

高雄市高英高級工商職業學校
Kao Ying Industrial Commercial Vocational High
School

專題製作報告



怠速自動熄火裝置

指導老師： 黃志仁 老師

科別班級： 汽車 科 三 年 1、3 班

座 號： 13、9、23、42

姓 名： 黃宗昶、梁文銓、謝昀勳、王亭崴

中 華 民 國 106 年 12 月

怠速自動熄火裝置

摘 要

現在溫室氣體造成地球暖化的問題越來越嚴重，每個國家都開始實施有關節能減碳的政策，而我們台灣在 2015 年已經開始實施新出廠的機車需要加裝怠速自動熄火裝置，來減少機車的廢氣排放量，但是臺灣的機車數量龐大，使用年限長，要等到所有人的機車都有此裝置，在汰舊換新上所費的時間需長達 10~20 年。

我們運用超級電容來解決本專題需多次啟動引擎對電瓶的損耗，並且配合 Arduino 和感測元件，來製作一個成本低廉，能偵測起動電壓、引擎溫度、車速在 0km/hr、機車是否行駛在上坡狀態的怠速自動熄火裝置，這樣不僅能讓每輛機車都能安裝，也能減少廢氣和油耗，為地球盡一份心力。

目錄

摘要	i
目錄	ii
表目錄	iii
圖目錄	iv
壹、 製作動機.....	1
貳、 製作目的.....	2
參、 文獻探討.....	2
一、怠速自動熄火優缺點.....	2
(一)優點	2
(二)缺點	3
二、 點火系統.....	3
三、 引擎工作溫度.....	4
四、 電瓶電壓.....	5
五、 怠速作用原理.....	6
六、 Arduino 單晶片介紹	7
七、 霍爾測速感測器.....	8
八、 超級電容器.....	9
肆、 製作方法.....	10
一、製作架構.....	10
二、設備及材料.....	11
伍、 製作成果.....	12
一、成果示意圖.....	12
二、成果討論.....	13
(一)啟動瞬間電流與電壓測試	13
(二)怠速熄火缺點解決方法	15
陸、 結論.....	16
參考文獻	

表目錄

表 1-1 機車數量統計表.....	1
表 4-1 設備及器材.....	11
表 5-1 未安裝超級電容啟動數據.....	13
表 5-2 安裝超級電容啟動數.....	13

圖目錄

圖 1-1	溫室氣體比例	2
圖 3-1	AC-CDI 電路圖	3
圖 3-2	DS18B20	4
圖 3-3	電瓶在各狀況的電瓶電壓	5
圖 3-4	電壓檢測模組	6
圖 3-5	化油器怠速油路作用原理	7
圖 3-6	Arduino	8
圖 3-7	霍爾測速感測器	9
圖 3-8	超級電容器構造	10
圖 4-1	製作架構	11
圖 5-1	熄火作用示意圖	12
圖 5-2	自動熄火再啟動示意圖	13
圖 5-3	啟動瞬間電流測試	14
圖 5-4	啟動瞬間電壓測試	14

怠速自動熄火裝置

壹、製作動機

現在地球正遇到全球暖化的問題，因為陸地與海洋的平均溫度上升導致溫室效應而引發氣候變遷，科學家們研究出會導致溫室效應的氣體是二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氟氯化合物，這些溫室氣體的比例(圖 1-1)所示，會造成氣候變遷的元兇大部分是二氧化碳與甲烷，主要來自汽機車的排放，所以汽機車排放廢氣所帶來的影響是不容忽視的。根據交通部 106 年度統計，在台灣機車的數量高達 13,768,921 輛，如(表 1-1)所示，台灣平均每平方公里機車數量就有 379 輛，且每百人的機車數量高達 92.1 輛，快要接近一人一台機車，這樣換算下來一年所排放的廢氣量及油耗量是非常驚人的，加上台灣的紅綠燈數量眾多且紅燈時間長，機車在等待會產生不必要的汙染物，會對環境造成嚴重的傷害。

雖然現在新型機車已有怠速熄火的裝置，但也僅限於新型電腦控制噴射引擎車輛，就整體機車數量來說是不成比例的，並且台灣機車使用年限可以長達 20 年以上，要等所有的機車都更新此一裝置，地球的環境還要遭受多少傷害。我們要利用在學校所學的知識，製作出每輛機車都能使用的怠速自動熄火裝置，可以減少大量的廢氣和油耗，對我們所愛的台灣、我們所愛的地球奉獻一分心力。

表 1-1：機車數量統計表

年度	機車數量	每平方公里機車數量	每百人機動車輛數
102 年	14,195,123	392	92.3
103 年	13,735,960	379	90.9
104 年	13,661,719	377	91.1
105 年	13,668,227	377	91.4
106 年 11 月	13,768,921	379	92.1

(資料來源：交通部統計查詢網。2017 年 10 月 03 日，取自

<https://goo.gl/fysvQm>

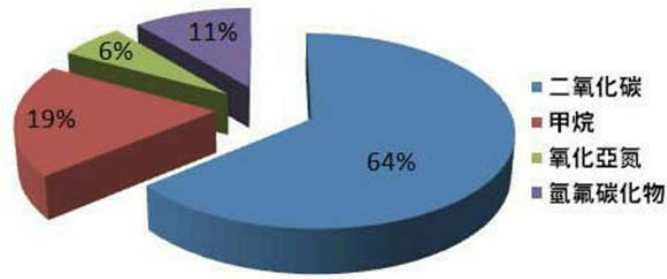


圖 1-1：溫室氣體比例

資料來源：2017 年 10 月 27 日，取自
<https://goo.gl/gfG533>

貳、製作目的

- (一)研究怠速自動熄火的優缺點。
- (二)學習 Arduino 的作用原理及程式撰寫。
- (三)瞭解機車點火系統與啟動系統的電路配置及工作原理。
- (四)瞭解超級電容（法拉電容）的作用時機及工作原理。
- (五)能有效減少因怠速而造成的廢氣排放及油耗。

參、文獻探討

現代最新電腦噴射引擎車輛，許多都設置怠速熄火的裝置，這個裝置的優點可以讓車子達到減少廢氣汙染和省油的目的，但同時也有一些缺點，而這些缺點會使機車部分的零件容易損壞，所以我們為了解決問題，而進行多項研究與探討，並有效的將每個缺點解決和改進。

一、怠速自動熄火優缺點

(一)優點：

- 1.機車在停等的狀態下，只要怠速熄火，就能減少怠速時產生所排放的廢氣，而根據臺北市環保局統計，每年可減 80 公斤的二氧化碳排放。
- 2.減少機車在停等車時的引擎所發出的噪音。
- 3.機車在停等的狀態下，只要怠速熄火，就能減少機車怠速時耗費的油量，根據臺北市環保局統計，每約可省油約為 36%，油錢約可省 1000 元以上。
- 4.減少機車騎士在綠燈起步時，衝第一而造成車禍的情況。

(二)缺點

- 1.當機車重複發動引擎，使起動馬達使用的次數增加，造成啟動馬達快速的損壞。
- 2.因時常發動機車，使電瓶電量快速消耗，造成電瓶經常沒電或損壞。
- 3.當老舊的機車熄火後，不容易發動。
- 4.怠速自動熄火裝置價格貴。

二、點火系統

大部分的機車點火系統是採用 CDI(電容放電式點火系統)，被廣泛的應用在摩托車、小型引擎、渦輪動力飛行器和一些汽車上面。這是以電瓶(或發電機)做電源，利用電晶體電路把電壓放大，在需要點火時的瞬間切斷點火線圈的一次電流導致點火線圈的磁場崩潰，讓二次線圈產生高壓電的方法。在 CDI 系統中，充電電路對電容充電，當點火觸發訊號傳到 CDI 時則停止充電並使電容放電，讓儲存在電容的高壓電流向點火線圈產生足以觸發火星塞點火的高壓電。CDI 的作動原理是發電線圈產生的電磁共震再加一個外部訊號產生器(脈衝信號產生器)、產生一個脈衝信號、這個信號是送到 CDI 內部的 SCR(觸發晶體)、再將 CDI 內部所收集的電流釋放到集電器(高壓線圈)再進行點火。CDI 點火方式有兩種，一種由機車本身交流發電機提供交流電產生點火電能，稱作 AC-CDI(圖 3-1)，使用發電機或當作輸入電源，讓電容放電(SCR 連接接地線路)，讓一次線圈 300~400 伏特的電壓經過變壓讓二次線圈產生高達 4 萬伏特高壓電對火星塞觸發點火。

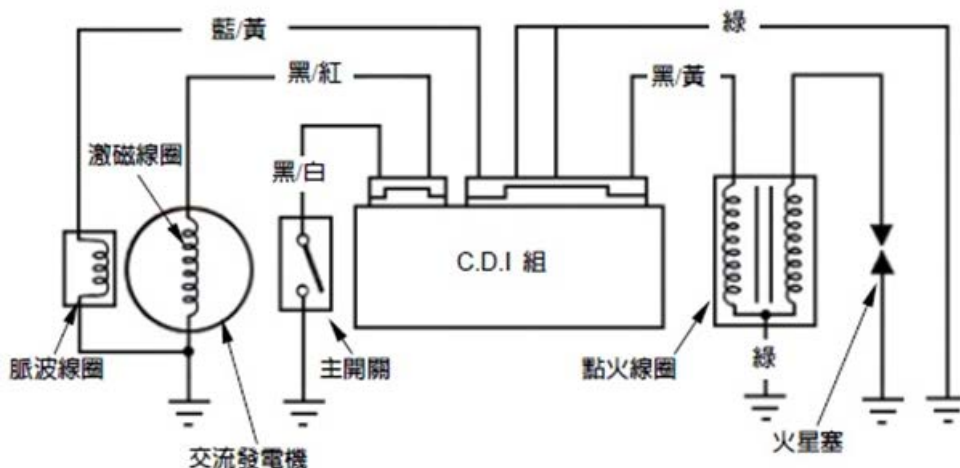


圖 3-1：AC-CDI 電路圖

(資料來源：2017 年 10 月 19 日，取自
<https://goo.gl/JDfjW5>)

三、引擎工作溫度

引擎正常必須保持在約 70~110°C 一定的工作溫度，各機件才能維持正確的膨脹及間隙。燃料及潤滑系統也才能正常作用，若是引擎工作溫度過低是無法使燃料消費率維持在最佳狀態的。但運轉溫度亦不能過低，過低則會減少其效率，也會因混合氣在過低溫度下燃燒，造成燃燒不完全，增加燃料的消耗量，且未燃燒之混合氣流入油底殼，會使潤滑油沖淡，降低潤滑能力，故內燃機的運轉溫度，亦不宜過低，必須保持在一適當工作溫度始可發揮其性能。氣冷式引擎外觀上的特徵在於汽缸、汽缸蓋表面設置有薄狀的冷卻翼片，此乃利用車子行進中產生風予以冷卻方式。當然，排氣管、油底殼等各部零件，亦會因此風的吹拂而受到冷卻；至於熱源的汽缸、汽缸蓋上則設置冷卻翼片增加表面積以提升冷卻效果。這時冷卻風愈能平穩通過冷卻翼片之間，冷卻效率愈佳；因此，冷卻翼片排列是必須經過計算。則缺點是不易將引擎工作溫度控制在理想範圍內也因引擎工作溫差大容易散熱不均，尤其在多汽缸的氣冷車上最為明顯，氣冷引擎因散熱有限，所以無法達到高性能的水平。

關於溫度的偵測，本專題採用 DS18B20 來偵測溫度，以下是關於 DS18B20 的元件介紹：DS18B20 是 DALLAS 公司推出的單線數位溫度感測器，測量溫度範圍為 -55°C~+125°C，-10~+85°C 範圍內的精度為 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。同基於溫敏電阻的溫度感測器不同，使用數位溫度感測器可以避免複雜的換算，可以直接從感測器中讀出溫度的數值。該模組與 Arduino 鐘用擴充板結合使用，簡單電路設計，可以使用類比連接線直接使用。如(圖 3-2)所示。



圖 3-2：DS18B20

(資料來源：2017 年 9 月 21 日，取自

<https://goo.gl/BG4G4Y>)

四、電瓶電壓

機器腳踏車用電瓶多為 12V，細看電瓶內會有 6 格分隔，而每一分隔之電壓就是 2V，電壓及電流由電瓶中的極板及電解水反應而成，將正負極板泡在電解液中(稀硫酸水)，當電瓶放電時，電解液與正負極板作用產生硫酸鉛，相對電解液中的硫酸離子越來越少，硫酸比重降低。當對電瓶充電時，極板上的硫酸鉛分解成鉛及硫酸，電解液中的硫酸離子增加，硫酸比重就升高，電瓶儲存電力也就更多。一般電瓶電解液比重在溫度攝氏 20 度時，比重應為 1.260，電壓應達 12.6V 以上，如(圖 3-3)所示。

(一)放電電壓

放電電壓是汽車熄火後一段時間後(20 分鐘以上)的電壓，也就是點火前的電壓，這個電壓一般是 12V 左右，一般情況如果電瓶電壓低於 11V 就比較難以啟動。

(二)啟動電壓

啟動電壓是指點火瞬間，電壓會下降到某一個電壓，而這下降到最低點得值就是啟動電壓，一般是 7.5~9.5V。

(三)充電電壓

充電電壓是指汽車引擎啟動後，處於充電狀態，一般這個電壓是 14V 左右。

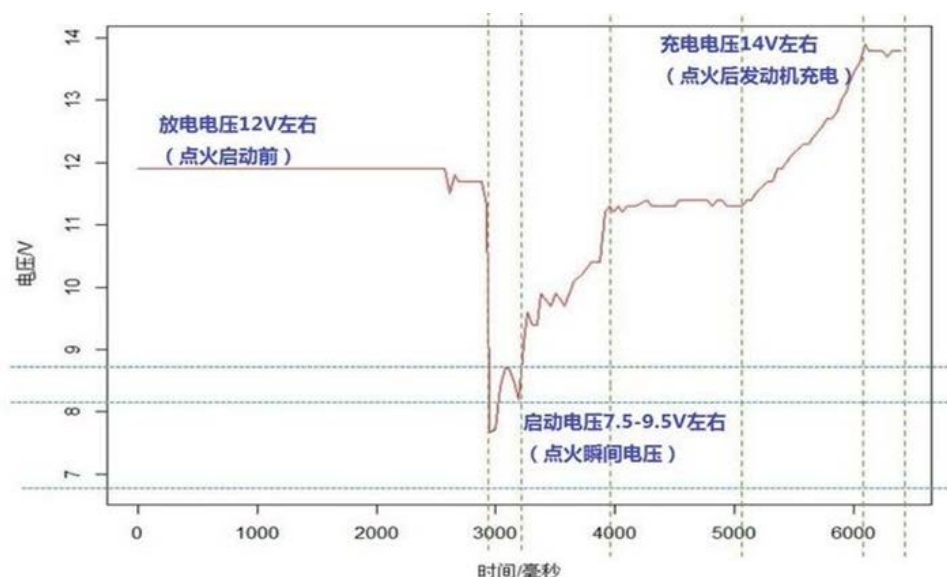


圖 3-3：電瓶在各狀況的電瓶電壓
(資料來源：2017 年 12 月 19 日，取自
<https://goo.gl/UY1Y7Z>)

由此可知，引擎發動的成功與否取決於電瓶的放電電壓以及啟動電壓，若電壓過低，引擎無法發動，我們將使用電壓檢測模組偵測啟動瞬間電壓是否足夠，若啟動電壓不足，引擎將無法怠速自動熄火。

基於電阻分壓原理所設計，能使端子介面輸入的電壓縮小 5 倍，Arduino 類比輸入電壓最大為 5V，那麼電壓檢測模組的輸入電壓則不能大於 $5V \times 5 = 25V$ (如果用到 3.3V 系統，輸入電壓不能大於 $3.3V \times 5 = 16.5V$)。因為 Arduino 所用 AVR 晶片為 10 位元 AD，所以此模組的類比解析度為 0.00489V ($5V/1023$) 故電壓檢測模組檢測輸入最小電壓為 $0.00489V \times 5 = 0.02445V$ ，如(圖 3-4)所示。



圖 3-4：電壓檢測模組

(資料來源：2017 年 9 月 21 日，取自

<https://goo.gl/EpRGDe>)

五、怠速作用原理

怠速是指內燃機保持最低運轉速度的狀態。通常在這樣的狀態下，引擎可以提供足夠的能量來正常運作並使用其補助的功用，如發電機或是動力轉向 (Power steering)，但是一般不能發揮正常的功能，如使機車行駛等。在一般機車引擎的怠速狀態，其轉速大約在 1200 至 2000 rpm 之間。當放開油門時，引擎管理系統(現今電子系統)會經由在節氣門上的開關或是由節氣門感知器位置偵測到，進入怠速控制模式，會有一定的方式，像開大燈，壓縮機啟動，冷熱車(有的車另有冷車怠速旁通閥)，隨車種轉速與提速略有不同。控制方式則有兩種，一種是在節氣門的兩側加以旁通並有閥控制其開度，在節氣門幾乎全關時以此怠速控制閥控制空氣流量以控制轉速，另外一種是在節氣門加裝馬達，在進入怠速模式時啟動此馬達開啟節氣門微開度來控制轉速。

化油器怠速油路在供應引擎在怠速空轉及低速時所需的混合，並與主油路配合，供應從低速過渡到高速時所需之混合汽。在高速時，本油路即停止供油。則構造包括低速油嘴、低速空氣嘴、怠速油孔、怠速混合比調整螺絲等組成。

怠速油路在節汽門完全關閉時(即引擎怠速空轉時)汽油從浮筒室經低速油嘴到低速油道，與低速空氣嘴及低速噴油孔進入的空氣混合，從怠速噴油孔噴。在節汽門從完全關閉位置逐漸開大時、低速噴油孔亦開始噴油，稍後主油路的主噴油嘴亦開始噴油，直到節汽門開到大約 1/4 位置以上，亦即主噴油嘴的噴油量可使引擎平穩運轉時，怠速及低速噴油孔才停止噴油。如(圖 3-5)所示

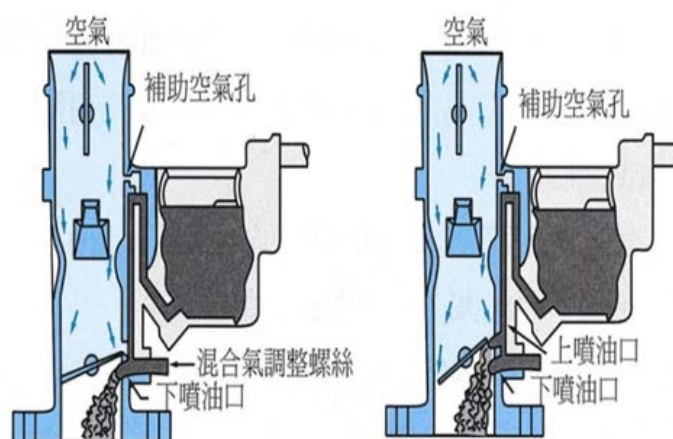


圖 3-5：化油器怠速油路作用原理
(資料來源：2017 年 10 月 26 日，取自
<https://goo.gl/NBfvX1>)

六、Arduino 單晶片介紹

- (一)Arduino 的電路設計隨手可得，如官方有提供原本的電路設計圖。
- (二)軟體、硬體部分都是採用開放式，可以隨使用者任意變更。
- (三)使用者不需要具備一些機電相關科系知識，也可以快速學會如何使用 Arduino。

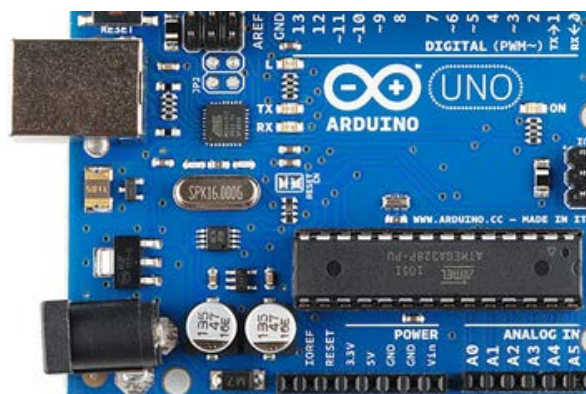


圖 3-6：Arduino
(資料來源：2017 年 09 月 15 日，取自 <https://goo.gl/5PhT5w>)

Arduino 他是一種開放授權的互動環境開發技術，其實互動裝置無所不在，像是冷氣機內的恆溫系統，是使用感測器偵測周圍環境溫度進行溫度調節，各式各樣的電子元件連接為 生活增加不少安全性及便利性，例如：超音波、紅外線、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達等，有時會以藝術品的方式來呈現在生活當中，其 Arduino 如(3-6)所示。

七、霍爾測速感測器

霍爾測速感測器(開關)，如(圖 3-7)所示。在動力機械的應用中是十分特殊的，這主要是由於變速器周圍空間位置衝突，霍爾效應感測器是固體感測器，它們主要應用在曲軸轉角和凸輪軸位置上，用於開關點火和燃油噴射電路觸發，它還應用在其它需要控制轉動部件的位置和速度控制電腦電路中。霍爾效應感測器或開關，由一個幾乎完全閉合的包含永久磁鐵和磁極部分的磁路組成，一個軟磁鐵葉片轉子穿過磁鐵和磁極間的氣隙，在葉片轉子上的窗口允許磁場不受影響的穿過併到達霍爾效應感測器，而沒有窗口的部分則中斷磁場，因此，葉片轉子窗口的作用是開關磁場，使霍爾效應感測器開關一樣地打開或關閉，這就是一些廠商將霍爾效應感測器和其它類似電子設備稱為霍爾開關的原因，該組件實際上是一個開關設備，而它的關鍵功能部件是霍爾效應感測器。



圖 3-7：霍爾測速感測器
(資料來源：2017 年 9 月 21 日，取自
<https://goo.gl/sM2qoT>)

八、超級電容器

超級電容(EDLC：雙電層電容器)是指像陶瓷電容器和電解電容器一樣沒有電介質的電容器)。取而代之的是，它使用的是固體(電極)和液體(電解液)在界面上形成的電氣雙層(雙電層)的狀態來取代了電介質。(圖 3-8)是超級電容的構造圖。一般來說，超級電容是有電極和電解液(含有電解質鹽)以及分離器(防止正電極和負電極的接觸)構成的。電極的構造是在集電氣上塗有活性炭粉末。電氣雙層是每個活性炭粉和電解液接觸形成的界面。將超級電容充電的話，正極是負離子和空孔，負極是負離子和電子夾著界面排列。該離子和電子(空孔)排列的狀態被稱為電氣雙層。這是通過離子的物理移動而形成的，因此不會伴隨有電池那樣的化學反應。因此超級電容充放電循環特性優越。電極中使用了活性炭是導致電極表面積擴大的原因。活性炭表面有細小的孔，因此表面積增大。而表面積越大就越能更多的蓄電，因此超級電容實現了非常高的靜電容量。

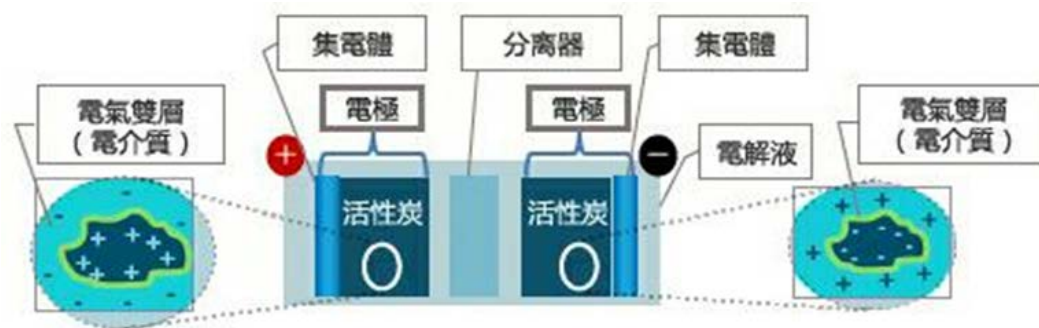


圖 3-8：超級電容器構造

(資料來源： 2017 年 10 月 25 日，取自
<https://goo.gl/U7iK5e>)

肆、製作方法

一、製作架構

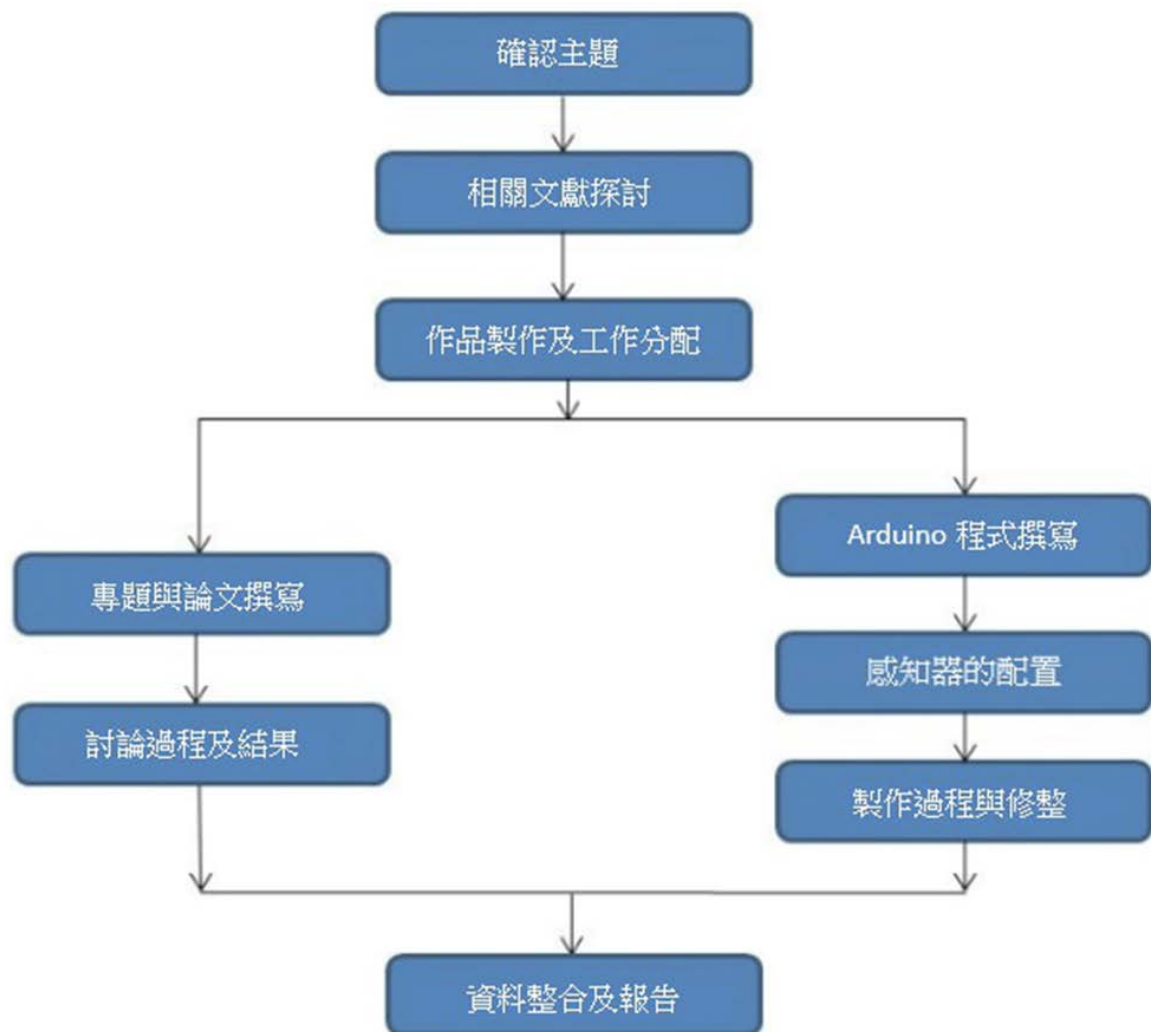


圖 4-1：製作架構
(資料來源：研究者繪製)

二、製作材料

表 4-1 設備及器材

名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
機車引擎	GY6	1 顆	三用電表	通用型	1 台
霍爾測速感測器	3144E	1 個	電腦	Windows10	2 台
Arduino	UNO	1 片	尖嘴鉗	通用型	1 支
電壓檢測模組	Voltage Sensor	1 個	斜口鉗	通用型	1 支
超級電容	16V;40F	1 個	銲槍	40W	1 支
杜邦線	通用型	50 條	吸錫器	通用型	1 支
變壓器	12V 2A	1 個	焊錫	通用型	3 條
包裝(用)膠帶	通用型	3 網	溫度感測器	DS18B20	1 個
LED 燈	3 色	3 顆	水銀開關	通用型	1 個
開關	通用型	一個	機車模型	通用型	1 個
繼電器	通用型	5 個	電路板	通用型	1 個
電瓶	12v	1 個	麵包板	通用型	1 個
磁鐵	通用型	2 顆	電池	1.2V	2 顆

伍、製作成果

一、成果示意圖

台灣目前因為紅綠燈的數量眾多，導致機車需要花費許多時間來等紅綠燈，在這段等待的時間內，會造成許多廢氣的污染和油耗，但只要運用怠速自動熄火的裝置，就能夠減少廢氣與油耗。如(圖 5-1)所示為怠速熄火作用示意圖，當機車在怠速的狀態時，偵測引擎是否達到工作溫度、判斷啟動瞬間電壓是否正常、車速是否維持 0km/hr 並持續 5 秒，當以上條件成立再利用 Arduino 來控制引擎熄火。

如(圖 5-2)所示為自動熄火後再啟動動作示意圖，機車自動熄火再啟動時，霍爾感測器偵測油門把手的轉動並偵測按下煞車開關的動作，Arduino 控制超級電容瞬間提供大量電流輔助電瓶來驅動啟動馬達，再次發動引擎。

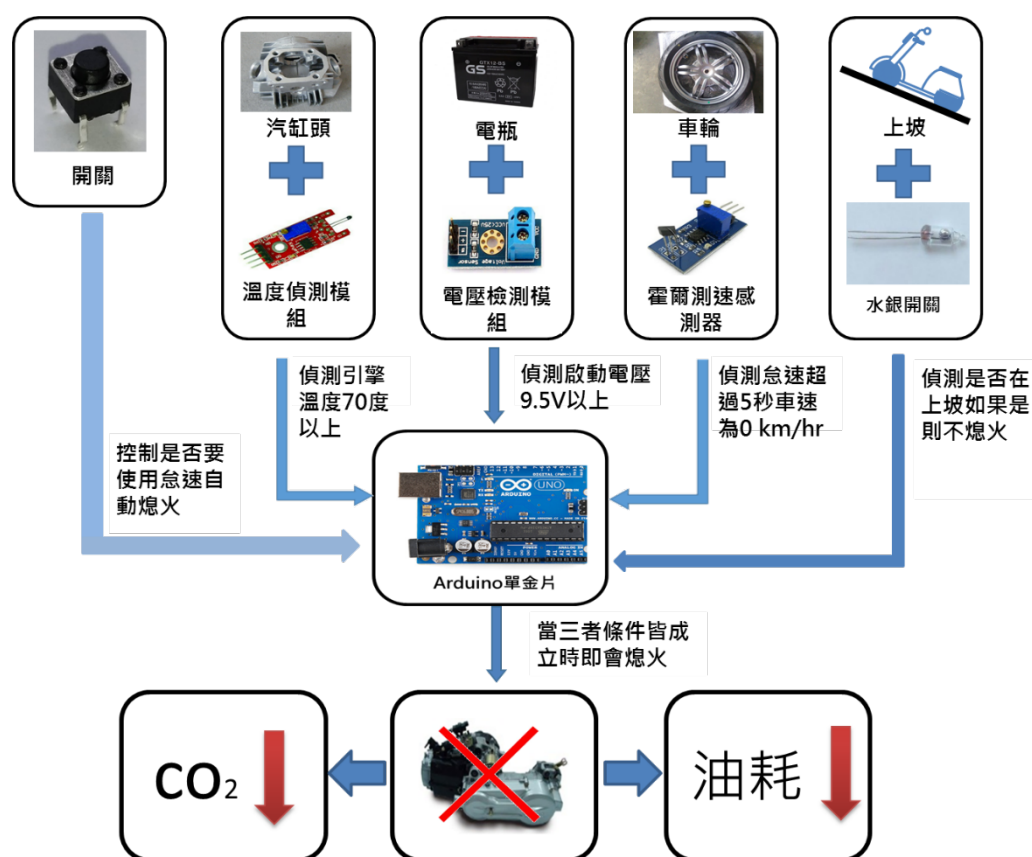


圖 5-1：熄火作用示意圖

(資料來源：研究者繪製)

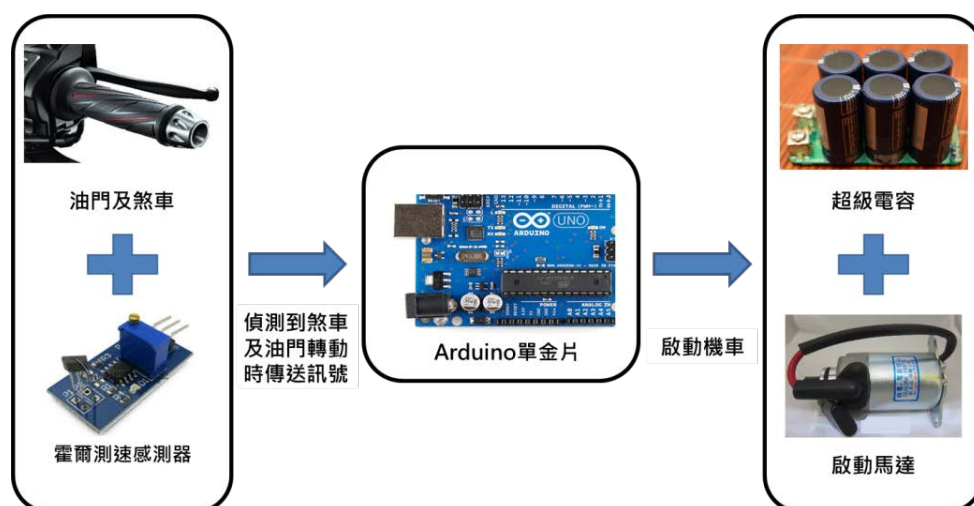


圖 5-2：自動熄火再啟動示意圖
(資料來源：研究者繪製)

二、成果討論

(一)啟動瞬間電流與電壓測試

1.我們用機車架上引擎來進行啟動電流的測試，當引擎工作溫度在不同的情況下對啟動電流造成的引響、沒有安裝和有安裝超級電容啟動時的啟動電流大小。

引擎溫度	啟動電流	啟動電壓
31.8 度	213.3A	9.35V
50.5 度	172.8A	9.83V
55.1 度	134.5A	11.06V
65.3 度	132.0A	11.24V
70 度	107.1A	11.26V
85.1 度	85.8A	11.32 V

表 5-1 未安裝超級電容啟動數據

引擎溫度	啟動電流	啟動電壓
33.2 度	107.64A	11.46V
50.5 度	104.7A	11.86V
55.3 度	101.5A	11.76V
65.1 度	98.6A	11.68V
70 度	87.9A	11.7V
85 度	81.3A	11.88 V

表 5-2 安裝超級電容數據

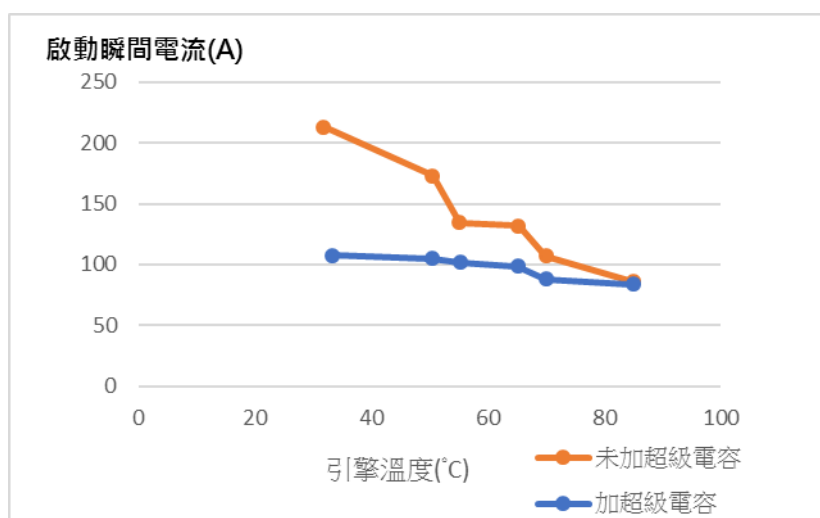


圖 5-3 啟動瞬間電流測試
(資料來源：研究者繪製)

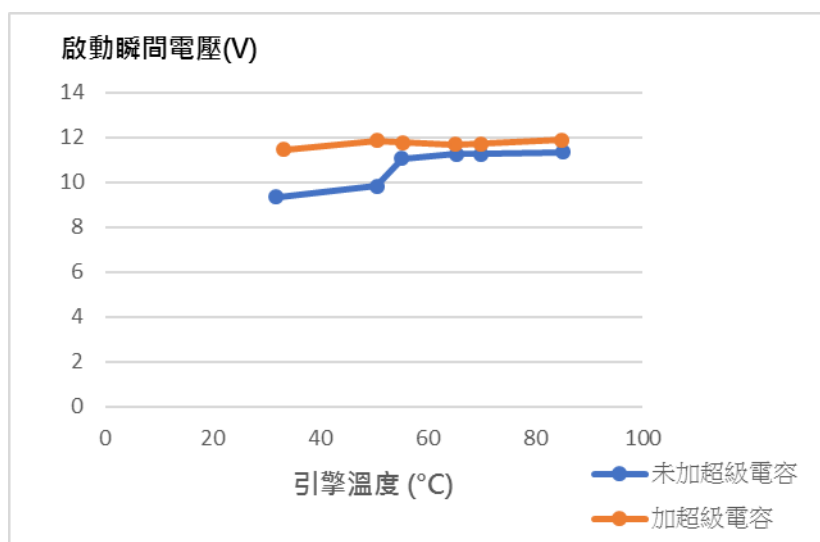


圖 5-4 啟動瞬間電壓測試
(資料來源：研究者繪製)

2.根據此實驗結果當急速熄火再啟動時，未安裝超級電容對於在發動引擎的瞬間電瓶所供給的電流和電壓在 $30^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 的情況下，所使用的電流是非常大的，電壓則耗費較多，而安裝超級電容在發動引擎的瞬間電瓶所供給的電流和電壓在 $30^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 的情況下，所使用的電流是較小的，電壓也耗費的較少，所以根據本實驗安裝超級電容對於啟動時，是對電瓶有幫助的。

(二)怠速熄火缺點解決方法

- 1.啟動馬達使用次數高達 8~15 萬次只需要定期保養。
- 2.根據以上的專題實驗運用超級電容能夠有效提供大量的電流輔助電瓶來驅動馬達，減少電瓶耗損。
- 3.當機車要安裝怠速熄火裝置時，會評估該機車是否容易發動和車輛是否已老舊，再來決定安裝此裝置是否是安全的。
- 4.一般市面上安裝怠速熄火裝置需要花費 5 千元，車上診斷系統 6 千元以上，合計需要 1 萬 1 千元，而我們為了做出一個比市面上更便宜的裝置，所以找尋便宜的感知器來製作怠速熄火裝置，花費價錢約 1200 以下，讓每位民眾都可以使用

陸、結論

- (一)有效的利用 Arduino 單晶片並撰寫程式，完成溫度感知器、電壓感知器、霍爾車速感知器自動偵測引擎狀態，當所需要偵測的條件皆成立時讓機車在怠速 5 秒後自動熄火。
- (二)透過加油門與扳下煞車把手，能快速透過 Arduino 設定，重新啟動車輛，增加騎士使用便利。
- (三)能正確使用超級電容(法拉電容)，讓再次啟動引擎時能瞬間輸出大量電流輔助電瓶，藉以延長電瓶使用壽命。
- (四)汽機車廢氣排放是造成空氣汙染的主要原因之一，此專題能夠幫助駕駛有效的節省許多不必要的油耗及廢氣排放，同時也能為地球的環境進一份心力。

參考文獻

- (1)交通部統計查詢網(106 年 11 月)。2017 年 11 月 7 日，取自
<http://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100&funid=a3301>
- (2)許琇玲(2006)。溫室效應導致氣候變遷之相關認知、態度與行為意向調查研究：碩博士論文。
- (3)邱俊翔(2008)。富氫氣體對四行程化油器機車性能與排放污染之影響：碩博士論文。
- (4)黃廉雁(2006)。單缸汽油引擎點火系統模擬與分析之研究。國立高雄師範大學教育研究所：碩士論文。
- (5)吳榮豐(2011)。氣冷式引擎溫度對引擎性能影響之分析：碩博士論文。
- (6)蔡宗勳(2015)。高精準度電池電壓偵測技術應用於初級側控制反馳式電池充電器：碩博士論文
- (7)曾國境(2017)。應用於超級電容充電之高效率轉換技術設計與分析：碩博士論文。
- (8)劉世程(2008)。壅塞道路之影像式自動車流與車速偵測系統：碩博士論文。
- (9)蕭輔寬(2000)。利用含遲滯現象之非對稱回饋繼電器進行程序模式識別。國立高雄師範大學教育研究所：碩士論文。
- (10)陳泳杉(2016)。以 Arduino 整合感測器實現物體偵測之應用：碩博士論文。
- (11)郭靜文、陳美齡(2014)，Arduion 微電腦控制實習，台科大書股份有限公司，新北市。
- (12)賴瑞海(2015)，汽車學 III，全華圖書股份有限公司，高雄市。
- (13)范盛祺、楊國榮、吳信杰(2015)，電子概論與實習，台科大圖書股份，新北市。