

2022 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100019
參展科別 工程學
作品名稱 車用開門快速預警裝置
得獎獎項 三等獎

就讀學校 國立臺東女子高級中學
指導教師 謝建智
作者姓名 謝忻妤、莊文淇、彭昱綺

關鍵詞 車門、快速預警裝置、達靈頓電路

作者簡介



我們是來自台東女中的學生，分別是莊文淇、彭昱綺及謝忻妤。我們三人在高一時接觸到發明展類型的比賽，開始對動手操作機器與自行製作產生興趣。此研究讓我們學習到從日常中發現問題並找到解決方法是很重要的，這樣才能使我們的生活更加便利。我們很榮幸可以參與這次的國際科展比賽，也希望能與其他團隊進行交流，增廣見聞。

摘要

由於台灣汽、機車數量逐年攀升，且人口密度高、道路窄小和停車位不足，使得人、車爭道和兩車併排等現象層出不窮，導致汽車駕駛人或乘客在開啟車門時，未注意後方來車造成碰撞的傷亡事故屢屢發生。有鑑於開啟車門不當事故頻繁，本研究提出一個基於達靈頓電路（Darlington Circuit）的快速且成本低之車門開啟預警系統，當汽車駕駛人或乘客碰觸車門內把手內側的軟式觸控薄膜開關時，系統即會啟動欲開啟車門側的門外警示燈和車後方向燈光閃爍，以提早預警行人或機車騎士，同時，汽車A柱內的警示燈、蜂鳴器會同步閃爍和鳴響，以提醒汽車駕駛人或乘客注意後方車輛避免碰撞，保障用路人安全。

Abstract

Due to the increasing number of cars and scooters in Taiwan, the high population density, narrow roads, and insufficient parking space, resulting in car drivers or passengers not paying attention to the pedestrians or motorcyclists when open the doors. Injuries and fatalities caused by collisions of incoming vehicles have occurred frequently.

This research proposes a fast and cheap door opening warning system based on Darlington Circuit. When the car driver or passenger touches the soft touch membrane switch inside the door handle, the system will activate the outside warning light on the side of the door and the rear turn signal flashes to warn pedestrians or motorcyclists in advance. At the same time, the warning lights and buzzers in the car's A-pillar will flash and sound simultaneously to remind car drivers or passengers to pay attention to vehicles.

壹、研究動機

由於台灣汽、機車數量逐年攀升，且人口密度高、道路窄小和停車位不足，使得人、車爭道和兩車併排等現象層出不窮，導致汽車駕駛人或乘客在開啟車門時，未注意後方來車造成碰撞的傷亡事故屢屢發生（圖1）。根據中華民國內政部警政署統計資料，近七年（民國101~107）因汽車駕駛或乘客開啟車門時未注意後方狀況，導致行人或機動車輛閃避不及而造成之碰撞事故，平均每年發生3226件事故，並造成3723人死傷（圖2），平均每天就發生9起事故。為此，交通部極力宣導駕駛人或乘客在上下車開啟車門時，應依循「兩段式開門法」，並於民國105年11月16日增訂道路交通管理處罰條例第56條之1，明定未依規定開啟或關閉車門因而肇事者之罰則，並自106年7月1日起實施，致106年肇事件數及死傷人數，分別降至2607件及2987人。



圖 1 車門開啟不當示意圖

（圖 1 資料來源：2021 年 9 月 1 日，取自 <https://dailyhive.com/vancouver/bc-quadruples-dooring-fine>）

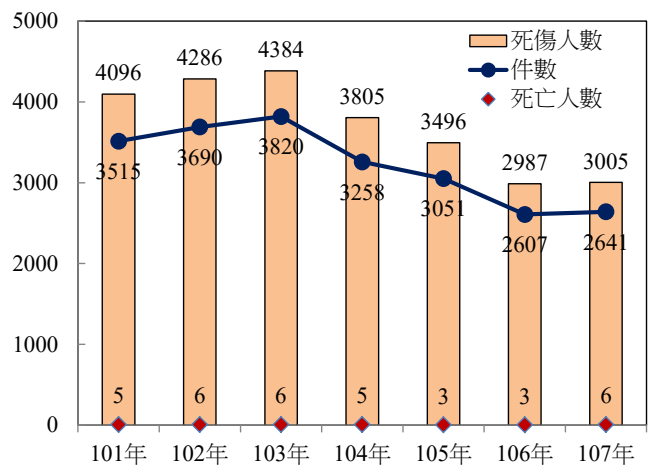


圖 2 開啟車門不當肇致死傷人數及事故件數
（圖 2 資料來源：研究者整理繪製）

有鑑於開啟車門不當事故頻繁，本研究提出一個基於達靈頓電路（Darlington Circuit）的快速且成本低之車門開啟預警系統，當汽車駕駛人或乘客碰觸車門內把手內側的軟式觸控薄膜開關時，系統即會啟動欲開啟車門側的門外警示燈和車後方向燈光閃爍，以提早預警行人或機車騎士，同時，汽車A柱內的警示燈、蜂鳴器會同步閃爍和鳴響，以提醒汽車駕駛人或乘客注意後方車輛避免碰撞，保障用路人安全。

貳、研究目的

- 一、設計一種設計簡單、反應靈敏的軟式觸控薄膜開關。
- 二、改變 NE555 脈衝產生器的電阻，並量測其頻率變化。
- 三、設計能提醒車內駕駛、乘客及提早預警車外行人或騎士的車門開啟預警系統。

參、文獻探討

一、駕駛煞車反應及踩踏時間

一般駕駛人發現危險情況後，反應時間為 0.4~0.5 秒，右腳由加油踏板移至煞車踏板之時間為約 0.2 秒，踩煞車踏板所需時間約 0.1 秒。因此一般駕駛人在行進中，突然發現危險情況後即刻採取煞車措施，車輛必須空走 0.7~0.8 秒，才產生煞車效果（吳明德，1991）。然實際「反應時間」受到駕駛人各種生理、心理及環境因素之影響，故不同駕駛人在不同的身心狀態及道路、交通狀況下均會呈現不同之反應時間。

二、達靈頓電路（Darlington Circuit）

通常單一電晶體的電流增益 β 約 300，當電路中需要高電流增益或高輸入阻抗時，可將兩個電晶體組成一組直接耦合的複合電路，即為達靈頓電路。達靈頓電路是一種共集極放大電路，可對安全電壓以下，皮膚產生的接觸電流進行足夠敏感的響應，因此，常被用來構成觸控開關的訊號輸入級（徐慶堂、黃天祥，2009）。本設計使用 2 個 NPN 型電晶體，串接成「同型達靈頓電路」型式（圖 3），將第一級電晶體 Q_1 的射極（E）電流直接引入第二級電晶體 Q_2 的基極（B），當作下級輸入。

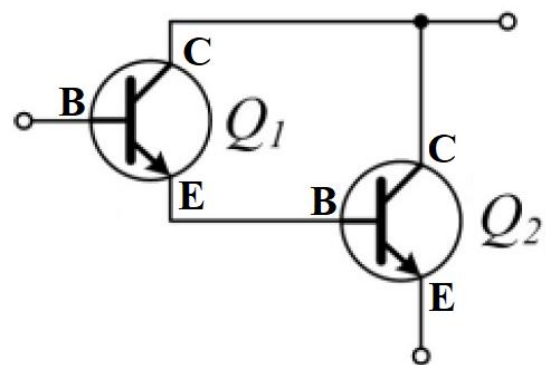


圖 3 同型達靈頓電路
（圖 3 資料來源：研究者繪製）

三、555 計時晶片(Timer IC)

555 計時晶片(圖 4)於 1971 年由 Signetics Corporation 發布,在當時是唯一快速且商業化的 Timer IC,直至今日仍被廣泛應用於電子電路的設計中。主要功能是做為方波產生器、振盪器或計時器,通常做成 8 PIN DIP 形式出售。一般常見的 555 計時晶片有 SE555、NE555、LM555...等,基本上用法均相同。NE555 晶片在無穩態模式下,以振盪器的方式工作,這一工作模式下的 NE555 晶片常被用於頻閃燈、脈衝發生器、邏輯電路時鐘、音調發生器、脈衝位置調製等電路中(徐慶堂、黃天祥,2009)。

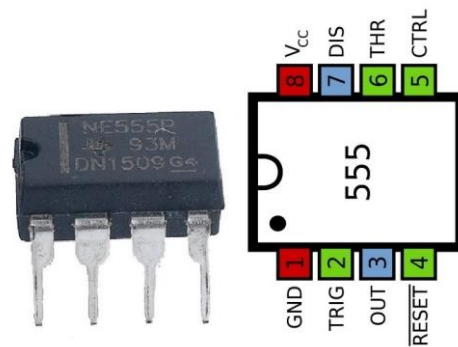


圖 4 DIP 封裝的 NE555 及引腳圖
(圖 4 資料來源：亞馬遜網站(2021 年 9 月 1 日)。半導體產品。

<https://www.amazon.com/Texas-Instruments-General-Purpose-Bipolar/dp/B0073BPP04>)

四、軟式觸控薄膜開關

在觸控產品應用上,軟式薄膜是一種設計簡單且兼具重要性的零件元素之一(圖 5)。軟式薄膜其柔軟、薄膜特性,可滿足產品在觸控開關上對整體機構形態、位置呈現的要求,其設計不僅應用於平面,更可設計於曲面結構,其耐用度佳、反應時間快,可因應產品不同的設計需求。

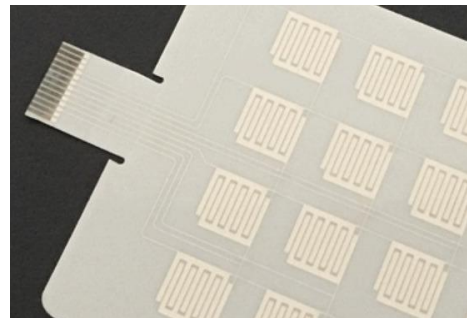


圖 5 軟式觸控薄膜開關產品
(圖 5 資料來源：Cochief Industrial 網站(2021 年 10 月 1 日)。軟性觸控薄膜。
https://www.cochief.com/zh-TW/product/E01_TK-Touch-film-.html)

肆、研究設備及器材

透明壓克力板（3mm）、密集板（4mm）、雷射雕刻機（Ray-13090，130W）（圖 6）、掃圖裁藝機（Brother CM900）（圖 7）、帶鋸機（REXON BS-10KA）（圖 8）、桌上型砂帶機（REXON B130A）（圖 9）、數位式三用電錶（DHA，DH-456）、雙面導電銅箔膠帶（2 cm x 0.065 mm）、萬用電路板、實驗用麵包板（SYB-170）、NPN 型電晶體（2N3904）、NE555 脈衝產生器模組、發光二極體（LED）、LED 超薄鷹眼燈（12V）、LED 軟燈條、電阻（100k Ω ）、有源壓電式蜂鳴器、有源電磁式蜂鳴器、電池盒（9V）、熱縮管、2 pin SM 端子線、滴膠 LED 燈條、熱熔膠槍、瞬間接著劑（CA-260）、PVC 絕緣膠帶、電焊槍



圖 6 雷射雕刻機（Ray-13090，130W）
（圖 6 資料來源：研究者拍攝）



圖 7 掃圖裁藝機（Brother CM900）
（圖 7 資料來源：研究者拍攝）



圖 8 帶鋸機(REXON BS-10KA)
（圖 8 資料來源：研究者拍攝）



圖 9 桌上型砂帶機(REXON B130A)
（圖 9 資料來源：研究者拍攝）

伍、研究過程與方法

一、設計達靈頓電路圖

使用 Circuit Diagram 軟體繪製電路圖（圖 10）。將電子元件置於麵包板上進行試作（圖 11），電路電源接 9V 電池。電阻（100K Ω ）接在第一級電晶體（Q₁）之集極（C），發光二極體、有源電磁式蜂鳴器的負極接於第二級電晶體（Q₂）的集極（C），組裝完成後進行試動。

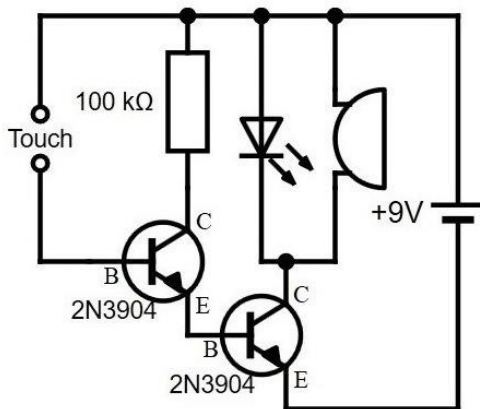


圖 10 第一代達靈頓電路圖
（圖 10 資料來源：研究者繪製）

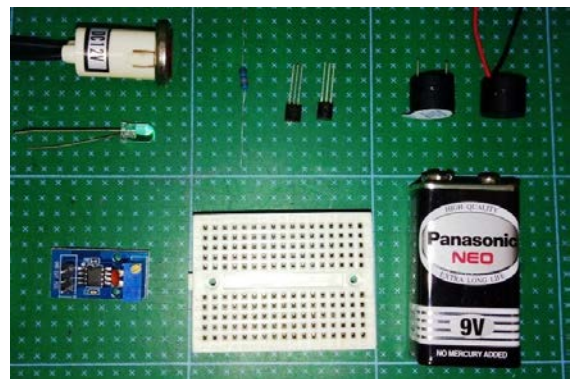


圖 11 研究使用的電子元件
（圖 11 資料來源：研究者拍攝）

二、自製軟式觸控薄膜開關

使用 MS EXCEL 設計並繪製觸控開關平面圖（圖 12）後，列印設計平面圖。將觸控開關平面圖，放入掃圖裁藝機掃描圖像並儲存。裁剪 10 公分導電銅箔膠帶，黏貼於中黏性切割墊，並使用刮刀刷平。調整切割深度（約 0.5），將黏貼銅箔膠帶的切割墊放入掃圖裁藝機，進行裁切（圖 13）。

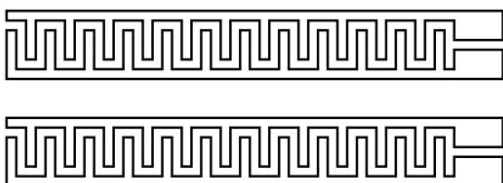


圖 12 觸控開關設計平面圖
（圖 12 資料來源：研究者繪製）



圖 13 裁切完成的銅箔膠帶
（圖 13 資料來源：研究者拍攝）

三、壓克力板切割及機構組裝

利用帶鋸機裁切 3mm 壓力克板。使用 CorelDRAW 2018 繪製機構平面圖，將平面圖匯出 PLT 檔，再將 PLT 檔匯入雷射切割軟體 RDWorks V8。設定雷射雕刻機切割功率（30%）與速度（10 mm/s），進行壓克力板切割。將切割後的機構零件，組裝塗膠，安裝 LED 軟燈條、LED 超薄鷹眼燈、有源壓電式蜂鳴器、軟式觸控薄膜開關，及達靈頓電路（Darlington Circuit）（圖 14）。

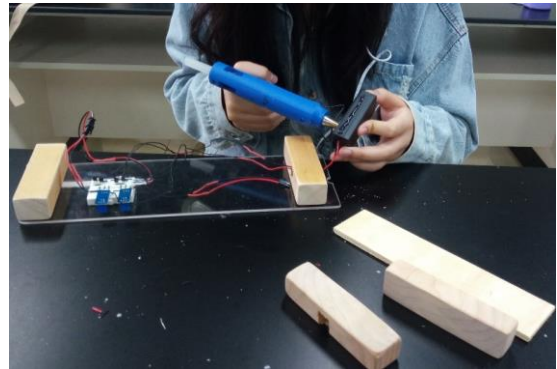


圖 14 組裝塗膠設計機構
（圖 14 資料來源：研究者拍攝）

陸、研究結果

一、自製軟式觸控薄膜開關

利用掃圖裁藝機將雙導銅箔膠帶裁切後，再黏貼於 PVC 絕緣膠帶，製成軟式觸控薄膜開關。裁切的雙導銅箔觸控開關（5.29×1.61cm）（圖 16）之電極寬 2.3 mm，有效觸控面積約 35%，明顯優於第一代鋁箔觸控開關（圖 15）的有效觸控面積 14%，且靈敏度更高（表 1）。

表 1 自製觸控開關功能比較

	鋁箔觸控開關	銅箔觸控開關
有效觸控面積	14%	35%
靈敏度	60%	100%

（表 1 資料來源：研究者繪製）



圖 15 鋁箔觸控開關
（圖 15 資料來源：研究者拍攝）



圖 16 銅箔觸控開關
（圖 16 資料來源：研究者拍攝）

二、改良達靈頓電路

NPN 型電晶體 (2N3904)，經三用電表測量其電流增益 (h_{FE}) 約為 368。由於第一代達靈頓電路無法同時作動 LED 軟燈條、發光二極體和有源電磁式蜂鳴器，因此改良後，繪製第二代達靈頓電路圖 (圖 17)，加裝 NE555 脈衝產生器模組，藉由二套獨立之達靈頓電路，即可以特定頻率作動上述電子元件。

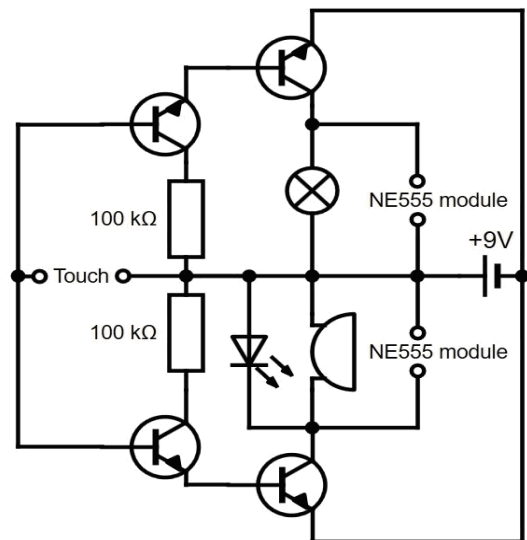


圖 17 第二代達靈頓電路圖
(圖 17 資料來源：研究者繪製)

三、電路系統試動及量測

(一)第一代電路系統成品

第一代電路系統 (圖 18) 使用單層鋁箔觸控開關來黏貼導線，試動後發現鋁箔開關無法導電，因此改用雙層鋁箔開關黏貼導線，但是有效觸控面積不大，靈敏度差且易觸控不良。另外，LED 軟燈條、發光二極體和有源電磁式蜂鳴器只能恆亮和長鳴，提醒及警示效果不佳。

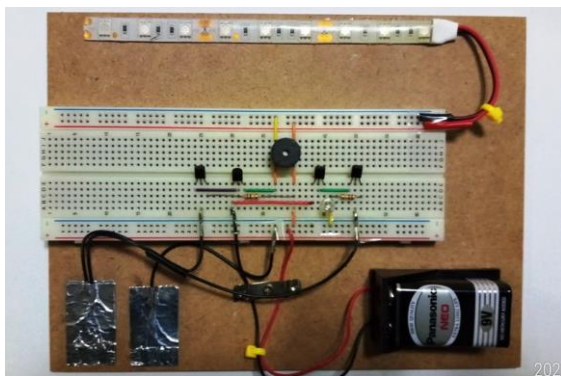


圖 18 第一代電路系統成品
(圖 18 資料來源：研究者拍攝)

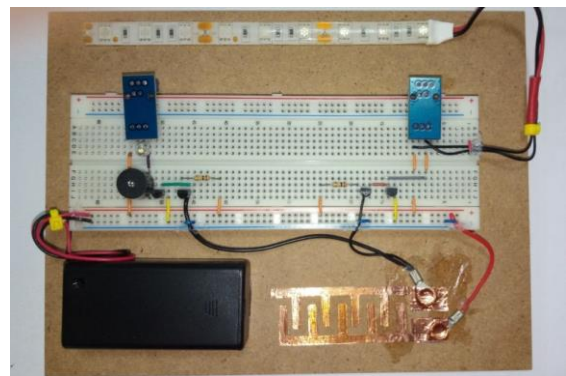


圖 19 第二代電路系統成品
(圖 19 資料來源：研究者拍攝)

(二)第二代電路系統成品

第二代電路系統 (圖 19) 使用雙層之雙導銅箔觸控開關來黏貼導線，試動後發現

銅箔開關之靈敏度佳。加裝 NE555 脈衝產生器模組，調整可變電阻後，即可以特定頻率作動電子元件（LED 軟燈條、發光二極體和有源電磁式蜂鳴器），達到最佳的提醒及警示效果。

本實驗量測在手指（人體電壓約 20 mV）碰觸銅箔開關時，通過 LED 軟燈條、發光二極體（LED）的電流數值分別為 36.90 ± 1.04 、 37.48 ± 0.89 mA（表 2），電壓數值分別為 6.17 ± 0.10 、 2.76 ± 0.02 V（表 3）。

表 2 第二代電路電子元件電流測試

電流 (mA)	No Touch	Touch
LED 軟燈條	0.09	36.90 ± 1.04
發光二極體 (LED)	0.12	37.48 ± 0.89

（表 2 資料來源：研究者繪製）

表 3 第二代電路電子元件電壓測試

電壓 (V)	No Touch	Touch
LED 軟燈條	0.58	6.17 ± 0.10
發光二極體 (LED)	0.47	2.76 ± 0.02

（表 3 資料來源：研究者繪製）

四、電路系統及車門機構整合

將車外警示器（LED 軟燈條）、車內警示器（LED 超薄鷹眼燈和有源壓電式蜂鳴器）、銅箔觸控開關及第二代達靈頓電路（Darlington Circuit）等電子元件，塗膠安裝於壓克力板和車門內把手等機構零件，製成模擬車門機構作品（圖 20）。經試動模擬車門機構後，能增加騎士的反應時間 0.55 ± 0.04 秒，在時速 40 km/h 時，能縮短安全距離約 6.1 公尺。



圖 20 模擬車門機構作品

（圖 20 資料來源：研究者拍攝）

五、不同車速下所需煞車距離

以汽車速度 (v) 100 km/h (約 27.8 m/s) 為例，假設輪胎與路面磨擦係數 (μ) 0.8，駕駛人反應時間 (t) 以 0.75 秒來計算，產生煞車力後，車輛平均加速度 (g) 以 $-0.8G$ 計算（載重時或大型車會

表 4 不同車速所需總煞車距離

速度 (km/h)	速度 (m/s)	總煞車距離 (m)
100	27.8	70.0
80	22.2	48.2
60	16.7	30.2
40	11.1	16.2
20	5.6	6.1

（表 4 資料來源：研究者繪製）

降 10~25%；濕地或大型車載重又會再降 10~25%；踩煞車踏板的力道或快慢也會影響)(張超群、劉成群，2013)，所需的總煞車距離 (S) = (A + B + C) + D，其中 A+B 為駕駛人的反應時間，C 為踩下煞車踏板瞬間到輪胎產生足夠煞車力時間，D 為煞車系統作用時之煞車距離 (圖 21)，應用功能原理求出車速 100 km/h 時的總煞車距離 (S) 約 70 m。本研究計算不同車速所需總煞車距離，如表 4。

$$\text{總煞車距離 (S)} = (A+B+C) + D = (vt) + (v^2 / 2\mu g) = (27.8 \times 0.75) + (27.8^2 / 2 \times 0.8 \times 9.8) \approx 70\text{m}$$

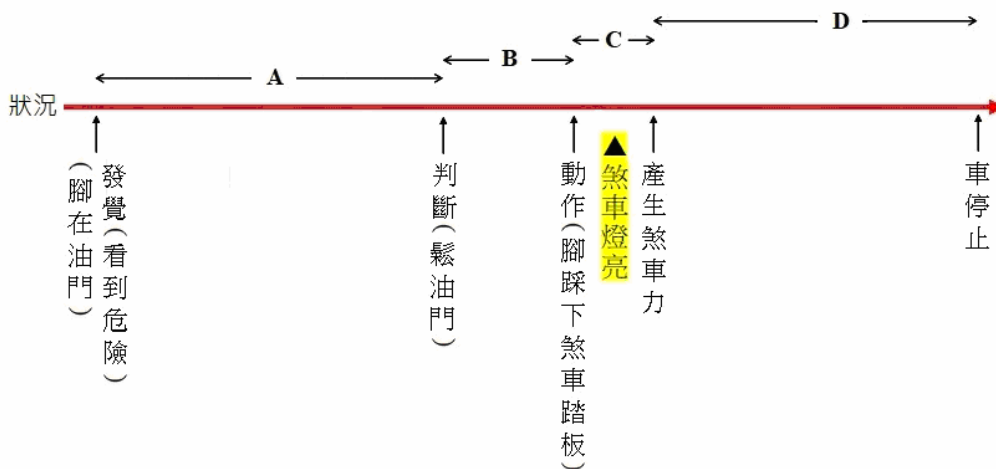


圖 21 煞車過程中人體反應示意圖
(圖 21 資料來源：研究者繪製)

六、市售車門警示商品和本作品比較

政府雖積極推廣「兩段式開門法」，但意外事故仍屢見不鮮。因此，不少車廠紛紛研發多種警示系統，以避免可能的傷亡。例如，有設計可在車輛熄火停靠時，透過攝影鏡頭或360度環景系統顯示兩側路況，並投射到中控螢幕的輔助系統，然這類功能多半是以車輛駕駛人作為出發點，無法提供後方騎士或其他用路人警示效果；亦有車廠設計當車輛停靠路邊後，雷達會偵測後方是否有來車進入駕駛與乘客的視線死角，並同步在後視鏡邊框和門板警示號誌和聲響，提醒用路人，達到預警目標。但是上述設計除需改造車體更動線路外，硬體規格門檻高，成本也較昂貴。此外，亦有廠商設計黏貼式警示燈或反光貼紙，但當騎士或是其他用路人發現警示燈時，往往沒有足夠的反應時間和距離，也無法提醒車上的駕駛人和乘客。

與市售各種車門警示設計商品比較，本作品特色：

- (一) 通用性佳，新舊車款皆可加裝，可使用各種車型現有的方向燈去設計線路，以汽車電瓶（12V）供應本設計電路電源（圖22）。
- (二) 成本便宜安裝簡單，只需拆開車門並更動少許線路，即可安裝達靈頓電路(Darlington Circuit)。
- (三) 預警性佳，不僅靈敏度佳，且預警功能顯著，能增加騎士的反應時間 0.55 ± 0.04 秒，在時速40 km/h時，能縮短安全距離約6.1公尺，發揮事前預警功能，對汽車駕駛、乘客亦能達到最佳的提醒及警示效果（表5）。

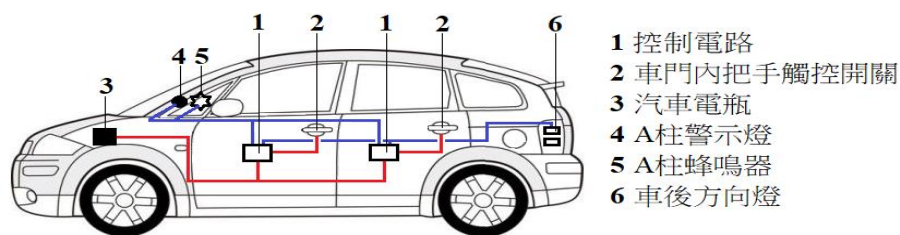


圖 22 車用開門快速預警裝置示意圖

(圖 22 資料來源：研究者繪製)

表5 市售各種車門警示設計商品和本作品比較

	車門 反光貼紙	車門警示燈 (電池式)	無線車門警 示燈(電池式)	車門警示燈 (配線式)	本作品 快速預警系統
價格	約30元	約150元	約700元	約300~1000元	120元
安裝性	不需佈線	不需佈線	不需佈線	需拆門板佈線	需拆門板佈線
感應方式		安裝對應磁鐵 (磁性感應)	內含IR晶片 (紅外線感應)	接車門燈或開 門訊號電源 (開門作動感應)	控制電路接汽 車電源 (把手觸控感應)
警示對象	騎士	騎士	騎士	騎士	車輛駕駛、乘 客、騎士
電源	無	鈕扣型 鋰電池(3V)	鈕扣型 鋰電池(3V)	汽車電瓶(12V)	汽車電瓶(12V)
騎士 反應時間	短	短	短	短	長 (增加0.55秒)
安全距離 (m)	16.2	16.2	16.2	16.2	10.0 (減少6.1m)

(表 5 資料來源：研究者整理)

七、相關裝置專利檢索

目前車門開啟預警裝置的專利種類頗多，本研究透過經濟部智慧財產局的中華民國專利資訊檢索系統，查詢是否有同樣設計理念的專利，目前並無檢索到有與本研究內容（銅箔觸控開關、達靈頓電路）一樣的專利產品，且目前同類型的專利，大多於車門開啟時才具備警示後方來車的效果，缺少預警時間（表6）。

表6 相關專利檢索

No	專利名稱	摘要	發明人	公告號	公告日
1	車門開啟預警裝置	當感測裝置感測到接近把手之物體時，傳送一車門開啟信號予警示裝置，以在接觸把手開啟車門之前發出警示信號。	游朱義	M305151	2007/01/21
2	車門開啟快速警示裝置改良	車上乘員手握車門把手時，開關「觸發振盪器」來控制室內預警器及車門警示器，並藉車門室內燈開關的開啓，延續性的觸發振盪器動作，至車門重新關上為止。	鄭猛豪	M343603	2008/11/01 專利消滅 2011/11/01
3	感應式車門開啓預警裝置	藉由裝設於車內手把處的「車門感應器」即時反應車內人員是否欲開啓車門，啓動設置於車外的警示裝置。	林裕乾 李政南	I307321	2009/03/11
4	汽車車門開啓預警裝置	利用汽車「啟動開關」熄火或按壓「獨立按鈕」時產生的訊號提供警示效果。	易沐恩 易曉和	M472015	2014/02/11
5	汽車開門防撞警示系統	藉車門內側把手「碰觸感測器」，以無線發送開門訊號至「中控器」，中控器再觸發警示器，並啟動汽車後方鏡頭、倒車雷達系統與顯示器。	曾憲正 莊昌霖 蘇哲淋 張家豪	I568615	2017/02/01
6	智慧型汽車開門防撞系統	以「體位狀態感測模組」感測駕駛身體側靠狀態而產生感應訊號，傳至「訊號處理模組」後，再產生訊號指令「輔助解鎖模組」解開汽車門鎖。	王圳木	M540067	2017/04/21
7	車門警示裝置	將含發光模組的警示單元，以連接座組裝於車門之維修孔，並與車輛之車門燈電性連接。	蕭人豪	M599755	2020/08/11
8	汽車開門警示裝置	開啟車門控制鎖，會連動警示燈；當車門微開啟，即觸發車門感應器，再由微型控制器啟動警示燈及該側之前後方向燈。	陳如雲 ...等	M602099	2020/10/01
9	計費車輛車門開啟警示裝置	計費車輛到達目的停止計費時，藉無線傳輸將訊號傳輸至「控制電路模組」，啟動門外警示裝置。	李坤昌	I712522	2020/12/11
10	車輛安全警示系統	藉「光標投射單元」發出光線投射在車體外圍，再利用「感測單元」感測物件，並產生警示訊號送至控制單元。	陳俊雄 邱俊榮 莊博閔	I714121	2020/12/21

（表6資料來源：經濟部智慧財產局網站（2021年9月1日）。<https://twpat.tipo.gov.tw>）

柒、結論及應用

- 一、自製雙導銅箔觸控開關之電極寬 0.23 cm，有效觸控面積約 35%，優於第一代鋁箔觸控開關的有效觸控面積，且靈敏度高（100%）。
- 二、二本作品使用 2 個 NPN 型電晶體（2N3904），串接成「同型達靈頓電路」型式，單一電晶體電流增益（hFE）約 368。藉由二套獨立之達靈頓電路，即可同時作動 LED 軟燈條、發光二極體和有源電磁式蜂鳴器。加裝 NE555 脈衝產生器模組，可調整特定頻率作動電子元件，達到最佳的提醒警示效果。
- 三、手指（人體電壓約 20 mV）碰觸銅箔開關時，通過 LED 軟燈條、發光二極體的電流數值分別為 36.90 ± 1.04 、 37.48 ± 0.89 mA，電壓數值分別為 6.17 ± 0.10 、 2.76 ± 0.02 V。
- 四、本作品成本低，安裝簡單，通用性、靈敏度佳且預警功能顯著，不僅能提醒車內駕駛及乘客，更能增加騎士的反應時間 0.55 ± 0.04 秒，在時速 40 km/h 時，縮短安全距離約 6.1 公尺。透過中華民國專利資訊檢索系統，目前並無檢索到有與本研究一樣的專利。
- 五、台北醫學大學傷害防治學研究所統計開車門意外發生率發現，有 53.7% 轎車車門意外事故發生在駕駛座的左前車門，駕駛座正後方的左後車門則占總數的 31.2%，兩者合計高達 8 成 5。因此，建議可針對左前、左後車門裝設本設計。

捌、參考文獻

- 一、中華民國內政部警政署（2021 年 10 月 1 日）。警政統計查詢網。
<https://ba.npa.gov.tw/npa/stmain.jsp?sys=100>
- 二、經濟部智慧財產局網站（2021 年 3 月 1 日）。中華民國專利資訊檢索系統。
<https://twpat.tipo.gov.tw>
- 三、亞馬遜網站（2021 年 3 月 1 日）。半導體產品。
<https://www.amazon.com/Texas-Instruments-General-Purpose-Bipolar/dp/B0073BPP04>
- 四、Cochief Industrial 網站（2021 年 10 月 1 日）。軟性觸控薄膜。
https://www.cochief.com/zh-TW/product/E01_TK-Touch-film-.html
- 五、徐慶堂、黃天祥（2009）。**電子學 II**。臺北市：台科大圖書。
- 六、吳明德（1991）。**交通事故偵查學**。臺北：三峰出版社。
- 七、張超群、劉成群（2013）。**動力學**。臺北：新文京開發出版股份有限公司。
- 八、經濟合作暨發展組織（OECD）研究。OECD/ITF（International Transport Forum），”Towards Zero, Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach”，2008.

【評語】 100019

1. 機電系統簡易但有效，能使系統有效展示功能，具備商業化可行性。
2. 建議可以針對不同變因的影響原理與效益，作進一步探討。
3. 建議應針對系統之快速需求與達成的效益，作進一步說明。
4. 意外的發生通常是（開門的）意向並未即時被周邊人物偵測到。過往採用開門時才進行警示，的確有反應時間過短的缺點。團隊利用接觸到門把時即進行對（內）外警示，讓意向提早被揭露。並且，不開門時一般不太會碰到手把內部，不太有誤判的可能。綜合來看，動機和作法具有可行性和獨特性。
5. 同時，當車內乘客碰觸車門內把手來啟動聲光警示提醒路人和騎士時，在預警的同時，也有可能因突然且強烈的警示而造成騎士瞬間的劇烈反應（如行車軌跡瞬間偏移），而產生更多的危險。或許可以評估，在外側有車流時，乘客即使轉動把手，也無法開啟車門，需等待外側淨空後才可開門。簡單來說，邏輯或許是讓外側保持原本狀態（車子持續通過），車內所希望的改變需要等待。