。在實驗架構設計時，我們只設計一排光敏電阻，如圖 12 所示，在鎖內裝置有一個 LED 光源，在將各種加工過的壓克力圓棒插入，再以三用電表來檢測各點的電阻值如圖 13 所示。

壓克力圓棒的加工排列如圖 14~16 所示，是利用學校的五軸加工機來加工圓棒如圖 17 所示，圓棒的加工設計有全部加工、單排加工、雙排加工、單環加工、兩環、三環、四環、五環加工。經過實際加工完成的各種壓克力圓棒如圖 18 所示。實驗時壓克力圓棒插入鎖內可以轉動，因此有些排列方式可以透過轉動圓棒得到不同組合。在圓周上我們分為四部份，分別為 0 度(A)、90 度(B)、180 度(C)、270 度(D)，光敏電阻感應位置為正上方位置，當壓克力棒旋轉時，可以得到不同位置凹孔對光敏電阻的影響。再與光源距離部分分別為 5、11、17、23、29mm，也就是當環加工時的相對位置。

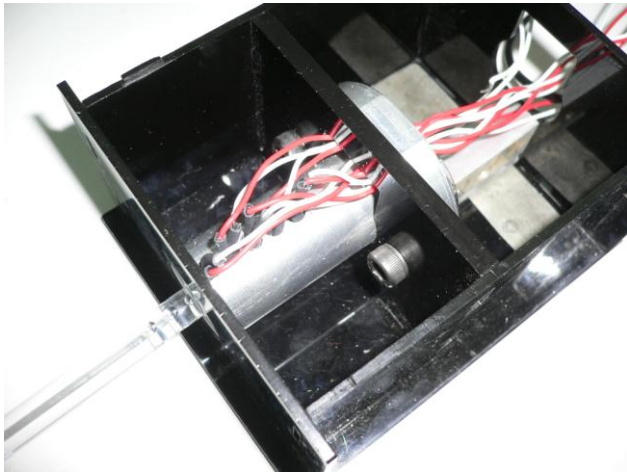


圖 12、實驗設備光敏電阻位置



圖 13、光敏電阻實驗架構

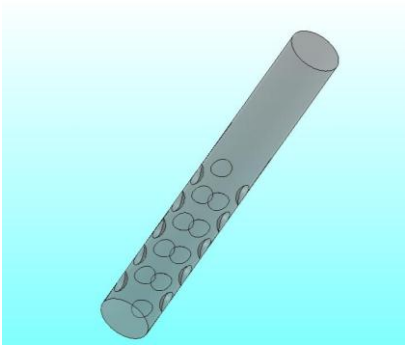


圖 14、全部加工的圓棒

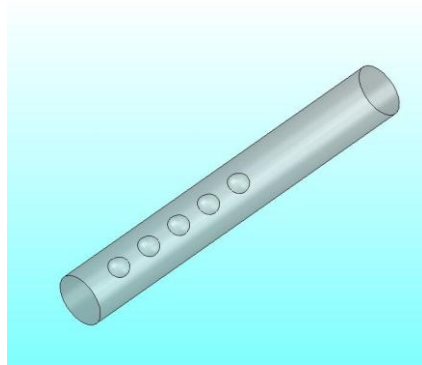


圖 15、加工一排的圓棒

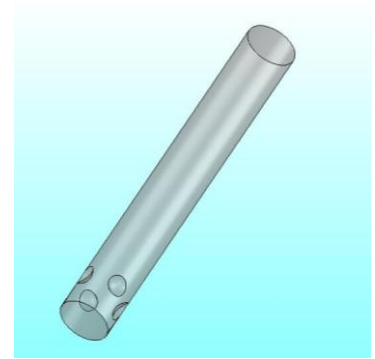


圖 16、加工一環的圓棒

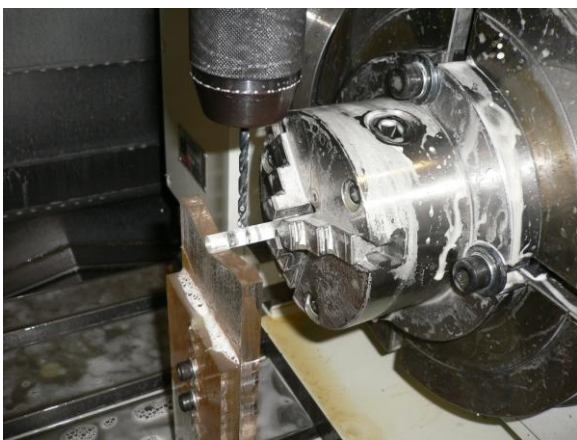


圖 17、壓克力圓棒加工方式



圖 18、各種加工完成壓克力圓棒

四、邏輯電路設計

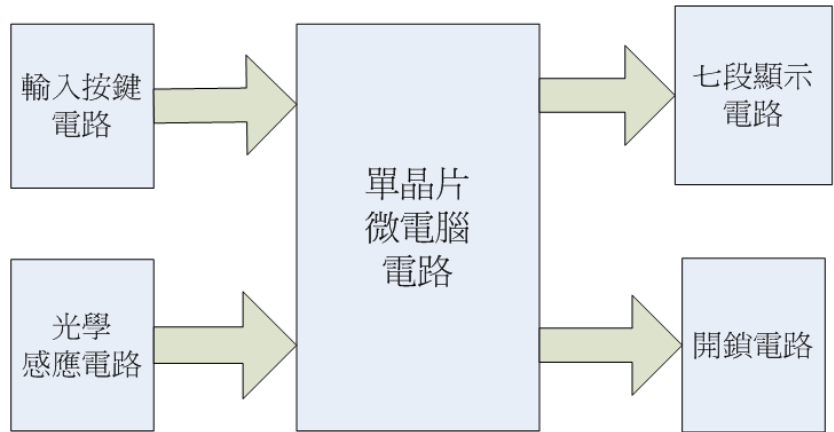


圖 19、系統結構圖

圖 19 為系統結構圖，輸入按鍵電路來設定光學鑰匙能開鎖的正確編碼，當光學鑰匙插入鎖孔時光學感應電路會將光學鑰匙的編碼輸入至單晶片微電腦電路中作判斷，當與所輸入的正確密碼相同時，會由開鎖電路來啟動開鎖並在七段顯示器上顯示 OPEN，若與所輸入的正確密碼不同時就不會啟動開鎖電路並會在七段顯示器上顯示 ERROR，邏輯電路如圖 20 所示，相關電路如圖 21、22 所示。

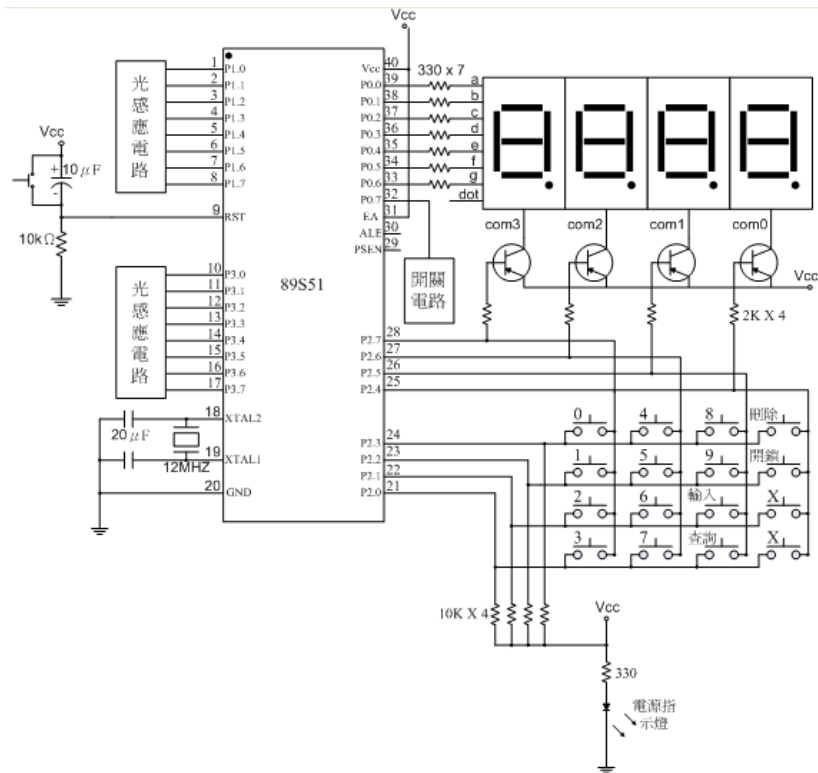


圖 20、邏輯電路

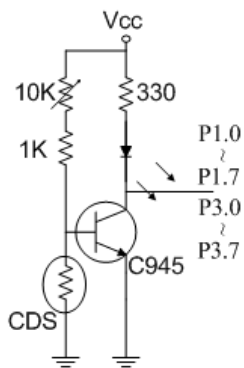


圖 21、光感應電路

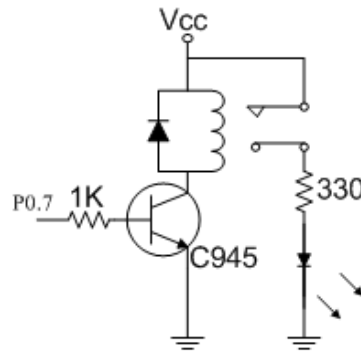


圖 22、開關電路

在鎖的開關控制上，我們目前先設定為 16 點的光敏電阻，每一個點的控制為 ON 及 OFF 兩段，因此理論上的排列組合為 2^{16} 個，共有 65536 個排列組合，但我們想用數字來代表每支鑰匙的編號，因此在組合上我們使用四個數字，每個數字以二進位表示，所以目前我們設計的鎖的開關組合為 0000~9999 共有 10000 個排列組合，其中 0000 的組合不使用，因為當鑰匙沒有插入鑰匙時，所有的光敏電阻沒有作用就是 0000 的組合。

例如我們使用『1234』的號碼作為開啟號碼，則光敏電阻需要感應到如下的光源

0001	0010	0011	0100
1	2	3	4

每一組有四個光敏電阻，在硬體上可以設計為同一排或同一環。0 表示其為無光源感應，1 表示壓克力棒有加工刻痕，光線會從刻痕漏出使光敏電阻值降低。

伍、研究結果

一、光敏電阻應用實驗結果

在光敏電阻實驗中，初步測試時發現當圓棒的一頭遮住時，光敏電阻的顯示狀況會改變，因此我們另外加工一個圓蓋，在測試時分別實驗，來了解差異性有多大，是否有線性關係。實驗紀錄表格如表一所示，表中分別紀錄有圓棒的加工位置、測試時的圓棒角度，每種狀態各做四次實驗再取平均值。

我們將各種排列的圓棒完成實驗結果分別說明如下：

(一)圓棒無任何孔洞加工

從圖 23 中我們可以發現幾個現象：

1. 圓棒靠近光源端面有磨光時，光敏電阻的電阻讀值會升高，表示圓棒的端面不要加工時，光線會因為散射，使得光線會從圓棒周圍漏出，比較多的光線因為臨界折射角的關係，透射出來。
2. 端面有加蓋時，光線從光源進入圓棒後在圓棒的另外一側反射，所以會使光線更多從圓棒周圍漏出。
3. 在各種情況下距離光源 11mm 的電阻值最低，後面的電阻值則越來越高，表示光線在圓棒中會有光線衰減的現象，我們設計圓棒加工時，後面的刻痕深度要深一點。

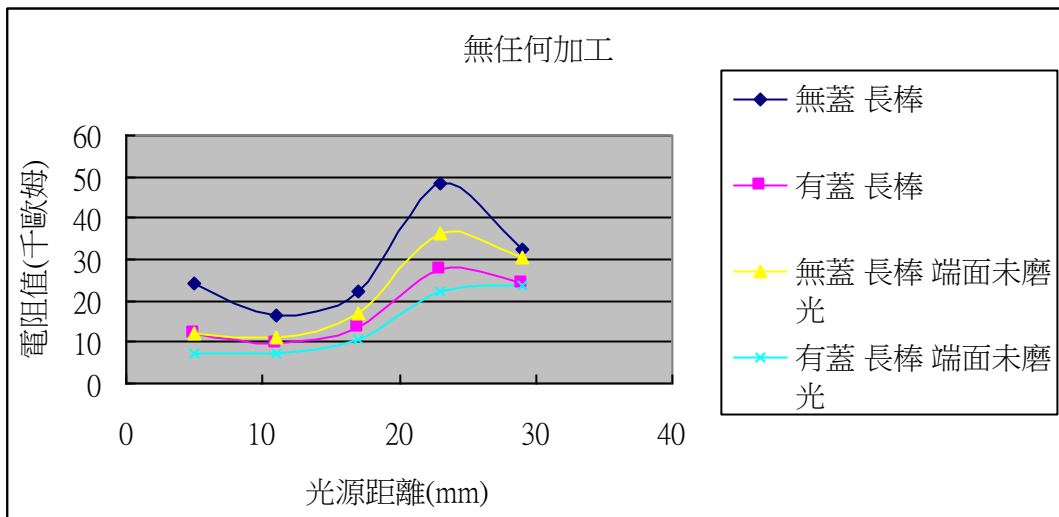


圖 23 無任何加工的圓棒測試實驗結果

(二)圓棒一排加工

從圖 24 中可以發現如下的現象：

1. 當刻痕位置剛好在光敏電阻的下方時，電阻值最低，當刻痕位置在左右 90 度時，其電阻值升高，刻痕位置在 180 度(光敏電阻的正對面)，其電阻值有略為下降。表示光線除了會從刻痕透出外，還會從另外一側透出，如果這個位置的光敏電阻作動就會有誤訊號輸出，我們必須考慮這一點。
2. 與無加工圓棒一樣，光線會因為距離的關係而衰減。

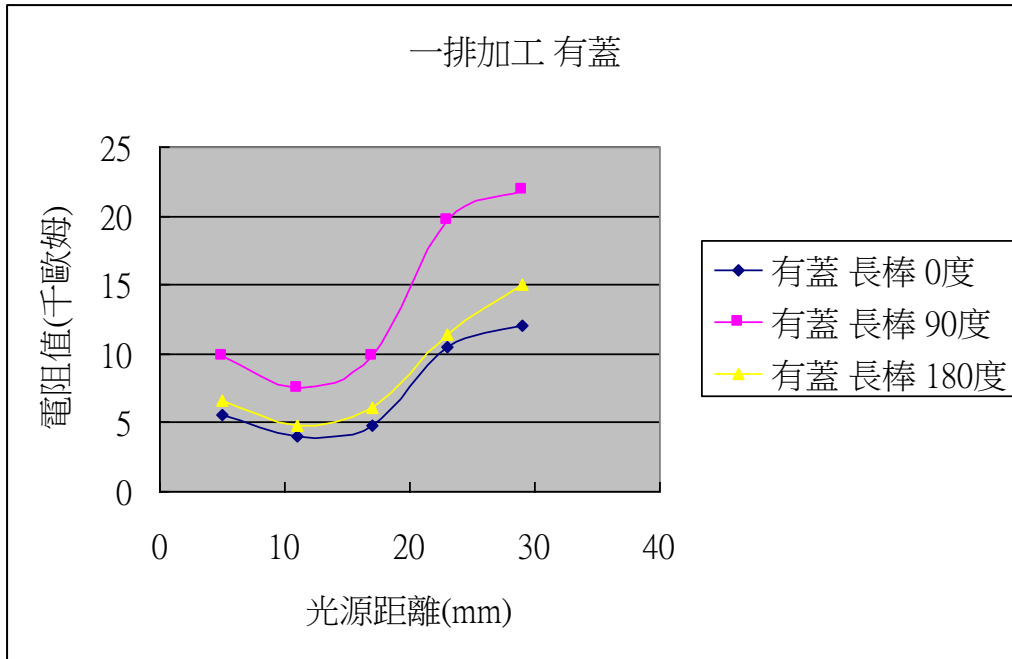


圖 24 一排加工有蓋實驗結果

(三)圓棒兩排加工

經過實驗後，我們得到的實驗結果如圖 25 所示，從圖中可以知道互相垂直兩排加工時，90 度與 0 度時光敏電阻下方正好為刻痕，所以電阻值較低。當放置位置為 90 度及 180 度時，90 度的刻痕影響較小，180 度的那一排影響和之前的實驗結果類似。

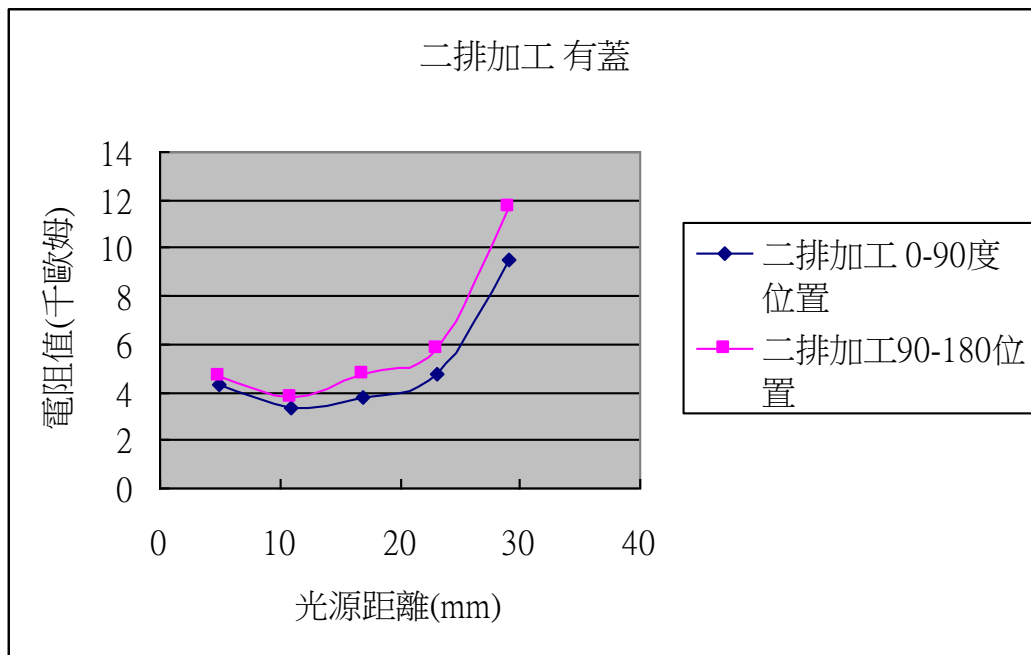


圖 25 二排加工有蓋實驗結果

(四)圓棒環狀加工

就環狀加工而言，每一個感測點在該點有光線透出時，感應電阻值較低，所以如圖 26 所示，當只有最前面一環時，距離 5mm 的光敏電阻值較低，後面的感測點則電阻值高，同樣的情況在全部 5 環都加工時，電阻值有明顯的下降。

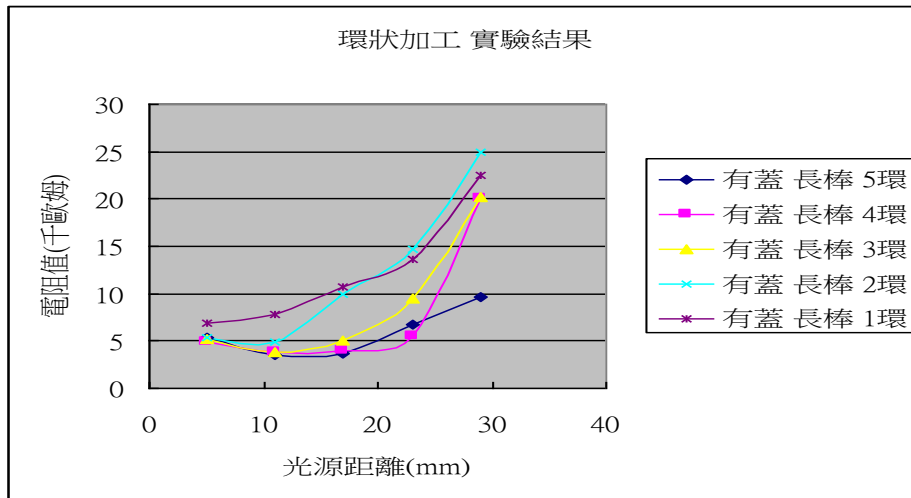


圖 26 不同環狀加工實驗結果

(五)螺旋狀加工

螺旋狀加工表示 A(0)、B(90)、C(180)、D(270)、A(0)的位置有加工，有蓋長棒 0 度表示螺旋圓棒 A(0)的位置在正上方，剛好為光敏電阻感應的位置，有蓋長棒 90 度則表示 A(0)在 90 度的位置(左側)，其他類推。從圖 27 中可以發現當光敏電阻值會類似螺旋的曲線變化。同時 0 度與 180 度的位置為相差 180 度，可是其電阻值很接近，表示光線除了在壓克力棒的加工點透出外，也會從對面位置透出，這一點會影響我們的設計的方向。

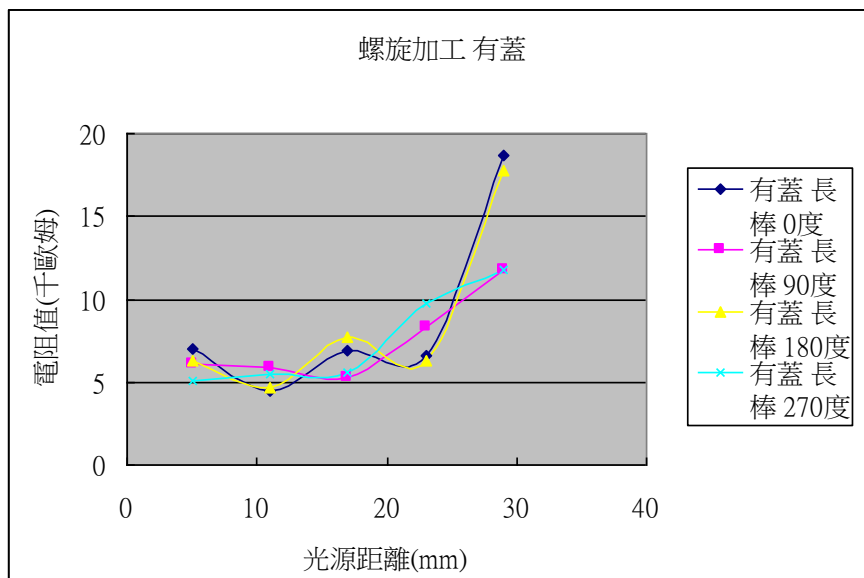


圖 27 螺旋狀加工

二、 應用邏輯電路設計測試結果。

我們在設計電路時，主要分為四大部分，分別介紹如下：

第一部份：單晶片微電腦電路—主要是利用單晶片 89S51 所組成的電路如圖 28 所示，用於接收光感應電路以及輸入按鍵電路所傳過來的訊號，接著判斷光學鑰匙的編碼情形，輸出訊號來決定是否要將電控鎖打開，完成的實際電路板如圖 29 所示。

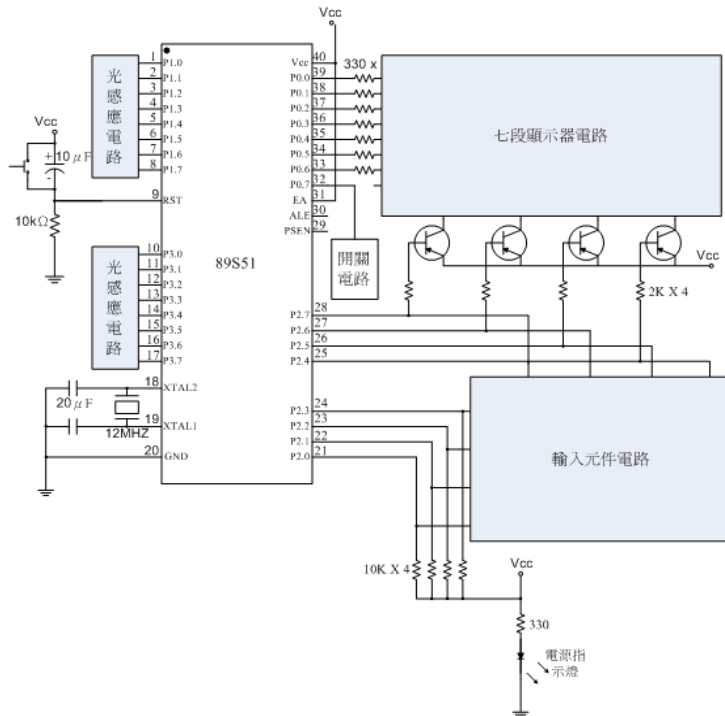


圖 28 單晶片微電腦電路圖

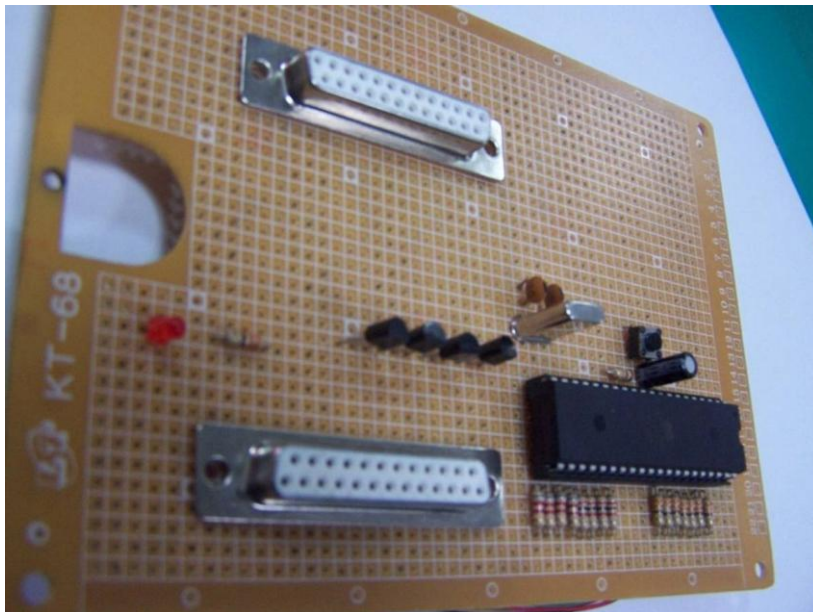


圖 29 單晶片微電腦電路實際圖

第二部分：光學感應電路如圖 30 所示，透過壓克力棒中的不同位置凹孔所傳導出來的光使 CDS 電阻值下降讓分壓小於 0.7 伏，使 I C 接收到訊號，實際電路完成如圖 31。

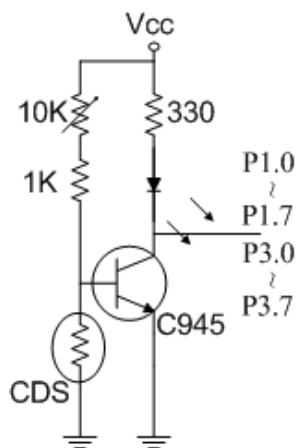


圖 30 光感應電路

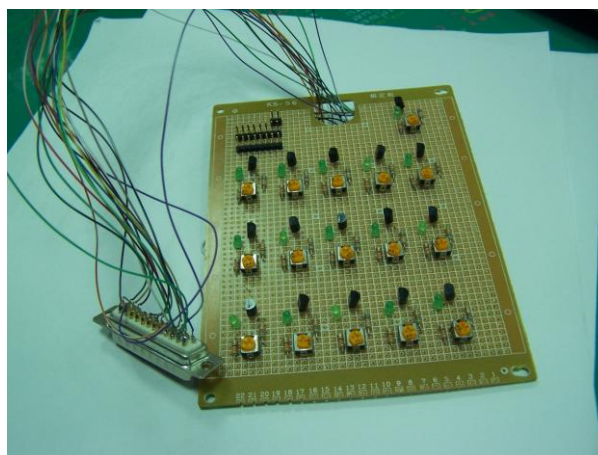


圖 31 光感應電路實際圖

第三部分：七段顯示器及輸入元件一經由數字按鍵，可以查詢由光感應電路傳到單晶片的訊號，並且更改、刪除、或儲存單晶片裡的密碼如圖 32、33 所示。

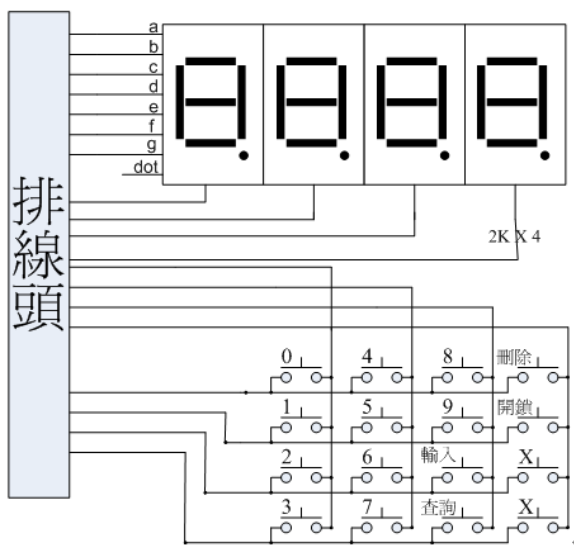


圖 32 七段顯示器以及輸入元件

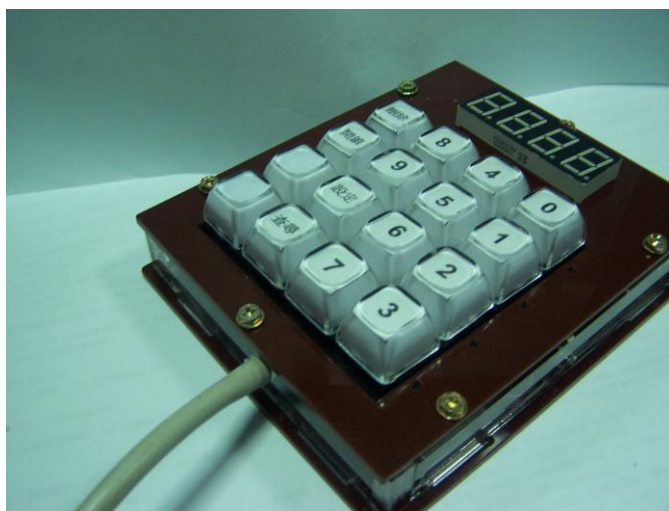


圖 33 七段顯示器以及輸入元件實際圖

第四部份：開關電路如圖 34 所示，在單晶片接收到來自光感應電路的正確訊號後，會啟動開關電路，達到開鎖的功能，實際完成架構如圖 35 所示。

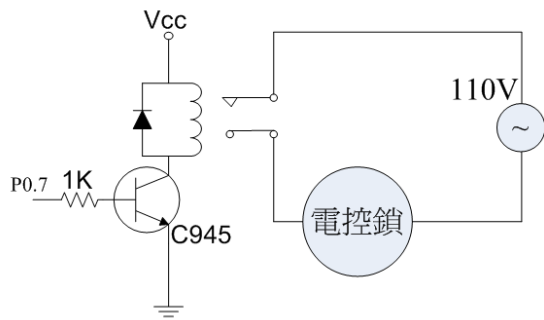


圖 34 開關電路

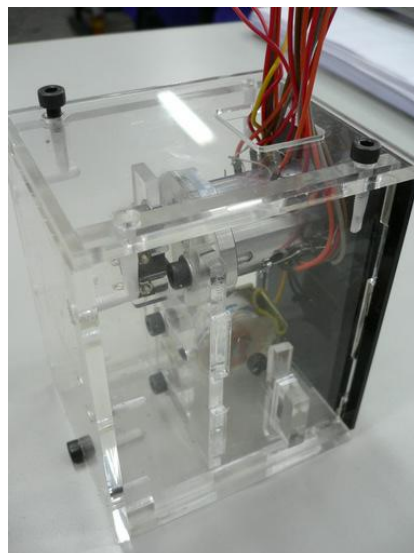


圖 35 開關電路實際完成圖

陸、討論

一、光敏電阻對光線感應實驗結果討論。

實驗後發現光敏電阻距離光源越遠，其電阻值會上升很多，同時在第二孔位(B)的電阻值會下降特別多，表示光線在壓克力棒內反射時，會在第二孔位處有較多光線照射到，後面的電阻值越遠越大，因此我們重新設計加工深度，設計兩種加工方式，一種如圖 36 所示為漸深式加工，第一孔 1.5mm 深(靠近端面處)，第二孔後依序為 2mm、2.5mm、3mm，第五孔位就不加工。另外一種為第二孔較淺加工如圖 37 所示，孔深分別為 2、1.5、2.5、3 及不加工。重新作實驗得到結果如圖 38、39 所示，從圖中可以發現當使用漸深式孔加工時，第二孔位還是會有電阻較低的現象發生，當第二孔位加工較淺時，則電阻值測量可以得到較平均結果。因此我們設計壓克力棒鑰匙時，孔加工的深度會依位置作不同深度加工。



圖 36 漸深孔加工



圖 37 第二孔較淺加工

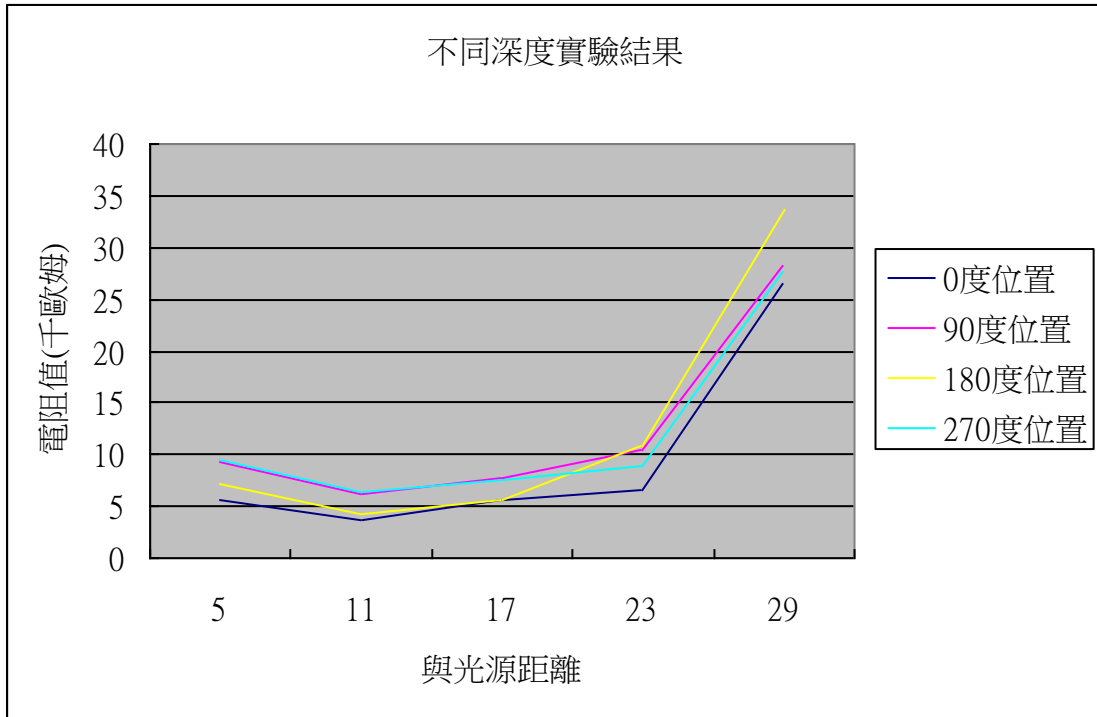


圖 38 漸深式孔加工實驗結果

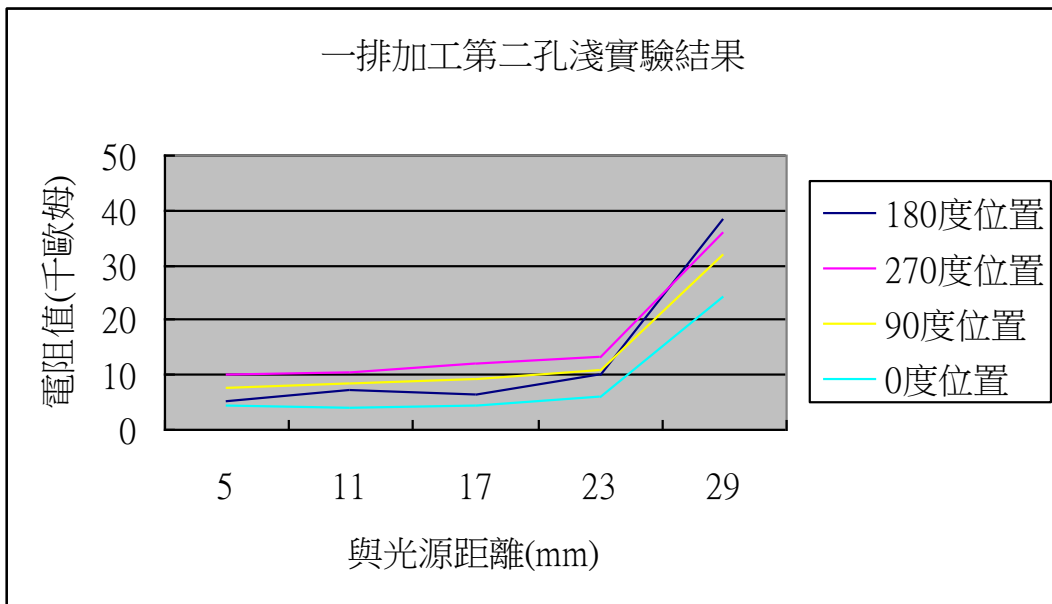


圖 39 第二孔較淺加工實驗結果

另外在鎖頭的設計也作了修正，因為光線除了會從加工刻痕處透出外，也會從對應的另一邊透出，如果這個位置也有光敏電阻的話，那就會有誤動作發生，因此光敏電阻位置設計為奇數位置如圖 40 所示，這樣子的話，刻痕位置的對應處就沒有感應點，問題就可以處理了。

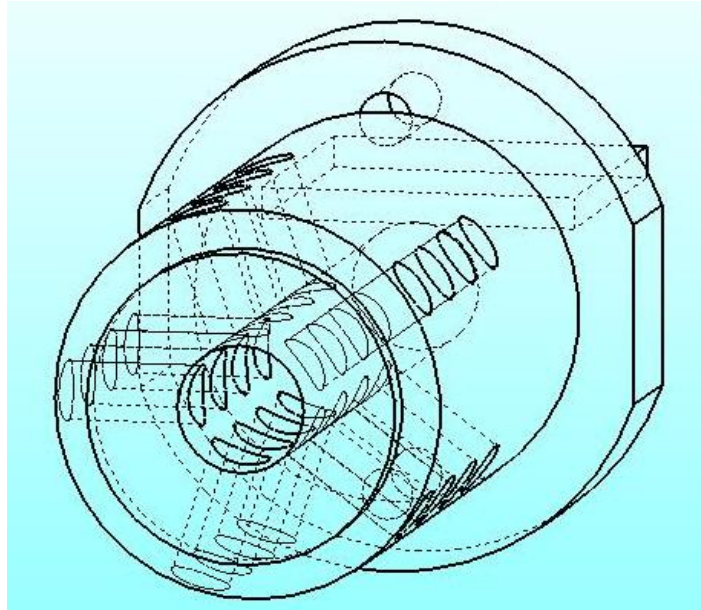


圖 40 五排光敏電阻位置設計

二、 電路測試結果討論

電路製作與測試之問題及改善的方法：

問題一、在測試電路中，七段顯示器上無法正確的顯示輸入的數字及訊號。

改善方法：經過檢查之後發現是電晶體的類型拿錯，及腳位的擺放不對，經改正後得以正常運作。

問題二、電路板上沒有事先規劃焊接的線路，導致電路太過繁雜，不美觀與更改電路困難。

改善方法：在確認程式以及電路無誤之後，在新的電路板上利用了排線來重新編排以及事先的電路規劃，來解決問題。

問題三、在光感應電路中有光源亮度不足。

改善方法：提高電壓來增強 L E D 亮度。

問題四、光感應電路和單晶片 89S51 所組成的電路的電源是相同的，再增加高亮度 L E D 的電壓時，單晶片會有毀壞的可能。

改善方法：增加了穩壓電路，來確保單晶片能正常運作。

三、本研究之特色

1. 在同一扇門上，可以經由設定多組的密碼來使用不同的光學鑰匙開啟，特別適合於無管理員的社區大門管制。
2. 一般的鑰匙搞丟之後就必須要換鎖，以避免門鎖被打開。我們的光學鎖只需要利用輸入元件來刪除丟掉鑰匙的編碼就可以避免有心人士利用丟掉的鑰匙入侵社區。
3. 一般的電子密碼鎖，只要知道密碼後就能夠輕易的破解，我們的輸入控制電路與和鑰匙是分開的，歹徒無法更改與查詢編碼，就算知道編碼，壓克力棒也不易複製。
4. 光學鎖不是用銅針的設計方式，因此無法使用一般開鎖工具開鎖。
5. 最後完成的作品如圖 41 所示。

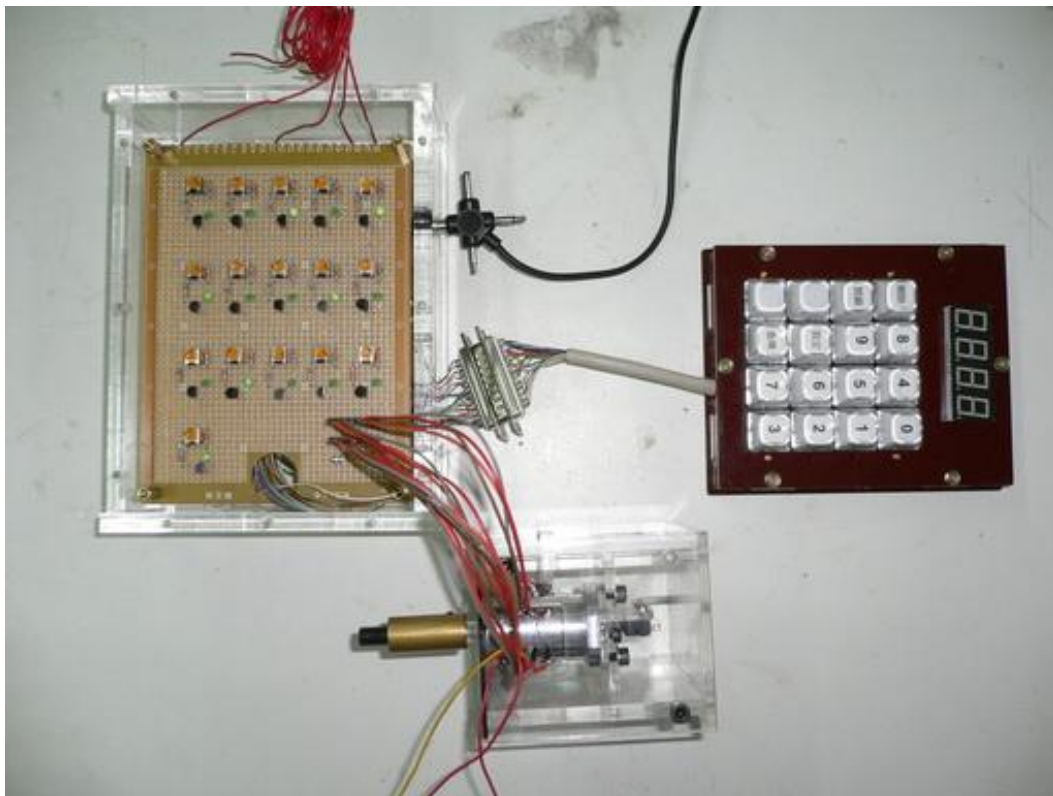


圖 41 整個光學防盜鎖設計完成圖

四、未來改善的地方

目前的鑰匙是利用壓克力製作，未來製作時可以使用如水晶或是玻璃等物質，可以有很高的質感。目前設計感應點為 16 點，如果感應點的數目上可以提升到 36 點的設計，則鎖的應用組合可以更多。在目前的電路設計上不能斷電，因為斷電後編碼會從單晶片中消失，這部分的设计修正是未來努力的方向。

柒、結論

隨著時代的變遷鎖具也愈來愈多，如果使用光學鎖，可以做到每戶的鑰匙雖然不同，卻可以開同一扇門鎖。我們利用圓柱型的壓克力棒當作鑰匙，從壓克力棒的凹槽中散出的光線打到對應的光敏電阻，再經光敏電阻所讀到的訊息傳輸到電路，假使訊息正確，電路就會再傳送一個開鎖的訊號到開鎖電路，即可開啟鎖具。反之，若今日有一個錯誤的訊息，也就是圓棒所散出的光線對應到錯誤的光敏電阻，訊號也就不正確，鎖就無法開啟。如此一來就不會像傳統鎖具，會讓有心人士可以容易的打開鎖。

為了要和市面上的電子鎖做區別，我們在呈現整體中捨去原本硬體中的七段顯示器及按鍵盤，保留最主要的部份——光學鎖。當設定完密碼後即可拔除，當遺失鑰匙時，只要再把七段顯示器及按鍵盤裝上，重新設定就會是一個新的鎖。

透過量測光敏電阻的實驗中，由於光線在介質中傳導時會有衰減的現象發生，所以壓克力棒在加工孔深度時，離光源越遠的孔需要加工較深的孔，可以接受較多的光線。LED 光線出來時成輻射狀，在壓克力棒內會有多次的反射與折射，實驗結果發現第二孔位有比較多的光線照射，因此修正這孔的加工深度最淺。在電路的設計與單晶片的應用上，也學到很多技術與經驗。最後整個設計過程及結果大致符我們的需要，但仍然有一些地方不是很完善，例如壓克力棒的加工刻痕，它的形狀、位置及深度應該會有交互作用的關係，光源的部分目前是使用 LED 光源，如果使用氦氖雷射的話，應該有不一樣的效果，電路設計上也要朝向不易破解的方向努力。到目前為止，整個研究有了初步的成果，這一段時間的辛苦在我們未來的求學過程，是很值得回味的。

捌、參考資料及其他

1. 經濟部智慧財產局本國專利公報。
2. 蔡朝洋（民 97 年）。單晶片控制實習。台北：全華圖書股份有限公司。
3. 許宏昌、張義和、余春長、王敏男（民 96 年）。例說 89S51-C 語言。台北縣：新文京開發出版股份有限公司。
4. 浩司（民 85 年）。圖解電子電路。永和：建興出版社
5. 陳清良（民 98 年）。電子學 I、II。台北：龍騰文化事業股份有限公司
6. 經濟部智慧財產局本國專利公報。

7. 參考網站

七段顯示器介紹：starFPGA（99 年 4 月）取自：

<http://www.starfpga.com/modules/tinyd3/>

七段顯示器說明：技術論壇（99 年 4 月） 取自：

<http://bbs.me.hwh.edu.tw/2005/topic.cgi?forum=38&topic=22&show=0>

8. 陳勤仁、施忠良著，銑床實習，台科大圖書股份有限公司，2008 年元月。
9. 王飛達、林英明著，數值控制機械上冊，長諾資訊圖書股份有限公司，民國 86 年。
10. 劉瑞興、張志榮著，精密測量，龍騰文化事業股份有限公司，民國 98 年。

【評語】 040804

利用光在壓克力材質中折射與全反射的現象，在壓克力圓柱狀鑰匙上切槽，讓光從切槽處透出，由外圍的光敏電阻感測切槽位置，經比對解碼後開鎖。原理簡單，但感測值受干擾的問題並不單純，本作品做了一序列的實驗，得知如何補償的方法，完成一個可以操作的系統，確是很好作品。